



วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 ธันวาคม 2562

# PRAWARUN

## AGRICULTURAL JOURNAL

Vol. 16 No. 2 / DECEMBER 2019

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University



ISSN 1685-8379



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

### 3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

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

**ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ** อาจารย์อุตร จิตจักร

**ฝ่ายจัดการ** อาจารย์ ดร.กัญชลิลา รัตนเชิดฉาย และ นางสาวชยาภัย ฤทธาพรหม

**ฝ่ายศิลปกรรม** อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

**ภาพปก** อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

## ผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) ตรวจสอบทางวิชาการประจำฉบับ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ	สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.รภััสสา จันทาศรี	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตา อ้าทอง	คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ จันทร์ถิระติกุล	คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษศิริรินทร์ ศักดิ์วิวัฒน์กุล	คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัมย์พร เจริญพร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญญ์รินทร์ สมพร	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิต แก้วกัญญา	คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พัวไพบูลย์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนีย์ พลวิเศษ	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายทอง แก้วฉาย	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภา แคนสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ภูติก วงศ์เสถียร	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพร เวชกามา	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โสภา ธงศิลา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรวรรณ อรุณแสงสีสด	คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.กิติพงษ์ เวชกามา	คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.ชัชวาลย์ แสงฤทธิ	คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม
อาจารย์ ดร.นพดล สมผล	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ ดร.นัตติยา ประกอบแสง

อาจารย์ ดร.วุฒิ รัตนวิชัย

อาจารย์ ดร.สมสุข ไตรศุภกิตติ

อาจารย์ ดร.อาภาภรณ์ จอมหล้าพีรติกุล

นายวุฒิชัย จันทรสุมบัติ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น

นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3

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

**กำหนดเผยแพร่** ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

**ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร**

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

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

**อีเมลล์** prawarun.j@rmu.ac.th

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ  
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

วารสาร

# เกษตรพระวารุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL



ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562

VOL. 16 NO. 2 JULY – DECEMBER 2019

ISSN 1685-8379

## สารบัญ

### บทความวิจัย (Research Article)

- ความคิดเห็นต่อการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในนิคมการเกษตร .....213  
ตำบลกำแมต อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร  
ณัฐโสภิต ตรีสุวรรณวัฒน์ และ ชัยชาญ วงศ์สามัญ  
Opinions towards Extension and Support on Organic Rice Production of Farmers in  
Agricultural Settlement, Tambol Kummad, Kudchum District, Yasotorn Province  
*Nutsopin Trisuvanwat and Chaicharn Wongsamun*
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน .....221  
ญาณิศา โพธิ์รัตน์ไส, สุนันท์ บุตรศาสตร์ และ พรพิชญ์ ธรรมปัทม์  
Product Development of Gluten-free Pumpkin Cracker  
*Yanisa Poratso, Sunan Butsat and Pompisanu Thammapat*
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ .....229  
จตุพัฒน์ สมป์ปิโต, จิรพร ทูลภิรมย์ และ ณัฐหทัย ธรรมวาโร  
Product Development of Black Glutinous Hang Rice Yogurt  
*Jatupat Samappito, Jiraporn Toolpirom and Natthatai Thummawaro*

- การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งใบบัวบกโดยรังสีอินฟราเรดต้นแบบ.....247  
*พัชราภรณ์ อินริราย, สุรินทรพร ชั่งไชย, สุพรรณณี คำอินทร์ และ ทิวา สุขโชติ*  
 Design and Construction the *Centella asiatica* (L.) Urban Leaves Dryer by an Infrared Type  
*Patcharaporn Inrirai, Surintraporn Changchai, Supanee Kamin and Thiwa Sukchot*
- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดซ์เบดตัวกลางถ่านกัมมันต์ .....259  
 ชนิดเม็ดในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อใช้ทางการเกษตร  
*รัฐพล สุขสมบูรณ์, ชัยยันต์ จันทร์ศิริ, วุฒิกกร สายแก้ว และ ศิวดล กัญญาคำ*  
 Mathematical Modeling of Moving Fluidized Bed Bioreactor - Granular Activated Carbon,  
 MFBBR- GAC Domestic Wastewater Treatment for Agricultural Use  
*Rattapol Suksomboon, Chaiyan Junsiri , Wuthikorn Saikaew and Siwadol kanyakam*
- การศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ในแพะ.....271  
*เทียนทิพย์ ไกรพรหม, สิทธิศักดิ์ จันทร์รัตน์ และ ซารีน่า ลือแม่*  
 The Study of Soybean Hulls in Concentrate on Nutrients Utilization in Goat  
*Thaintip Kraiprom, Sitthisak Jantararat and Sareena Sema*
- ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย.....281  
*กานดา ล้อแก้วมณี และ จันทิมา เมืองมูล*  
 Effect of Storage Time on Egg Quality of Free Range Laying Hens  
*Kanda Lokaewmanee and Juntima Muangmoon*
- ผลกระทบจากรูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมต่อความสบายของโคในฟาร์มรายย่อย .....293  
 ในจังหวัดเชียงใหม่  
*ณัชวิชญ์ ตีกุล และ สุวิทย์ ประชุม*  
 The Effect of Housing and Environment on Cow Comfort in Small Household Farms  
 in Chiang Mai  
*Nachawit Tikul and Suwit Prachum*

- ผลของการใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันและความต้านทานโรค .....307

จากการติดเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ในปลานิล

นันทน์ภัส ปาลินทร, อรุณีพงษ์ ศรีสถาพร, สมสมร แก้วบริสุทธิ และ นิลุบล รุจินานนท์

Effect of Dietary Supplemented with *Musa* ABB CV. Kluai “Namwa” on Immune Response and Disease Resistance Against *Streptococcus agalactiae* in Nile Tilapia

Nannaphat Palintorn, Aruneepong Srisathaporn, Somsamorn Gawborisut and Nilubol Rujinanont
- โรคติดเชื้อปรสิตของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) ในจังหวัดมหาสารคาม .....325

และจังหวัดร้อยเอ็ด

ปณรัตน์ ผาดี และ ฟ่องศรี จุลวงศ์

Parasitic Infection of Common Lowland Frog (*Hoplobatrachus rugulosus*) in Maha Sarakham and Roi-et Provinces

Panarat Phadee and Phongsri Julawong
- ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมในฤดูหนาว .....339

วุธเมธี วรเสริม, เหล็กไธล จันทะบุตร และ สำราญ พิมราช

Effect of Temperature on Reproductive Performance of Crossbred Frogs in the Winter Season

Wutmetee Woraserm, Leklai Chantabut and Sumran Pimratch
- การใช้ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pudica*) เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการปลูกคื่นฉ่าย .....349

(*Apium graveolens* Linn.)

ชาติทอง โพธิ์ดง และ อัมพิกา ปิ่นทอง

Using Giant Mimosa (*Mimosa pudica*) to Increase the Amount of Organic Matter in the Soil for Growing Celery (*Apium graveolens* Linn.)

Chattanong Podong and Aumpikha Phinthong
- ผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อย .....361

เสาวคนธ์ เหมวงษ์ และ ปัทมา วิตยากร

Effects of Organic Materials Managements on Soil Fertility, Growth and Yield of Sugarcane

Saowakon Hemwong and Patma Vityakon

- ผลของสีฝักและวัสดุปลูกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามฝักงอ .....375  
 ครองใจ โสมรักษ์  
 Effect of Color Pod and Growing Media on Germination and Growth of Indigo  
 (*Indigofera Tinctoria* L.) Seeding  
 Krongjai Somrug
- การศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของุ่นทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' บนต้นตอของุ่นพันธุ์ต่าง ๆ .....387  
 ศุภกร ศรีไทย, นเรศ ศิริเกษร, อานัฐ ตันโช และ ชินพันธ์ ธนารุจ  
 Study Vegetative Growth and Yield Production of 'Syrah' Wine Grape on  
 Different Rootstocks  
 Suphakom Srithai, Naras Sirigasorn, Amat Tancho and Chinnapan Thanarut
- การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างต้นจอกกับฟางข้าวต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก ..395  
 อมรรัตน์ อุประปู้ย, อรพิน เสงละคร, ธันวมาส กาศสนุก และ คงเดช พะลีนาม  
 Study of Ratio between Water Lettuce and Rice Straw on Production Yield of Straw  
 Mushroom (*Volvariella volvacea*) Grown in Plastic Basket  
 Amornrat Uprapui, Orapin Selakorn, Thanwamas Kassanuk and Khongdet Phasinam
- ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อแมลงหิวข้าวยาสูบและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล.....405  
 Kanchalika Ratanacherdchai, Taweerasab Chaiyarak and Nattachai Juntachum  
 Efficacy of *Beauveria bassiana* Against Tobacco Whitefly and Brown Planthopper  
 กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย, ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และ ญัฐชัชย จันทชุม
- Sunflower Sprout: Nutraceuticals for Metabolic Syndrome .....415  
 Catthareeya Sukwan, Varavut Tanamool, Suthida Chanlun and Pittaya Papirom  
 ทานตะวันงอก: โภชนบำบัดเพื่อการควบคุมโรคทางเมตาบอลิก  
 แคทเธีย สุวรรณ, วราวุธ ณะมูล, สุธิดา จันทร์ลุน และ พิทยา ภาภิรมย์

ความคิดเห็นต่อการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในนิคมการเกษตร  
ตำบลกำแพง อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร

ณัฐโสภณ ตรีสุวรรณวัฒน์<sup>1\*</sup>, ชัยชาญ วงศ์สามัญ<sup>1</sup>

สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นต่อการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร เก็บรวบรวมข้อมูลในเดือน พฤศจิกายน 2561 จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 ราย ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ เก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสัมภาษณ์ โดยกำหนดการประเมินความคิดเห็นของเกษตรกรต่อความเหมาะสมในการส่งเสริม เป็น 3 ระดับ คือ มาก น้อย และไม่เหมาะสม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows เพื่อประมวลผลหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า t-test และ ค่า F-test

ผลการศึกษาพบว่า ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ทั้งหมด 25 ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น โดยมีความคิดเห็นสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ 1) การเยี่ยมไร่นา 2) การรณรงค์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 3) การจัดเวทีแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ 4) ได้รับความข้อมูลจากทาง อินเทอร์เน็ต และ 5) การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ในด้านความคิดเห็นต่อการได้รับการส่งเสริมองค์ความรู้การผลิตข้าวอินทรีย์ ทั้งหมด 29 ประเด็น พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็นโดยมีความคิดเห็นสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ 1) การเตรียมดิน 2) การไม่เผาตอซัง 3) ปุ๋ยน้ำชีวภาพ 4) การตรวจสอบระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และ 5) การ เลือกใช้พันธุ์ข้าวและเมล็ดพันธุ์ข้าว ส่วนการส่งเสริมความรู้การแปรรูปผลผลิตข้าวอินทรีย์ เกษตรกรเห็นว่า มีระดับเหมาะสม น้อยทุกประเด็น ส่วนความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ ทั้งหมด 26 ประเด็น พบว่าเกษตรกร มีความคิดเห็นในระดับเหมาะสมมาก 25 ประเด็น โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ 1) อาคารเรียนรู้ 2) ยุ้งฉาง 3) การแปรรูปและจำหน่ายข้าวสาร 4) เครื่องสูบน้ำ และ 5) รถไถเดินตาม

คำสำคัญ : ความคิดเห็น, การผลิตข้าวอินทรีย์, ข้าวอินทรีย์

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: tonutt67@gmail.com

---

Opinions towards extension and support on organic rice production of farmers in  
Agricultural Settlement, Tambol Kummad , Kudchum District, Yasotorn Province

---

Nutsopin Trisuvanwat<sup>1\*</sup> , Chaicharn Wongsamun<sup>1</sup>

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

**Abstract**

The objective of this research were to study opinions towards extension and support on organic rice production of farmers Research data were collected from 100 farmers, selected by random sampling, in November 2018. Data collection was conducted by using interview schedules and, then the data were analyzed by using the computer program SPSS for Windows for the values frequency, mean, maximum, minimum, standard deviation, t-test and F-test.

The study results revealed that for the opinions towards extension on organic rice production, all 25 items were viewed as suitable at a high level. The first 5 items that had the highest scores were : 1) farm visits, 2) advocacy from related agencies, 3) organizing activities for exchanging knowledge and experiences, 4) receiving information from Internet, and 5) practical training. For the opinions towards extension on transferring knowledge on organic rice production, organic rice, the farmers expressed that all 29 items were suitable at a high level and the first 5 items that had the highest scores were: 1) land preparation, 2) no burning of stumps, 3) bio liquid fertilizer, 4) verifying system of organic products, and 5) selecting rice varieties and seed. The farmers perceived that transferring knowledge on organic rice processing was suitable at a low level in all items. For the opinions towards the support provided, it was found that the farmers viewed all 26 items suitable at a high level and the first 5 items that had the highest scores were: 1) learning center, 2) rice barn, 3) processing and selling of rice products, 4) water pumps and 5) two-wheeled tractor.

**Keywords:** Opinions , organic rice production , organic rice

---

\*  
Corresponding author: E-mail:tonutt67@gmail.com

บทนำ

ข้าว นับเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่ยังคงสร้างความมั่นคง และมั่นคงให้กับประเทศไทยมาตั้งแต่ อดีตจนถึง ปัจจุบัน ในด้านเศรษฐกิจประเทศไทยยังคงครองอันดับหนึ่งในการส่งออกข้าวมากที่สุดในโลก (Office of Agricultural Economics, 2015)

จากสภาพปัญหาในการผลิตข้าวของเกษตรกรไทย นั้น ปัญหาด้านต้นทุนการผลิตสูง เป็นปัญหาที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องหาทางแก้ไข และหาทางออกโดยเร็ว ซึ่งปัญหาด้านต้นทุนการผลิตสูง มีสาเหตุมาจาก การใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารกำจัดวัชพืช รวมถึงการใช้ข้าวพันธุ์ใหม่ ที่ตอบสนองต่อปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการผลิต เกษตรกรเป็นผู้จัดการนา ต้องจ้างแรงงาน และพึ่งปัจจัย การผลิตจากภายนอก พันธุ์ข้าวพื้นเมืองสูญหายไปจาก ชุมชน จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เกิดปัญหาหนี้สินตามมา นอกจากนั้น พิษภัยจากสารเคมีการเกษตรที่ตกค้าง ส่งผล ต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภคทำให้เกิดโรคร้ายต่างๆ ตามมามากมาย ดังนั้นจึงต้องร่วมกันหาแนวทางและ วิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น

การผลิตข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ จึงเป็น ทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ต้องการแก้ปัญหาในการ ผลิตข้าว เนื่องจากการผลิตข้าวอินทรีย์ เป็นกระบวนการ ผลิตข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สาร ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารกำจัดวัชพืช สาร ป้องกันกำจัดแมลงและโรคพืช รวมถึงขั้นตอนการเก็บ เกี่ยว แปรรูปและการบรรจุ จะไม่มีการใช้สารเคมี สังเคราะห์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งในการเพาะปลูกนั้นเกษตรกร จะต้องอนุรักษ์พื้นที่ดินและสภาพแวดล้อม ดังนั้นการผลิต ข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์จึงดีต่อสุขภาพทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค รวมถึง ดี ต่อ ส ภา พ แวด ล้อม ด้วย (Thanyachotikan, 2003)

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) ได้หารูปแบบและแนวทางในการแก้ไขปัญหาความยากจน ของเกษตรกร ในเขตปฏิรูปที่ดินตามแนวทางเกษตรกรรม ยั่งยืน โดยได้จัดทำ โครงการนิคมเศรษฐกิจพอเพียงในเขต ปฏิรูปที่ดิน โดยพื้นที่จังหวัดยโสธร ดำเนินการที่บ้านโนน อยาง ตำบลก้ามแมด อำเภอกุดชุม โดยใช้ฐานองค์ความรู้การ ทำเกษตรอินทรีย์ ที่มีเกษตรกรแกนนำเป็นกลไกในการ ดำเนินการ ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการท ำ การเกษตร โดยเน้นให้เกษตรกรทำการผลิตแบบพึ่งพา ตนเอง ชุมชน และมีการใช้ทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นให้เกิด ประโยชน์สูงสุด ตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจ พอเพียง ต่อมาในปี 2551 ได้มีการขยายแนวคิดและ ขยายพื้นที่ขับเคลื่อนโครงการไปในตำบลโนนเปือย ตำบล นาไผ่ และส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ที่มีการปรับทัศนคติ และปรับเปลี่ยนวิถี การผลิตจากการพึ่งพาปัจจัยการผลิต จากภายนอกชุมชนและการใช้สารเคมีสังเคราะห์เพื่อ การเกษตร มาใช้รูปแบบการทำเกษตรอินทรีย์ที่ไม่มีการ ใช้สารเคมีสังเคราะห์ใดๆ ในกระบวนการผลิต โดยมี เป้าหมาย การผลิตข้าวเพื่อรองรับมาตรฐานเกษตร อินทรีย์ ตามข้อกำหนดของสำนักงานมาตรฐานเกษตร อินทรีย์ (มกท.) และมีการเตรียมความพร้อมเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร เพื่อยกระดับการพัฒนาชุมชน รองรับ นโยบายโครงการนิคมการเกษตรเพื่ออาหารและพืช พลังงานทดแทน ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Chomchuen, 2013)

จากการศึกษาข้อมูลการวิจัยของเจ้าหน้าที่ สำนักงานการปฏิรูปที่ดินจังหวัดยโสธร ที่รับผิดชอบ โครงการนิคมการเกษตร “เกษตรอินทรีย์” จังหวัดยโสธร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 โดยการส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่เขต ปฏิรูปที่ดินทำเกษตรยั่งยืน มีเกษตรกรบางรายเท่านั้น ที่ ประสบ ผลสำเร็จในการทำเกษตรยั่งยืนคือ เกษตรกร ที่ ทำการเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์เต็มรูปแบบและผ่าน การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์แล้ว โดยเกษตรกร ส่วนใหญ่ของโครงการยังไม่ปรับเปลี่ยนระบบการผลิตเป็น เกษตรอินทรีย์ยังคงทำการเกษตรแบบทั่วไปเหมือนเดิม

ทำให้การส่งเสริมไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร และยังพบว่าเกษตรกรกลุ่มดังกล่าวมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนเงินทุน มีภาวะหนี้สิน และต้นทุนการผลิตที่สูง จากค่าใช้จ่ายของปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ค่าน้ำมัน ค่าปุ๋ย และค่าเมล็ดพันธุ์ (Kumkong *et al.*, 2013)

นอกจากนั้น ยังพบว่าเกษตรกรบางรายที่ทำการผลิตข้าวอินทรีย์ในระยะปรับเปลี่ยนและ ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ จะมีปัญหาด้านผลผลิตตกต่ำ และมีปัญหาด้านการตลาดเพราะยังไม่สามารถจำหน่ายเป็นข้าวอินทรีย์ บางรายกลับไปทำการผลิตข้าวในระบบเคมีเหมือนเดิม และเกษตรกรส่วนใหญ่ในชุมชนยังคงทำการผลิตข้าวในระบบเกษตรเคมีแม้จะมีตัวอย่างเกษตรกร ที่ประสบความสำเร็จให้เห็นในชุมชน หรือแม้จะมีนโยบายการส่งเสริมและการพัฒนาเกษตรอินทรีย์ระดับจังหวัดและระดับประเทศก็ตาม (Organic Agriculture Development Thailand, 2014)

จากสถานการณ์ปัญหาในการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรที่ยังคงต้องดำเนินการหาแนวทางแก้ไข และพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ประกอบกับรัฐบาลได้มีนโยบายขยายพื้นที่เกษตรอินทรีย์ ทั่วประเทศเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 10% ต่อปีด้วย โยธธโมเดลซึ่งมีระยะเวลาดำเนินการ 3 ปี เริ่มจาก มกราคม 2559 ถึง มกราคม 2562 ผู้ศึกษาเห็นว่ามี ความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องทำการศึกษา ความคิดเห็นต่อการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในนิคมการเกษตรจังหวัดยโสธร โดยทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร สภาพการผลิตและการตลาดข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร รวมถึงปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะของเกษตรกร เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและนำไปสู่การหารูปแบบวิธีการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินและ การพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมในเขตปฏิรูปที่ดิน ให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งจะก่อให้เกิดความยั่งยืนต่อการรักษาผืนดินให้ดำรงอยู่ ตกทอดทางมรดก ไปยังลูกหลานเกษตรกร ในอนาคต

และยังเป็นข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาแก่เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

### วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตข้าวอินทรีย์ กับ สำนักงานการปฏิรูปที่ดินจังหวัดยโสธรตั้งแต่ปี 2554 ต่อเนื่องจนถึงปี 2558 และเข้าร่วมโครงการพัฒนาระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ สู่อินทรีย์แปลงใหญ่ ปี 2558 ในพื้นที่นิคมการเกษตร “เกษตรอินทรีย์” ในเขตปฏิรูปที่ดินจังหวัดยโสธร ตำบลกำเม็ด อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร จำนวน 100 ราย ที่ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล เดือน พฤศจิกายน 2561 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS เพื่อประมวลผลค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า t-test และ F-test โดยกำหนดค่าคะแนนระดับผลต่อความคิดเห็น เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเหมาะสมมาก เหมาะสมน้อยและไม่เหมาะสม มีค่าคะแนนเท่ากับ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ และใช้ค่าเฉลี่ยจัดระดับเป็นช่วงคะแนน เพื่อแปลความหมายระดับผลต่อความคิดเห็นดังนี้ ค่าเฉลี่ย 2.34-3.00, 1.67-2.33 และ 1.00-1.66 หมายถึง มีผลต่อความคิดเห็นระดับมาก น้อย และไม่มีผลต่อความคิดเห็น ตามลำดับ

### ผลการวิจัย

#### 1. ความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1.1 การส่งเสริมแบบรายบุคคล มีทั้งหมด 7 ประเด็น พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น และพบว่าประเด็นที่ได้รับการส่งเสริม มากที่สุดคือ การเข้าไปเยี่ยมไร่นาของเจ้าหน้าที่ที่

แปลงเกษตรกร คิดเป็น ร้อยละ 77 รองลงมาคือการเข้าไป เยี่ยมเยือนของเจ้าหน้าที่ที่บ้านเกษตรกร คิดเป็น ร้อยละ 57 และได้รับน้อยที่สุดคือการติดต่อโดยการส่งข้อความคิดเป็น ร้อยละ 13 โดยมีจำนวนครั้งที่เคยได้รับในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา เกษตรกรได้มีการส่งเสริมแบบรายบุคคล โดยการติดต่อทางโทรศัพท์กับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่สำนักงานมากที่สุด เฉลี่ย 9.2 ครั้ง น้อยที่สุดคือประเด็นการติดต่อทางจดหมายกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่สำนักงาน เฉลี่ย 2.6 ครั้ง ประเด็นอื่นๆได้รับการส่งเสริมดังนี้ การไปติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมด้วยตนเองเฉลี่ย 6.5 ครั้ง การเข้าไปเยี่ยมเยือนของเจ้าหน้าที่ที่บ้านเกษตรกร เฉลี่ย 5.6 ครั้ง การเข้าไปเยี่ยมไร่นาของเจ้าหน้าที่ที่แปลงเกษตรกร เฉลี่ย 5.4 ครั้ง การติดต่อทางไลน์/ facebook เฉลี่ย 5.0 ครั้ง และการติดต่อโดยการส่งข้อความ เฉลี่ย 3.7 ครั้ง

1.2 การส่งเสริมแบบกลุ่ม มีทั้งหมด 9 ประเด็นพบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็นโดยประเด็นที่ได้เกษตรกรได้รับการส่งเสริมมากที่สุดคือ การประชุมเชิงปฏิบัติการ ร้อยละ 82 รองลงมาคือการรับสมัครสมาชิกเข้าร่วมโครงการ ร้อยละ 76 และน้อยที่สุดคือการสัมมนาวิชาการ คิดเป็น ร้อยละ 61 และมีจำนวนครั้งที่เคยได้รับการส่งเสริมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา มากที่สุดในประเด็นการประชุมเชิงปฏิบัติการ เฉลี่ย 6.7 ครั้งและน้อยที่สุด คือการเปิดเวทีแลกเปลี่ยนความรู้/ความคิดเห็นประสบการณ์และการส่งเสริมจัดตั้งศูนย์เรียนรู้ เฉลี่ย 4.3 ครั้ง การศึกษาชุมชนการวิเคราะห์ปัญหาชุมชน เฉลี่ย 5.4 ครั้ง การจัดทำแผนชุมชน เฉลี่ย 5.7 ครั้ง การรับสมัครสมาชิกเข้าร่วมโครงการ เฉลี่ย 5.8 ครั้ง การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เฉลี่ย 4.9 ครั้ง การไปทัศนศึกษาดูงานในพื้นที่ เฉลี่ย 5.9 ครั้ง การสัมมนาวิชาการ เฉลี่ย 5.9 ครั้ง

1.3 การส่งเสริมแบบมวลชน มีทั้งหมด 9 ประเด็นพบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็นโดยเหมาะสมมากที่สุด ใน 2 ประเด็นได้แก่การรณรงค์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและการได้รับข้อมูล **ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562**

จากทางอินเทอร์เน็ต ระดับรองลงมา 3 ประเด็น ได้แก่ การชมนิทรรศการ การได้รับหรืออ่านเอกสารคำแนะนำ และการชมรายการโทรทัศน์ โดยพบว่าประเด็นที่เกษตรกรได้รับการส่งเสริมแบบมวลชน มากที่สุด คือการรณรงค์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ร้อยละ 75 รองลงมาคือการอ่านจากวารสารด้านการเกษตร ร้อยละ 65 และได้รับน้อยที่สุดคือการได้รับข้อมูลจากทางอินเทอร์เน็ต คิดเป็น ร้อยละ 13 โดยมีจำนวนครั้งที่เคยได้รับการส่งเสริมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา ในแต่ละประเด็นโดยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้คือการรับฟังวิทยุกระจายเสียง เฉลี่ย 67.9 ครั้ง การชมรายการโทรทัศน์ เฉลี่ย 56.2 ครั้ง การได้รับข้อมูลจากทางอินเทอร์เน็ต เฉลี่ย 36.6 ครั้ง การอ่านจากวารสารด้านการเกษตร เฉลี่ย 8.5 ครั้ง การรณรงค์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เฉลี่ย 5.2 ครั้ง การได้รับหรืออ่านเอกสารคำแนะนำ เฉลี่ย 4.8 ครั้ง การชมนิทรรศการ เฉลี่ย 3.4 ครั้ง การอ่านคอลัมน์เกษตรในหนังสือพิมพ์ เฉลี่ย 3.4 ครั้ง การได้รับบริการคลินิกเกษตรเคลื่อนที่ เฉลี่ย 3.1 ครั้ง

1.4 ด้านองค์ความรู้ที่ได้รับการส่งเสริม ผลการศึกษาเป็นดังนี้

(1) ความรู้เกี่ยวกับหลักการผลิตข้าวอินทรีย์ทั้งหมด 19 ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการส่งเสริมในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น โดยพบว่า องค์ความรู้ที่เกษตรกรได้รับการส่งเสริมมากที่สุด คือ การปลูกพืชตระกูลถั่วบำรุงดิน คิดเป็นร้อยละ 90 รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ คิดเป็นร้อยละ 88 ของจำนวนเกษตรกรโดยมีจำนวนครั้งที่เคยได้รับการส่งเสริมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้คือการเตรียมดิน เฉลี่ย 5.7 ครั้ง การควบคุมวัชพืช เฉลี่ย 5.7 ครั้ง การเลือกพื้นที่ปลูก เฉลี่ย 5.4 ครั้ง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า เฉลี่ย 5.4 ครั้ง การจัดการก่อน และหลังเก็บเกี่ยว เฉลี่ย 5.3 ครั้ง การเลือกใช้พันธุ์และเมล็ดพันธุ์ เฉลี่ย 5.2 ครั้ง การจัดการน้ำ เฉลี่ย 5.1 ครั้ง การเตรียมเมล็ดพันธุ์ เฉลี่ย 5.1 ครั้ง การใช้ปุ๋ยหมัก เฉลี่ย 5.0 ครั้ง ปุ๋ยน้ำชีวภาพ

เฉลี่ย 5.0 ครั้ง การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช  
เฉลี่ย 5.0 ครั้ง วิธีการปลูก เฉลี่ย 4.7 ครั้ง การใช้ปุ๋ยคอก  
หรือปุ๋ยมูลสัตว์ เฉลี่ย 4.7 ครั้ง สารสกัดไล่แมลง เฉลี่ย  
4.7 ครั้ง การไถกลบตอซัง เฉลี่ย 4.5 ครั้ง การไม่เผาตอซัง  
เฉลี่ย 4.4 ครั้ง การตรวจสอบระบบการผลิตข้าวอินทรีย์  
เฉลี่ย 4.4 ครั้ง การวิเคราะห์ดิน และการปรับ กรด - ด่าง  
ของดิน เฉลี่ย 4.2 ครั้งและการปลูกพืชตระกูลถั่วบำรุงดิน  
ได้รับการส่งเสริม เฉลี่ย 4.1 ครั้ง

(2) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตสมัยใหม่  
เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน ทั้งหมด 3 ประเด็น พบว่า  
เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการส่งเสริมใน  
ระดับเหมาะสมมากทุกประเด็นโดยพบว่า องค์ความรู้ที่  
เกษตรกรได้รับการส่งเสริมมากที่สุด คือการใช้เครื่อง  
หยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวและการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว(โรงเรียน  
ชานา) คิดเป็นร้อยละ 62 ส่วนการปลูกข้าวแบบปราณีต  
ได้รับการส่งเสริม ร้อยละ 41 ของจำนวนเกษตรกร โดยมี  
จำนวนครั้งที่เคยได้รับการส่งเสริมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา  
ดังนี้คือ การใช้เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว เฉลี่ย 4.0 ครั้ง  
การปลูกข้าวแบบปราณีต เฉลี่ย 3.3 ครั้ง และการผลิต  
เมล็ดพันธุ์ข้าว (โรงเรียนชานา) ได้รับการส่งเสริมเฉลี่ย  
3.9 ครั้ง

(3) ความรู้เกี่ยวกับการแปรรูปผลผลิตข้าว  
อินทรีย์ ทั้งหมด 3 ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความ  
คิดเห็นต่อสภาพการได้รับการส่งเสริมในระดับเหมาะสม  
มากทุกประเด็น แต่มีจำนวนเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม  
น้อยทั้ง 3 ประเด็น คือประเด็นการแปรรูปขนมจีน ได้รับ  
การส่งเสริม ร้อยละ 24 แปรรูปข้าวผงพร้อมดื่ม ได้รับการ  
ส่งเสริมร้อยละ 19 และแปรรูปสับจากข้าว ได้รับการ  
ส่งเสริม ร้อยละ 13 โดยมีจำนวนครั้งที่เคยได้รับการ  
ส่งเสริมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา ได้แก่ ประเด็นแปรรูปสับ  
จากข้าว เฉลี่ย 9.2 ครั้ง แปรรูปข้าวผงพร้อมดื่ม เฉลี่ย 4.2  
ครั้งและแปรรูปขนมจีน ได้รับการส่งเสริม เฉลี่ย 3.7 ครั้ง

(4) ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม ทั้งหมด  
4 ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการ  
ได้รับการส่งเสริมในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น โดย

พบว่า องค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่มที่เกษตรกร  
ได้รับการส่งเสริมมากที่สุด คือการจัดทำ บัญชีฟาร์ม/  
บัญชีกลุ่ม /บัญชีครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 69 รองลงมา  
คือการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานกลุ่ม ร้อยละ  
67 และมีจำนวนครั้งที่เคยได้รับการส่งเสริมในรอบ 3 ปีที่  
ผ่านมา ดังนี้ คือ การติดตามและประเมินผลการ  
ดำเนินงานกลุ่ม เฉลี่ย 3.3 ครั้งและการจัดทำผลการ  
ดำเนินงานของกลุ่ม เฉลี่ย 3.1 ครั้ง การจัดทำบัญชีฟาร์ม/  
บัญชีกลุ่ม /บัญชีครัวเรือน เฉลี่ย 3.1 ครั้ง และการจัดทำ  
แผนงานกลุ่ม ได้รับการส่งเสริมเฉลี่ย 2.8 ครั้ง

## 2. ความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ดังนี้

2.1 ด้านปัจจัยการผลิต ทั้งหมด 3 ประเด็น พบว่า  
เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุน  
ในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น โดยได้รับการสนับสนุน  
หรือบริการ ในรอบ 1 ปี ดังนี้คือได้รับ เมล็ดพันธุ์ข้าว  
เฉลี่ย 23.2 กก. เมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด เฉลี่ย 28.7 กก. และ  
ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เฉลี่ย 771.6 กก. โดยเกษตรกรได้รับ  
การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดมากเป็นอันดับ 1 คิด  
เป็น ร้อยละ 74 รองลงมาคือปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ คิดเป็น  
ร้อยละ 40 ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวได้รับการสนับสนุนเพียง  
ร้อยละ 36 ของจำนวนเกษตรกร ซึ่งเกษตรกรมีความ  
ต้องการได้รับการสนับสนุน เมล็ดพันธุ์ข้าวและปุ๋ยอินทรีย์  
ชีวภาพ จากภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อลดต้นทุนและเพิ่ม  
ประสิทธิภาพในการผลิตข้าวอินทรีย์ให้มากขึ้น

2.2 ด้านงบประมาณ/ค่าใช้จ่าย ทั้งหมด 2  
ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการ  
ได้รับการสนับสนุนในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็นโดย  
ได้รับการสนับสนุนหรือบริการด้านงบประมาณ/ค่าใช้จ่าย  
ได้แก่ ค่าสมัครขอรับรองมาตรฐาน คิดเป็น ร้อยละ 13  
โดยได้รับเฉลี่ย 315.38 บาท/ปี และค่าตรวจรับรองแปลง  
คิดเป็น ร้อยละ 29 โดยได้รับเฉลี่ย 525.80 บาท/ปี  
ซึ่งถือว่าเกษตรกรได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณ/

ค่าใช้จ่าย ในการผลิตข้าวอินทรีย์น้อยมากและเกษตรกรมีความต้องการรับการสนับสนุนจากภาครัฐและส่วนที่เกี่ยวข้องมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเป็นขวัญกำลังใจในการขับเคลื่อนและพัฒนาการทำเกษตรอินทรีย์

2.3 ด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และสาธารณูปโภค ทั้งหมด 11 ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น โดยมีจำนวนที่ได้รับการสนับสนุนหรือบริการเฉลี่ยในรอบ 1 ปี ดังนี้ บ่อบาดาล 1.0 แห่ง ขุดสระน้ำประจำไร่ 1.1 แห่ง การสร้างอาคารเรียนรู้/การใช้บริการ 20.3 ครั้ง ลานตากผลผลิต 1.2 ครั้ง อาคารแปรรูปและรวบรวมผลผลิต 13.0 ครั้ง ยุ้งฉาง 1.0 ครั้ง เครื่องสูบน้ำ 1.2 ครั้ง รถไถนาเดินตาม 1.4 ครั้ง โรงสีข้าว 1.3 ครั้ง เครื่องคัดเมล็ดข้าว 1.2 ครั้ง และเครื่องบรรจุภัณฑ์ เกษตรกรได้รับการสนับสนุนเฉลี่ย 2.3 ครั้งต่อปี โดยเกษตรกรได้รับการสนับสนุนหรือบริการด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และสาธารณูปโภค มากที่สุดคือใช้อาคารแปรรูปและรวบรวมผลผลิต ในกิจกรรมด้านต่างๆของกลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 66 รองลงมาคือโรงสีข้าว คิดเป็นร้อยละ 58 ของเกษตรกร

2.4 ด้านสนับสนุนด้านการตลาด ทั้งหมด 8 ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนในระดับเหมาะสมมากทุกประเด็น โดยมีจำนวนครั้งที่ได้รับการสนับสนุนหรือบริการ เฉลี่ยในรอบ 1 ปี เรียงจากได้รับมากไปหาน้อย ดังนี้ สนับสนุนให้มีตลาดนัดสีเขียว 24.0 ครั้ง สนับสนุนให้กลุ่มนำสินค้าจำหน่ายในงานที่ส่วนราชการและภาคเอกชนจัด 7.3 ครั้ง สนับสนุนให้กลุ่มมีตราสินค้าเป็นของตนเองได้รับการ 2.3 ครั้ง สนับสนุนกลุ่มจำหน่ายข้าวสารให้บริษัทกระทิ้งแดง 2.1 ครั้ง สนับสนุนให้มีการรับซื้อข้าวเปลือก จากสมาชิกในราคาที่เป็นธรรม 1.9 ครั้ง สนับสนุนให้กลุ่มจำหน่ายสินค้าผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 1.8 ครั้ง/ปี สนับสนุนให้กลุ่มแปรรูปและจำหน่ายข้าวสารสู่ตลาดในประเทศ 1.7 ครั้ง และ สนับสนุนให้กลุ่มแปรรูปและจำหน่ายข้าวสารสู่ตลาดต่างประเทศ 1.6 ครั้ง โดย

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562

เกษตรกรได้รับการสนับสนุนด้านการตลาด มากที่สุดคือ สนับสนุนกลุ่มจำหน่ายข้าวสาร ให้บริษัทกระทิ้งแดง คิดเป็นร้อยละ 94 รองลงมาคือสนับสนุนให้มีการรับซื้อข้าวเปลือก จากสมาชิกในราคาที่เป็นธรรม คิดเป็นร้อยละ 90 ของเกษตรกร และเกษตรกรยังมีความต้องการที่จะขยายตลาดข้าวออกสู่ภายนอกประเทศเพื่อเพิ่มช่องทางด้านการตลาดให้แก่เกษตรกร โดยขอให้ภาครัฐและภาคส่วนที่เกี่ยวข้องให้การสนับสนุนด้านการตลาดของกลุ่มด้วย

2.5 ด้านสนับสนุนสินเชื่อและเงินทุน จากการศึกษาทั้งหมด 2 ประเด็น ด้านสนับสนุนสินเชื่อและเงินทุน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนในระดับเหมาะสมมาก 1 ประเด็น คือสินเชื่อ โดยเกษตรกรได้รับการสนับสนุนสินเชื่อ คิดเป็นร้อยละ 26 ได้รับสินเชื่อ เฉลี่ย 37,532.82 บาท/ปี และมีความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนในระดับเหมาะสมน้อย 1 ประเด็น คือ เงินทุน ซึ่งเกษตรกรได้รับการสนับสนุนเงินทุน คิดเป็น ร้อยละ 18 ของเกษตรกร โดยได้รับเฉลี่ย 193.69 บาท/ปี ซึ่งนับว่าเกษตรกรได้รับการสนับสนุนด้านสินเชื่อและเงินทุนเพื่อใช้ในการผลิตข้าวอินทรีย์น้อยมาก

#### วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาในภาพรวมสรุปได้ว่า เกษตรกรได้รับการส่งเสริมและมีระดับความคิดเห็นต่อการส่งเสริมระดับมากทุกประเด็นการส่งเสริมแบบรายบุคคล การส่งเสริมแบบกลุ่ม และการส่งเสริมแบบมวลชน การส่งเสริมเหมาะสมมากที่สุดในประเด็นการเข้าไปเยี่ยมไร่/นา ของเจ้าหน้าที่ที่แปลง การเปิดเวทีแลกเปลี่ยนความรู้/ความคิดเห็นประสบการณ์ และ การประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับ Wongsamun (2000) ได้กล่าวถึงวิธีการส่งเสริมการเกษตรว่าแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ โดยกล่าวว่าการเยี่ยมไร่/นาเป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุดของการส่งเสริม

วารสารเกษตรพระวรุณ 219

แบบรายบุคคล และต้องใช้หลายรูปแบบตามความเหมาะสม ส่วนความคิดเห็นต่อสภาพการได้รับการสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ในหนึ่งรอบการผลิตของเกษตรกร 5 ด้าน ได้แก่ 1) ปัจจัยการผลิต 2) งบประมาณ/ค่าใช้จ่าย 3) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภค 4) สนับสนุนด้านการตลาด และ 5) สนับสนุนสินเชื่อและเงินทุนในการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยเกษตรกรมีความคิดเห็นภาพรวมในระดับมากทั้ง 5 ด้าน

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตข้าวอินทรีย์ กับ สำนักงานการปฏิรูปที่ดินจังหวัดยโสธรตั้งแต่ปี 2554 ต่อเนื่องจนถึงปี 2558 และเข้าร่วมโครงการพัฒนาระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ สู่อินทรีย์แปลงใหญ่ ปี 2558 ในพื้นที่นิคมการเกษตร “เกษตรอินทรีย์” ในเขตปฏิรูปที่ดินจังหวัดยโสธร ตำบลก้ามแมด อำเภอกุฉินชัย จังหวัดยโสธร ที่อนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลในการทำการศึกษาอิสระแก่ข้าพเจ้า ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ทำให้รายงานการศึกษานี้ประสบความสำเร็จและมีความสมบูรณ์

#### References

- Chomchuen, B. 2013. The Study of Organic Agriculture Systems with Sustainable Land Use: A Case Study of Agricultural Settlement Project "Organic Agriculture", Yasothon Province. Academic Research. The Agricultural Land Reform Office. (in Thai)
- Kumkong Ch., Yooprasert B., and Tangwiwat P. 2013. Sustainable Agriculture of Famers in Land Reform Area of Yasothon Province. Graduate research of Master of Agriculture (Agricultural Extension and Development). Sukhothai Thammathirat Open University. Nonthaburi. ( in Thai)
- Office of Agricultural Economics. 2015. Agricultural statistics of Thailand in 2014. Bangkok: National Buddhism Printing Office. ( in Thai)
- Organic Agriculture Development Thailand. 2014. Final Report of Hire Consultants Project: Study and Supporting Project for Access to the International Organic Standards of Smallholder Groups in the Land Reform Area. Sukhothai Thammathirat Open University. Nonthaburi. ( in Thai)
- Thanyachotikan, Y. 2003. Organic rice, the best rice for health and the environment. 1st edition. Bangkok: TCG Printing Company Ltd. ( in Thai)
- Wongsamun, Ch. 2000. Data Analysis by SPSS For Windows Program. Khon Kaen: Khon Kaen Printing Ltd. ( in Thai)

---

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

---

ญาณิศา โพธิ์รัตนโส\* สุนันท์ บุตรศาสตร์\* และ พรพิชญ์ ธรรมปัทม์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

### บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตนโดยใช้แป้งฟักทองร่วมกับแป้งจากธัญพืชต่างๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้บริโภคให้การยอมรับ โดยเลือกสูตรที่เหมาะสมที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมาพัฒนาสูตรโดยผันแปรส่วนผสมระหว่างแป้งฟักทอง แป้งธัญพืช และเนย ผลการวิจัยพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับคุณลักษณะปรากฏ และความชอบรวมของแครกเกอร์ฟักทองร่วมกับแป้งข้าวเจ้ามากที่สุด โดยสภาวะในการอบที่เหมาะสมสำหรับแครกเกอร์ คือ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที เนื่องจากมีค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ค่า  $a_w$  และค่าความแข็งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ท้องตลาด และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน พบว่า มีความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณร้อยละ 5.67, 7.02, 6.60, 9.77, 11.11 และ 59.83 ตามลำดับ

คำสำคัญ: แครกเกอร์, แป้งข้าว, ฟักทอง, กลูเตน

---

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: meepoohza024@hotmail.com

---

## Product development of gluten-free pumpkin cracker

---

Yanisa Poratso\* Sunan Butsat\* and Pornpisanu Thammapat

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

### Abstract

The product development of gluten-free pumpkin cracker objective is study the production process pumpkin cracker by using pumpkin flour with flour from various grains such as Rice flour, corn flour and tapioca starch. And is a product that consumers accept by select the appropriate formula that the consumer accepts To develop the formula by varying the ingredients between Pumpkin flour, Cereal flour and butter The result found that consumer test to accept the appearance and overall of pumpkin crackers with most rice flour. By suitable baking conditions for crackers is 170 degrees Celsius for 8 minutes due to the color value ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ )  $a_w$  value and a hardness similar to commercially available products. The chemical analysis of this pumpkin cracker showed the content of moisture, ash, protein, lipid, fiber and carbohydrate content as percentage were 5.67, 7.02, 6.60, 9.77, 11.11 and 59.83 respectively.

**Keywords:** Cracker, rice flour, pumpkin, gluten-free

---

\*  
Corresponding author: E-mail: meepoohza024@hotmail.com

บทนำ

แป้งธัญพืช ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง ซึ่งมีกรรมวิธีการแปรรูปออกมาเป็นผงแป้ง และมีการนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบจากข้าวหอมมะลิ (Wongsa *et al.* 2013) ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากแป้งข้าวเจ้า (Jittapalo and Songsanan. 2013) และผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากข้าวเหนียวดำ (Sattasuwana *et al.*, 2010) ซึ่งแป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกัน จึงทำให้แป้งมีคุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพต่างกัน โดยทั่วไปแป้งจะมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตมาก ซึ่งอยู่ในรูปของสตาร์ช รองลงมา คือ โปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน เซลลูโลส เถ้า วิตามิน สารสี เอนไซม์ ความชื้น (Kongseri, 2003) ฟักทอง เป็นพืชผักวงศ์แตงที่มีคุณค่าทางอาหารและยา ปัจจุบันมีการรับประทานฟักทองทั้งในส่วนเนื้อและส่วนเมล็ดในรูปอาหารเพื่อสุขภาพ เนื้อฟักทองประกอบด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.91 ปริมาณไขมันร้อยละ 2.45 และปริมาณเยื่อใยร้อยละ 6.66 (Kulaitiene, *et al.*, 2014) นอกจากนี้ฟักทองยังเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะสารเบต้าแคโรทีนที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ซึ่งช่วยทำให้ตามองเห็นในที่มืดสลัวได้ดี ปกป้องผิวหนัง (Food network solution, 2019)

ในงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะนำแป้งจากธัญพืชมาใช้เป็นวัตถุดิบร่วมกับแป้งฟักทองในการผลิตแครกเกอร์ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะแก่การนำมาบริโภค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตนโดยใช้แป้งฟักทองร่วมกับแป้งจากธัญพืชต่างๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้บริโภคให้การยอมรับ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย และสามารถลดการนำเข้าแป้งสาลีได้ รวมทั้งยังเป็นการ

เพิ่มความหลากหลายผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาชนิดของแป้งธัญพืชร่วมกับแป้งฟักทองที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

ผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน โดยใช้แป้งธัญพืช 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า ร่วมกับแป้งฟักทอง ในอัตราส่วนของแป้งธัญพืชต่อแป้งฟักทอง เท่ากับ 50:50 แล้วนำส่วนประกอบของแป้งผสมแต่ละสูตรไปผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ (Table 1) ไปผลิตแครกเกอร์ตามวิธีของ Ruechakul *et al.*, (2014) แล้วนำแครกเกอร์ที่ได้ไปทดสอบการยอมรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมของผู้ทดสอบ จำนวน 40 คน ประเมินด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale นำไปวิเคราะห์ทางสถิติแล้วแปรผลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตนในขั้นตอนถัดไป

Table 1 Components ratio of pumpkin Crackers

Components	Control* (g)	Formula (g)		
		1	2	3
Wheat flour	100	0	0	0
Pumpkin flour	-	50	50	50
Tapioca starch	-	50	-	-
Rice flour	-	-	50	-
Corn flour	-	-	-	50
Better	20	20	20	20
Milk	60	60	60	60
yeast	5	5	5	5
Baking soda	4	4	4	4
Salt	1	1	1	1
Sugar	20	20	20	20

\* Ruechakul *et al.* (2014)

## 2. ศึกษาสภาวะในการอบแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

นำสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับรวมสูงสุดมาผลิตแครกเกอร์ โดยใช้สภาวะในการอบที่อุณหภูมิ 150 160 และ 170 °ซ ระยะเวลา 8 10 และ 12 นาที หลังจากนั้น ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัตถุประสงค์โดยใช้เครื่องวัดสี รุ่น Color Flex EZ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ รายงานผลค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีแดง (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*) และวัดแรงต้านการกดแตกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA.XT. Plus ด้วยหัววัดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มล. และค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (aw) ตามลำดับ

## 3. พัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

ผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน โดยการผันแปรองค์ประกอบของแป้งธัญพืชที่เหมาะสม (ผลจากข้อ 1) ร้อยละ 40 – 60 แป้งฟักทอง ร้อยละ 30 – 50 และเนย ร้อยละ 10 – 20 วางแผนทดลองแบบ Mixture design จำนวนทั้งหมด 14 สูตร นำไปผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ แล้วนำไปผลิตแครกเกอร์ตามกรรมวิธีเช่นเดียวกันกับข้อ 1 โดยใช้สภาวะการอบที่เหมาะสม (ผลที่ได้จากข้อ 2) หลังจากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมของผู้ทดสอบ จำนวน 40 คน

## 4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

นำแครกเกอร์สูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เมื่อได้ผลการยอมรับจากสูตรที่เหมาะสมแล้ว ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีโดยการหาค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต (ตามวิธีมาตรฐาน AOAC, 2000)

## 5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

## 1. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับคุณลักษณะปรากฏและความชอบรวมของแครกเกอร์ฟักทองร่วมกับแป้งข้าวเจ้ามากที่สุด คือ 7.20 และ 7.67 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งข้าวเจ้ามีคุณสมบัติด้านการให้ความกรอบ ส่วนแป้งมันสำปะหลังจะให้ความเหนียวและยืดหยุ่นเมื่อได้รับความร้อน (Srirot and Piyajomkhun, 2003)

## 2. สภาวะในการอบแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

ผลการทดสอบสภาวะในการอบแครกเกอร์ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน พบว่า ค่าสี (L\* a\* b\*) ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยแครกเกอร์อบที่อุณหภูมิ 170 °ซ 8 นาที 160 °ซ 10 นาที และ 150 °ซ 15 นาที มีค่าความสว่าง (L\*) ใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าสภาวะอื่นๆ ส่วนค่าสีแดง (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*) ของแครกเกอร์ อบที่อุณหภูมิ 170 °ซ 12 นาที มีค่ามากที่สุด

ค่า aw ของแครกเกอร์ พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ค่า aw มีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำอิสระถูกกำจัดออกโดย

ค่าความแข็ง พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบนานขึ้น ส่งผลทำให้แครกเกอร์มีความแข็งลดลง โดยแครกเกอร์ที่อบอุณหภูมิ 150 °ซ มีค่าความแข็งสูงมากกว่าสภาวะอื่นๆ เนื่องจากแป้งในส่วนผสมของแครกเกอร์ยังไม่สุก

พบว่าสภาวะในการอบที่เหมาะสมสำหรับแครกเกอร์ คือ อุณหภูมิ 170 °ซ นาน 8 นาที เนื่องจากมีค่าสี (L\* a\* b\*) ค่า aw และค่าความแข็งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ท้องตลาด จึงนำมาใช้ในการผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

**3. พัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน**

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน ที่มีการผันแปรส่วนผสม 3 ชนิด โดยใช้ปริมาณแป้งฟักทองร้อยละ 30-50 แป้งธัญพืชร้อยละ ร้อยละ 40-60 และเนย ร้อยละ 10-30 ตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งธัญพืชส่งผลให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และความกรอบเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชอบด้านกลิ่น สี และรสชาติมีค่า

ลดลง เมื่อปริมาณแป้งฟักทองและเนยเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี และด้านกลิ่นเพิ่มขึ้น ส่วนความชอบด้านลักษณะปรากฏและความกรอบลดลง ซึ่งสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตนที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมสูงสุด (7.74 คะแนน) คือ แป้งฟักทองร้อยละ 43.4 แป้งธัญพืชร้อยละ 43.4 และเนย 13.4

**Table 2** Sensory Evaluation of Pumpkin Cracker

Types of cereal flour	Sensory characteristics					
	Appearance	Color	Flavor	Oder	Crispness	Overall
Tapioca starch	7.20±0.22 <sup>b</sup>	7.35±0.53 <sup>a</sup>	7.30±0.60 <sup>a</sup>	7.40±0.59 <sup>a</sup>	7.47±0.59 <sup>a</sup>	7.32±0.72 <sup>b</sup>
Rice flour	7.48±0.07 <sup>a</sup>	7.55±0.50 <sup>a</sup>	7.53±0.01 <sup>a</sup>	7.52±0.64 <sup>a</sup>	7.50±0.67 <sup>a</sup>	7.67±0.57 <sup>a</sup>
Corn flour	7.17±0.23 <sup>b</sup>	6.62±0.62 <sup>b</sup>	6.40±0.63 <sup>b</sup>	7.02±0.73 <sup>b</sup>	7.07±0.26 <sup>b</sup>	7.25±0.43 <sup>b</sup>

Means within rows followed by a different letter (a-b) are significantly different (p<0.05)

**Table 3** The results of the physical composition of gluten-free pumpkin crackers

Temperature	Time	L*	a*	b*	a <sub>w</sub>	Hardness (N)
150	8	71.24±0.19 <sup>a</sup>	7.29±0.32 <sup>ef</sup>	41.57±0.39 <sup>b</sup>	0.74±0.00 <sup>a</sup>	80.89±0.86 <sup>a</sup>
	10	70.61±0.29 <sup>b</sup>	7.67±0.13 <sup>d</sup>	41.41±0.24 <sup>b</sup>	0.62±0.01 <sup>b</sup>	58.14±0.58 <sup>c</sup>
	12	69.93±0.21 <sup>c</sup>	7.22±0.10 <sup>f</sup>	41.30±0.19 <sup>b</sup>	0.61±0.00 <sup>b</sup>	37.72±0.33 <sup>d</sup>
160	8	71.49±0.11 <sup>a</sup>	7.56±0.23 <sup>de</sup>	44.39±0.35 <sup>a</sup>	0.67±0.00 <sup>ab</sup>	66.84±0.05 <sup>b</sup>
	10	69.52±0.90 <sup>c</sup>	7.28±0.12 <sup>ef</sup>	41.44±0.41 <sup>b</sup>	0.48±0.01 <sup>c</sup>	4.63±0.10 <sup>e</sup>
	12	69.37±0.55 <sup>c</sup>	9.48±0.27 <sup>c</sup>	40.42±0.28 <sup>c</sup>	0.43±0.15 <sup>c</sup>	1.30±0.20 <sup>f</sup>
170	8	71.27±0.22 <sup>a</sup>	7.50±0.26 <sup>de</sup>	41.39±0.15 <sup>b</sup>	0.30±0.07 <sup>d</sup>	2.43±0.26 <sup>ef</sup>
	10	67.32±0.19 <sup>d</sup>	10.34±0.16 <sup>b</sup>	41.32±0.09 <sup>b</sup>	0.23±0.01 <sup>d</sup>	1.48±0.26 <sup>f</sup>
	12	66.26±0.68 <sup>e</sup>	12.57±0.14 <sup>a</sup>	39.31±0.25 <sup>d</sup>	0.21±0.05 <sup>d</sup>	1.30±0.24 <sup>f</sup>
commercial cracker	-	71.02±0.08 <sup>a</sup>	7.55±0.08 <sup>de</sup>	41.45±0.32 <sup>b</sup>	0.28±0.03 <sup>d</sup>	1.98±0.31 <sup>f</sup>

4. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน พบว่า ปริมาณเถ้า และปริมาณเยื่อใยสูงกว่า ในขณะที่ปริมาณไขมันต่ำกว่า

กว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากท้องตลาด ทั้งนี้เนื่องจากมีส่วนประกอบของฟักทอง ซึ่งมีปริมาณแร่ธาตุและใยอาหารสูง ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตนต่ำกว่า เพราะไม่มีส่วนประกอบของแป้งสาลี

Table 4 Chemical composition of gluten-free pumpkin crackers and commercial cracker

Composition (%)	Product	
	commercial cracker	gluten-free pumpkin crackers
Moisture	3.05 ± 0.05 <sup>b</sup>	5.67 ± 0.00 <sup>a</sup>
Ash	1.21 ± 0.05 <sup>b</sup>	7.02 ± 0.02 <sup>a</sup>
Protein	8.37 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.60 ± 0.05 <sup>b</sup>
Fat content	24.32 ± 0.03 <sup>a</sup>	9.77 ± 0.00 <sup>b</sup>
Fiber	2.31 ± 0.27 <sup>b</sup>	11.11 ± 0.08 <sup>a</sup>
carbohydrate	40.61 ± 0.09 <sup>a</sup>	59.83 ± 0.02 <sup>b</sup>

Means within rows followed by a different letter (a-b) are significantly different (p<0.05)

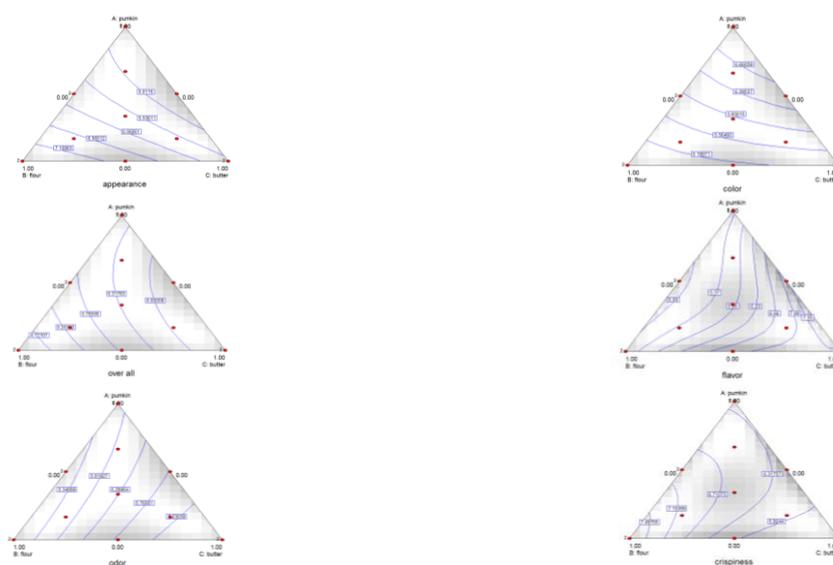


Figure 1 Contour plot of attribute acceptance of pumpkin crackers

**สรุปผลการวิจัย**

ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับคุณลักษณะปรากฏ และความชอบรวมของแครกเกอร์ฟักทองร่วมกับแป้งข้าวเจ้ามากที่สุด คือ 7.20 และ 7.67 โดยสภาวะในการอบที่เหมาะสมสำหรับแครกเกอร์ คือ อุณหภูมิ 170 °ซ นาน 8 นาที เนื่องจากมีค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ค่า  $a_w$  และค่าความแข็งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ท้องตลาด จึงนำมาใช้ในการผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน พัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน แป้งฟักทองร้อยละ 30 แป้งธัญพืชร้อยละ 45.8 และเนย 24.2 และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน พบว่าปริมาณเถ้า และปริมาณเยื่อใยสูงกว่า ในขณะที่ปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากท้องตลาด ทั้งนี้

เนื่องจากมีส่วนประกอบของฟักทอง ซึ่งมีปริมาณแร่ธาตุและใยอาหารสูง ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตนต่ำกว่า เพราะไม่มีส่วนประกอบของแป้งสาลี

**กิตติกรรมประกาศ**

การวิจัยนี้ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย การสนับสนุนเงินอุดหนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2562 และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูงมาในโอกาสนี้

**References**

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., Maryland, USA.
- Food Network Solution. 2018. Carotenoid. Retrieved April 2, 2019, from <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/w>
- Jittapalo, T and Songsanan, P. 2013. Development of Rice Crackers from Purple Rice flour. Payap University. Chiang Mai. (in Thai)
- Kongseri, N. 2003. Rice and rice products. Department of Agriculture. Bangkok, pp.167. (in Thai)
- Ruechakul, W., Punsawat, N. and Maneeroch, J. 2014. Effect of rice bran oil, baking temperature and time on the quality of salmon crackers from salmon trimming. Proceedings of 52nd Kasetsart University Annual Conference. (in Thai)
- Sattasuwan, N., Nuengjamnong, N and Suksomboon, A. 2010. Development of Rice Crackers (Arare) from Black Glutinous Rice. Agricultural Sci. J. 41(3/1)(Suppl.): 165-168. (in Thai)
- Srirot, K and Piyajomkhun, K. 2003. Flour technology. 4<sup>th</sup> ed. Kasetsart University. Bangkok, pp.303. (in Thai)
- Wongsa, J., Silapruang, S., Aeimsard, S. and Thumthanatak, B. 2013. Effect of Jasmine Rice on Puff Quality of Glutinous Rice Crackers Filled with Chili Fish Paste. Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 329-332. (in Thai)

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

จตุพัฒน์ สมป์ปิโต\* จิรพร ทูลภิรมย์ และ ณัฐหทัย ธรรมวาโร

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในรูปของอาหารทั่วไปและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งโยเกิร์ตจัดเป็นหนึ่งในอาหารเพื่อสุขภาพที่สามารถรับประทานได้ทั้งในเด็ก วัยรุ่น ผู้ใหญ่ และผู้สูงอายุ โดยงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำด้วยการแปรอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (black glutinous hang rice milk, BGHRM) ต่อนมวัว (cow milk, CM) ที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 (สูตรควบคุม) 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำโยเกิร์ตที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ผลการทดลองพบว่า ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตแต่ละสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำต่อนมวัวที่อัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่สูงมากขึ้น จะทำให้ค่าความหนืด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย ( $p \leq 0.05$ ) และโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทุกสูตรมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกอยู่ในช่วง 8.34 - 8.75 log CFU/g และตรวจไม่พบยีสต์และรา จากการนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทุกสูตรมาประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วย BGHRM:CM ที่อัตราส่วน 10:90 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด และพบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วย BGHRM:CM ที่อัตราส่วน 10:90 ให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดเช่นเดียวกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม ดังนั้น โยเกิร์ตที่ใช้ น้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำต่อนมวัวที่อัตราส่วน 10:90 จึงเหมาะสมสำหรับการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

**คำสำคัญ:** แอนโทไซยานิน ข้าวฮางข้าวเหนียวดำ แบคทีเรียแลคติก โยเกิร์ต

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: jatupat.sa@bru.ac.th

---

## Product Development of Black Glutinous Hang Rice Yogurt

---

Jatupat Samappito<sup>\*</sup>, Jiraporn Toolpirom and Natthatai Thummawaro

*Department of Food Science, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University,  
Buriram, 31000, Thailand*

### Abstract

This research was aimed to produce healthy foods in the form of regular diet which was accepted by consumers and yogurt is a healthy product which is popular among children, teenagers, adults and elders. Firstly, yogurt from black sticky Hang rice which composed of the different ratio of black glutinous hang rice milk (BGHRM) to cow milk (CM) as 0: 100 (control), 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60 was conducted. After that, they were determined for chemical, physical and microbiological properties. The result showed that the yoghurts were not different ( $p>0.05$ ) in pH, and total acidity contents. It was found that yogurts that were prepared from BGHRM with the higher BGHRM:CM ratios led to the more of an increase in viscosity, total phenolic content, anthocyanin content and scavenging abilities in yogurts ( $p\leq 0.05$ ). All formula of yogurts revealed that the number of lactic acid bacteria ranged from 8.34 to 8.75 log CFU/g. Yeast and mold were not found in the products. All products were sensory evaluated for liking scores (color, odor, taste, texture and overall liking) by using 9-point hedonic scale and used 30 panelists. The result indicated that BGHRM (10): CM (90) yogurt got the highest acceptability scores of color, smell, flavor and overall liking. The results showed that BGHRM (10):CM (90) yogurt got the highest acceptability scores from the panelists in moderate to like level as same as control. Consequently, yoghurt added with BGHRM: CM as a ratio of 10:90 was suitable for black glutinous Hang rice yogurt production.

**Keywords:** Anthocyanin, Black Glutinous Hang Rice, Lactic Acid Bacteria, Yogurt

---

\*  
Corresponding author: E-mail: jatupat.sa@bru.ac.th

**บทนำ**

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่เริ่มสนใจต่อสุขภาพของตนเองมากขึ้นโดยมุ่งเน้นบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์นมหมักก็เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะโยเกิร์ต (yoghurt) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้ เช่น *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย (Generally Recognized As Safe; GRAS) (Tanganurat *et al.*, 2014) โดยจุลินทรีย์จะย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้โปรตีนในนม คือ เคซีน (casein) เกิดการเปลี่ยนแปลงตกตะกอนเป็นเคิร์ด คล้ายไข่ตุ๋น ผิวเรียบ อ่อนนุ่ม ทำให้มีภาวะเป็นกรดจึงทำให้มีรสเปรี้ยว โดยมีความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 3.8-4.6 โยเกิร์ตมีประโยชน์มากมายหลายประการ เช่น ป้องกันอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อย หรือท้องเดิน ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งบริเวณเนื้อเยื่อกระดูก เป็นต้น (Chaikul sareewath *et al.*, 2015) นอกจากนี้การรับประทานโยเกิร์ตเป็นประจำจะช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันโรคในร่างกายควบคุมคอเลสเตอรอลในเลือด และช่วยลดไขมันในธรรมชาติที่มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันผนังกระเพาะอาหารจากสารกระตุ้น เช่น แอลกอฮอล์ บุหรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งและเนื้องอกในลำไส้ใหญ่ (Unhasirikul *et al.*, 2018)

ข้าวฮาง (Hang rice) เป็นผลผลิตทางภูมิปัญญามาตั้งแต่สมัยโบราณ สำหรับกระบวนการผลิตนั้นข้าวเปลือกจะถูกแช่น้ำนาน 12 ชม. เพื่อให้เปลือกข้าวมีการอ่อนตัว จากนั้นนำข้าวมาบ่มเพื่อให้เกิดการงอกก่อนนำมาหนึ่งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้เย็น อบแห้ง และนำมากะเทาะเปลือกออก โดยไม่ผ่านการขัดสีจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวฮาง ด้วยกระบวนการที่มีการแช่ การบ่ม

เพื่อให้เกิดการงอก และทำให้ข้าวเปลือกสุกโดยการนี้ก่อนนำไปกะเทาะเปลือก ทำให้สารอาหารต่างๆ จากเปลือกเข้าไปยังเมล็ดข้าว จึงอาจถือได้ว่าข้าวฮางเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ (Chienseng *et al.*, 2018) อีกทั้งข้าวฮางงอกเป็นข้าวที่มีส่วนของจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นแหล่งรวมแร่ธาตุและสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีกรดแกมมา-แอมิโนบิวเทริก (gamma-aminobutyric acid; GABA) ช่วยป้องกันโรคเกี่ยวกับระบบประสาท ลดความดันโลหิต ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Komatsuzaki *et al.*, 2007; Vansavang *et al.*, 2016) ปัจจุบันมีการนำข้าวหลากหลายสายพันธุ์ทั้งข้าวเจ้า (ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวหอมแดง ข้าวหอมทอง ข้าวหอมจันทร์) และข้าวเหนียวดำ (ข้าวลิ้มผั่ว) มาใช้ในการผลิตข้าวฮางสำหรับข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวที่มีลักษณะเด่น คือเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นสีแดงจนถึงม่วงเข้ม ซึ่งเป็นแหล่งของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Chuched *et al.*, 2007) มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยในเรื่องของการหมุนเวียนกระแสโลหิต และชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Oumaree *et al.*, 2014) และยังมีรายงานว่าแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านมะเร็งทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ ลดการอักเสบของผิวหนัง และลดริ้วรอยทำให้ผิวพรรณสดใส (Aninbon *et al.*, 2011)

จากคุณประโยชน์ของโยเกิร์ตและข้าวฮาง ข้าวเหนียวดำที่กล่าวมาในข้างต้น และปัจจุบันการนำข้าวฮางมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพยังมีค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำข้าวฮางข้าวเหนียวดำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค อีกทั้งเพื่อเพิ่มความ

หลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากวัตถุดิบภายในประเทศ สามารถเพิ่มมูลค่าและยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้นอีกด้วย

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย**

ข้าวฮางข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว (ข้าวฮางลิ้มผั่ว) จัดซื้อจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวหอมมะลิ-ข้าวฮางภูเขาไฟ บ้านหนองบัวราย ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ นมพาสเจอร์ไรซ์รสจืด (ตราซีพี-เมจิ) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) เจลาติน (ตราแม็กกาแลต) และโยเกิร์ตทางการค้ารสธรรมชาติ (ตราดัชชี)

**2. การเตรียมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

โดยนำข้าวฮางลิ้มผั่วมาแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 6 ชม. จากนั้นนำข้าวมาล้างนาน 40 นาที แล้วพักไว้ให้เย็น จึงนำข้าวมาปั่นด้วยอัตราส่วนของข้าว 20 ก./น้ำ 80 มล. จะได้น้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (black glutinous hang rice milk, BGHRM) สำหรับนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

**3. การผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำประกอบไปด้วยส่วนผสมต่างๆ ในอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักไดแก่ น้ำตาลทราย (ร้อยละ 6) เจลาติน (ร้อยละ 0.5) หัวเชื้อ โยเกิร์ต (ร้อยละ 8) นมวัว (cow milk, CM) และน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ซึ่งจะทำการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 (สูตรควบคุม) 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 (ดัดแปลงสูตรจาก Chaikulsareewath & Korsaked, 2009) จากนั้นนำมาส่วนผสมมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ลดอุณหภูมิให้เหลือ 42-45 °ซ แล้วจึงเติม

หัวเชื้อโยเกิร์ต และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 °ซ นาน 6 ชม. หรือจนกระทั่งโยเกิร์ตมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5±1 °ซ เพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

**4. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

**4.1 ค่าสี** วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น ColorFlex Ez 45/0 L (Hunter Associates Laboratory; USA) โดยค่า L\* คือค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว a\* คือค่าสีเขียว (-a\*) – ค่าสีแดง (+a\*) และ b\* คือสีน้ำเงิน (-b\*) – ค่าสีเหลือง (+b\*)

**4.2 วัดความหนืด** ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brookfield DV2T Rotational Viscometer โดยเตรียมตัวอย่างโยเกิร์ตใส่ภาชนะทรงสูง ปริมาตร 150 มล. ใช้หัววัดเบอร์ 4 ความเร็วรอบ 80 rpm อ่านผลการทดลองที่เวลา 30 วินาที

**4.3 การวัดค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Syneresis)** โดยชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 20 ก. นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 ชม. จากนั้นชั่งน้ำหนักน้ำที่แยกตัวออกมาจากตัวอย่างโยเกิร์ต แล้วคำนวณหาค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต ตามวิธีคำนวณตั้งสมการด้านล่าง (Cheng *et al.*, 2017)

$$\text{Syneresis (\%)} = W_1 \times 100/W_0$$

เมื่อ  $W_1$  = น้ำหนักของน้ำที่แยกออกจากโยเกิร์ต  
 $W_0$  = น้ำหนักของโยเกิร์ตเริ่มต้น

**4.4 การวิเคราะห์ลักษณะด้านเนื้อสัมผัส** เตรียมตัวอย่างโยเกิร์ตแต่ละสูตร โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5±1 °ซ เป็นเวลา 48 ชม. จากนั้นนำมาวิเคราะห์ลักษณะด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น CT3 (Brookfield Ametek; UK) ดัดแปลงจากวิธีของ Cheng *et al.* (2017) ด้วยการวัด Texture

Profile Analysis (TPA) ซึ่งจะทำให้การกัดตัวอย่าง 2 ครั้ง แทนการเคี้ยวของผู้บริโภค ด้วยหัววัดชนิด Cylindrical probe 36 mm (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 36 มม. (TA4/1000)) โดยตั้งค่า Pre-test 1 mm/s, Post-test 10 mm/s, Test-speed 1 mm/s และ Distance 20 mm.

### 5. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

5.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทำการสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ตแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Sartorius, Docu-pH)

5.2 การวัดค่าความเป็นกรดจากการไทเทรต (Titratable acidity, TA) โดยการสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ต 2 กรัม แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3-5 หยด แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความเป็นกรดจากสูตร โดยคำนวณเทียบกับกรดแลคติก (AOAC, 2000) ดังสมการด้านล่าง

ความเป็นกรด (กรดแลคติก) (%) =  $(\text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times \text{ปริมาตรของ NaOH} \times 0.09 \times 100) / \text{ปริมาตรตัวอย่าง}$

หมายเหตุ 0.09 คือ milliequivalent weight ของกรดแลคติก

5.3 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content, TPC) โดยวิธี Folin-Ciocalteu method ดัดแปลงวิธีจาก Butsat and Siriamornpun (2010) โดยสกัดตัวอย่าง 5 ก. ด้วยสารละลาย เอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 100 มล. เขย่าด้วยความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 2 ชม. แล้ว

กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นจึงนำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 0.5 มล. มาผสมกับสารละลาย 10% Folin Ciocalteu's reagent ปริมาตร 2.5 มล. เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที แล้วเติมสารละลาย sodium carbonate ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มล. และเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชม. จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer และใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (Gallic acid) ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (mg GAE/ 100 g sample)

5.4 วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanin Content, TAC) ด้วยวิธี pH differential ดัดแปลงตามวิธีของ Wrolstad *et al.* (2005) ทำการสกัดสารละลายตัวอย่าง 5 ก. ด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 100 มล. เขย่าด้วยความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 2 ชม. และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นจึงผสมสารสกัดตัวอย่างลงในหลอดทดลองที่ 1 ปริมาณ 1 มล. เติมสารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, 0.025 M) pH 1.0 ปริมาตร 4 มล. และผสมสารสกัดตัวอย่างในหลอดทดลองที่ 2 ปริมาณ 1 มล. เติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate, 0.4 M) pH 4.5 ปริมาตร 4 มล. จากนั้นนำหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ตามลำดับ ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างในรูปของมิลลิกรัมไซยานิน-3-กลูโคไซด์ ดังสมการด้านล่าง

ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) = 
$$(A \times Mw \times DF \times 1,000) / (\epsilon \times L)$$

เมื่อ  $A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$   
 $A_{510}$  = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm.  
 $A_{700}$  = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 nm.  
 $Mw = 449.2 \text{ g/mol}$  (น้ำหนักโมเลกุลของ cyanidin-3-glucoside)  
 $DF$  = dilution factor ของสารละลายตัวอย่าง  
 $\epsilon = 26,900 \text{ L/mol/cm}$  (โมลาร์เอพซอพติวิตี)  
 $L$  = ความกว้างของ cuvette = 1 cm  
 จำนวนหน่วยเป็นมิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (mg cyanidin-3-glucoside/100 g sample)

**5.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ**  
 โดยวิธีการทดสอบความสามารถของสารละลายตัวอย่าง ในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Brand-Williams *et al.* (1995) โดยทำการสกัดตัวอย่าง 5 ก. ด้วยสารละลาย เอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาตร 100 มล. เขย่า ด้วยความเร็ว 150 rpm เป็นเวลา 2 ชม. แล้วกรองด้วย กระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นจึงนำสารสกัดตัวอย่าง 0.5 มล. มาเติมด้วยสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 10  $\mu\text{M}$  ปริมาตร 3 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปตั้งในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer และคำนวณหาความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการด้านล่าง

$$\text{Scavenging ability (\%)} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

เมื่อ  $A_{\text{control}}$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH  
 $A_{\text{sample}}$  = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างที่ผสม

กับสารละลาย DPPH

**6. การศึกษาคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

**6.1 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก** (Lactic acid bacteria count) (Srisuk, 2016) วิเคราะห์โดยวิธี spread plate ทำการชั่งโยเกิร์ต 25 ก. ใส่ลงใน Peptone water ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มล. นำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีปั่น (Stomacher) เป็นเวลา 2 นาที เตรียมความเจือจางให้เหมาะสมในการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียแลคติกนำตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Man Rogosa Sharp (MRS Agar) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 24-48 ชม. จำนวนจำนวนแบคทีเรียแลคติก แล้วรายงานผล เป็น Colony Forming Unit (log CFU/ml)

**6.2 ปริมาณยีสต์และรา** (Yeast and mold count) โดยทำการชั่งโยเกิร์ต 25 กรัมใส่ลงใน Peptone water ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มล. นำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีปั่น เป็นเวลา 2 นาที เตรียมความเจือจางให้เหมาะสมในการตรวจหา จุลินทรีย์ทั้งหมด นำสารละลายที่ระดับความเจือจางที่ เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ แล้ว นำอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA Agar) ที่เตรียมไว้และทิ้งไว้ในอุณหภูมิ 45-50 °ซ นำมาใช้ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค pour plate บ่มที่อุณหภูมิ 28 °ซ นาน 3-5 วัน และคำนวณจำนวนยีสต์และรา รายงานผล เป็น Colony Forming Unit (log CFU/ml) (Harrigan, 1998)

**7. การประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทั้ง 5 สูตร มาวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ คือ ทดสอบความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธีการ 9-point hedonic scale test (Chaikulsareewath *et al.*, 2015) ซึ่งมีระดับคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่/เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด)

#### 8. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำของสูตรควบคุม และสูตรที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5 \pm 1$  °ซ เป็นเวลา 21 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโยเกิร์ตทางกายภาพทางเคมี และศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตทางด้านจุลชีววิทยา โดยตรวจสอบหาปริมาณจุลินทรีย์แลคติกและปริมาณยีสต์และรา

#### 9. การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดสอบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean  $\pm$  SD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากแต่ละการศึกษาด้วย one-way ANOVA และ Duncan Multiple Range Test สำหรับการทดสอบคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาจะทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างด้วย Independent Sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลอง 3 ซ้ำ

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

จากการผลิตโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำด้วยการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (black glutinous hang rice milk, BGHRM) กับนมวัว (cow milk, CM) ที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 (สูตรควบคุม) 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 72.39-91.20 ค่าสีเขียว-ค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง (-2.17)-6.41 ค่าสีน้ำเงิน-ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.21-9.76 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (Table 1) และในโยเกิร์ตสูตรที่มีการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่มากขึ้น จะทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลือง มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีเขียวและสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนระหว่าง BGHRM:CM ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (Table 1) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 มีความหนืดมากที่สุดในการวิเคราะห์ทางสถิติที่อัตราส่วน 30:70 ไม่แตกต่างกับอัตราส่วน 40:60 และ 20:80 เช่นเดียวกับที่อัตราส่วน 10:90 ไม่แตกต่างกับอัตราส่วน 20:80 และ 0:100 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในกระบวนการผลิตจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความหนืดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วย

ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตของโยเกิร์ตแต่ละสูตรพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำนมข้าวฮางในการผลิตโยเกิร์ต ส่งผลให้ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 มีค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตน้อยที่สุดในขณะที่โยเกิร์ตสูตรควบคุม มีค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตมากที่สุด (Table 1) ซึ่งจะสังเกตเห็นที่ผิวหน้าโยเกิร์ตนั้นจะมีน้ำใสๆ แยกตัวออกมาจากเคิร์ดของโยเกิร์ตอย่างชัดเจน โดยในการผลิตโยเกิร์ตต้องการให้มีการเกิดค่าการแยกตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ในปริมาณน้อยที่สุด

## 2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างในการหมักโยเกิร์ตแต่ละสูตร พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ไม่มีผลต่อกรดลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างการหมัก คือโยเกิร์ตทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.24-4.27 เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาค่าปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ซึ่งคิดเทียบกับกรดแลคติก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตแต่ละสูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.94-0.97 % ดังแสดงใน Table 2

จากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของนมวัวที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยโยเกิร์ตที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ (BGHRM:CM = 0:100) จะตรวจไม่พบทั้งสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานิน สำหรับ

โยเกิร์ตที่มีส่วนผสมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนต่างๆ จะพบว่าในสูตรที่มีการเติมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะส่งผลให้โยเกิร์ตมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรอื่นๆ ดังแสดงใน Fig. 1 (A) และ (B) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ไม่มีส่วนผสมน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำจะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตทุกสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนต่างๆ โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 40:60 จะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ดังแสดงใน Fig. 1 (C)

## 3. ผลการศึกษาปริมาณแบคทีเรียแลคติกของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เพื่อป้อนถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นหัวใจในการหมักโยเกิร์ต ถ้าแบคทีเรียแลคติกหลงเหลือหลังจากผ่านกระบวนการหมักในปริมาณมากก็จะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากตามไปด้วย และผลการทดลองพบว่าในโยเกิร์ตที่มีการแปรอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน ยังคงมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกในปริมาณสูง ซึ่งมีค่าระหว่าง 8.34-8.75 log CFU/g (Table 2) และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม (8.43 log CFU/g)

**Table 1** Physical properties of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	L*	a*	b*	Viscosity (cP)	Syneresis (%)
0:100	91.20±0.01 <sup>a</sup>	-2.17±0.01 <sup>e</sup>	9.76±0.01 <sup>a</sup>	2922.66±238.15 <sup>c</sup>	33.12±0.45 <sup>a</sup>
10:90	85.25±0.01 <sup>b</sup>	1.59±0.01 <sup>d</sup>	7.46±0.01 <sup>b</sup>	3405.33±101.19 <sup>bc</sup>	32.03±0.25 <sup>b</sup>
20:80	80.32±0.02 <sup>c</sup>	3.63±0.01 <sup>c</sup>	6.62±0.01 <sup>c</sup>	3583.00±60.62 <sup>b</sup>	30.29±0.88 <sup>c</sup>
30:70	75.55±0.01 <sup>d</sup>	5.15±0.14 <sup>b</sup>	6.28±0.01 <sup>d</sup>	3822.66±267.85 <sup>ab</sup>	28.90±0.71 <sup>d</sup>
40:60	72.39±0.01 <sup>e</sup>	6.41±0.01 <sup>a</sup>	6.21±0.01 <sup>e</sup>	4245.33±471.21 <sup>a</sup>	27.85±0.10 <sup>e</sup>

Note: Value are mean±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p≤0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

**Table 2** Chemical properties and Lactic acid bacteria count of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	pH <sup>ns</sup>	Titratable acidity <sup>ns</sup> (%)	Lactic acid bacteria <sup>ns</sup> (log CFU/g)
0:100	4.27±0.01	0.97±0.03	8.43±0.08
10:90	4.26±0.03	0.96±0.05	8.34±0.05
20:80	4.25±0.02	0.96±0.05	8.45±0.09
30:70	4.25±0.03	0.94±0.05	8.75±0.16
40:60	4.24±0.02	0.94±0.05	8.55±0.08

Note: Value are mean±SD (n=3). ns = non-significant differences (p>0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

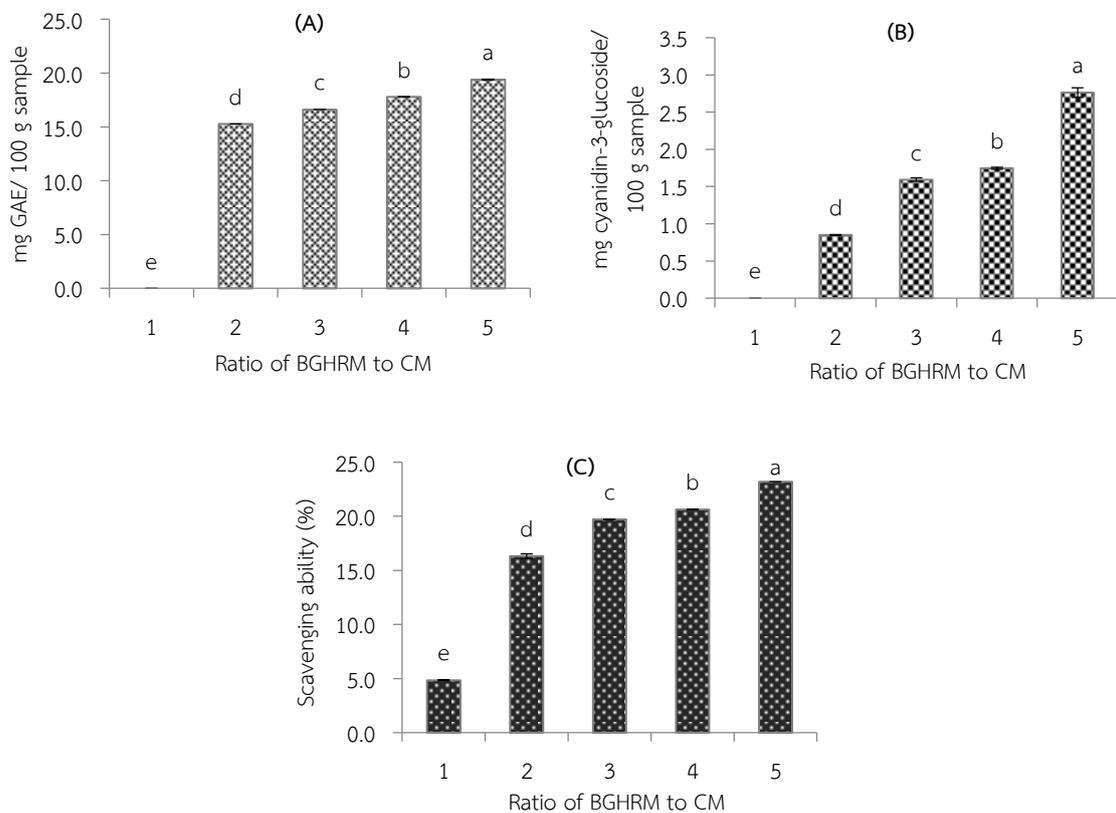
**4. ผลการศึกษาลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตจากการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนต่างๆ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้ (Table 3) ค่าความแข็ง (Hardness) เป็นค่าแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป จากผลการทดลองพบว่า การแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM มีผลต่อค่าความแข็งของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 0:100 มีความแข็งมากที่สุด เท่ากับ 9.33 N (p≤0.05) เมื่อเทียบ

กับโยเกิร์ตสูตรอื่น รองลงมาคือโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) หรือเป็นค่าที่บ่งบอกความแข็งแรงของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากกระทำก่อนที่ตัวอย่างจะขาดหรือแยกออกจากกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 30:70 และ 40:60 มีค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันมากที่สุด (p≤0.05) เท่ากับ 0.46 และ 0.49 ตามลำดับ รองลงมาคือโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM เท่ากับ 20:80 และ 10:90

โดยโยเกิร์ตสูตรควบคุมมีค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันน้อยที่สุด ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) เป็นระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่าง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่สูตรควบคุมมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 20:80 และ 30:70 ( $p>0.05$ ) ค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) เป็นพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งในอัตรา

การเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ ผลการทดลองพบว่าในโยเกิร์ตที่มีการแปรอัตราส่วนของของ BGHRM:CM ที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีผลต่อค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 มีค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรควบคุม รองลงมาคือโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่อัตราส่วน 20:80 30:70 และ 40:60 ตามลำดับ



**Fig. 1** Total phenolic content (A), total anthocyanin content (B) and scavenging ability (C) of yogurt with different ratio of black glutinous hang rice milk (BGHRM) to cow milk (CM) as 0:100 (1), 10:90 (2), 20:80 (3), 30:70 (4) and 40:60 (5).

**Table 3** Texture profile analysis (TPA) of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (N)
0:100	9.33±0.62 <sup>a</sup>	0.32±0.02 <sup>c</sup>	21.74±2.57 <sup>a</sup>	3.10±0.10 <sup>a</sup>
10:90	8.05±0.40 <sup>b</sup>	0.38±0.01 <sup>b</sup>	20.66±0.57 <sup>ab</sup>	3.03±0.26 <sup>a</sup>
20:80	5.09±0.12 <sup>c</sup>	0.40±0.01 <sup>b</sup>	20.60±0.31 <sup>ab</sup>	2.02±0.05 <sup>b</sup>
30:70	3.56±0.17 <sup>d</sup>	0.46±0.01 <sup>a</sup>	20.19±0.42 <sup>ab</sup>	1.69±0.03 <sup>c</sup>
40:60	3.45±0.61 <sup>d</sup>	0.49±0.03 <sup>a</sup>	19.01±0.84 <sup>c</sup>	1.68±0.19 <sup>c</sup>

Note: Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p≤0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

**5. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ**

จากการนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการแปรอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำกับนมวัวที่อัตราส่วนที่ต่างกัน มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แสดงผลในรูปของคะแนนความชอบเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Table 4) จากตารางพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 0:100 และ 10:90 มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.27 และ 8.20

ตามลำดับ ซึ่งคะแนนดังกล่าวอยู่ในระดับความชอบมาก รวมถึงคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ ก็ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่นเช่นกัน ในส่วนของโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ยังได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (BGHRM:CM = 0:100) (p>0.05) ในขณะที่โยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 40:60 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยที่สุดในทุกๆ ด้าน

**Table 4** Sensory evaluations of yogurt with various contents (10-40%) of black glutinous hang rice milk.

BGHRM:CM	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall liking score
0:100	8.16±0.91 <sup>a</sup>	8.10±0.76 <sup>a</sup>	8.20±0.81 <sup>a</sup>	8.46±0.68 <sup>a</sup>	8.27±0.78 <sup>a</sup>
10:90	8.00±0.78 <sup>a</sup>	7.73±1.11 <sup>a</sup>	8.07±0.98 <sup>a</sup>	7.93±1.23 <sup>b</sup>	8.20±0.92 <sup>a</sup>
20:80	6.90±1.37 <sup>b</sup>	7.20±1.00 <sup>b</sup>	7.10±1.09 <sup>b</sup>	6.77±1.30 <sup>c</sup>	7.23±1.04 <sup>b</sup>
30:70	6.73±1.28 <sup>b</sup>	7.17±1.29 <sup>b</sup>	6.33±1.40 <sup>c</sup>	6.33±1.56 <sup>cd</sup>	6.90±1.24 <sup>b</sup>
40:60	6.63±1.56 <sup>b</sup>	6.70±1.37 <sup>c</sup>	6.20±1.63 <sup>c</sup>	6.03±1.47 <sup>d</sup>	6.40±1.35 <sup>c</sup>

Note: Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p≤0.05); BGHRM = black glutinous hang rice milk; CM = cow milk.

**6. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำในระหว่างการเก็บรักษา**

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเคมี จุลชีววิทยา และการประเมินทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทุกสูตร ได้ทำการคัดเลือกโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสม คือโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 จากนั้นนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม (BGHRM:CM ที่ 0:100) โดยนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 °ซ เป็นเวลา 21 วัน ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้ (Table 5)

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าสีความสว่างและค่าสีเหลืองมีค่าต่ำกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม ในขณะที่ค่าสีแดงมีค่ามากกว่า

โยเกิร์ตสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่าความหนืดพบว่าโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสมมีค่ามากกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม และค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรควบคุมจะมีค่ามากกว่าโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสม

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 4.16 และ 1.04% ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสมจะมีค่ามากกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

**Table 5** Physical, chemical, and microbiological properties of yogurt under 21 days of refrigerated storage.

Properties		Control (0:100)	BGHRM:CM (10:90)
Physical	L*	90.36±0.01 <sup>a</sup>	85.25±0.01 <sup>b</sup>
	a*	-2.20±0.01 <sup>b</sup>	0.96±0.01 <sup>a</sup>
	b*	10.37±0.02 <sup>a</sup>	8.45±0.01 <sup>b</sup>
	Viscosity (cP)	4361.00±15.55 <sup>b</sup>	4896.00±55.15 <sup>a</sup>
	Syneresis (%)	37.06±0.49 <sup>a</sup>	31.55±0.56 <sup>b</sup>
Chemical	pH <sup>ns</sup>	4.16±0.01	4.16±0.01
	Titratable acidity <sup>ns</sup> (%)	1.04±0.06	1.04±0.06
	Scavenging ability (%)	2.21±0.05 <sup>b</sup>	4.84±0.04 <sup>a</sup>
Microbiology	Lactic acid bacteria (log CFU/g)	7.40±0.97 <sup>b</sup>	8.08±0.19 <sup>a</sup>
	Yeast & Mold (log CFU/g)	ND	ND

Note: Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same row indicate the significant differences ( $p \leq 0.05$ ); ns = non-significant differences ( $p > 0.05$ ); ND = not detect.

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตด้วยการแปรรูปอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าตลอดการเก็บรักษาปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ  $8.08 \log \text{CFU/g}$  ซึ่งเป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่มากพอที่จะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค และยังพบว่ามีค่ามากกว่าโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำทั้งสองสูตรยังตรวจไม่พบยีสต์และราตลอดช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา

#### วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ในโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในปริมาณสูงชัน จะทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ขณะที่ค่าสีเขียวและสีแดง ( $a^*$ ) มีค่าเพิ่มขึ้น มีความเป็นสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Charoenphun (2019) ได้ทำการศึกษากาการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากน้ำนมข้าวเหนียวดำ พบว่าการผสมข้าวเหนียวดำลงในไอศกรีมจะทำให้ค่าสีมีแนวโน้มไปโทนสีแดงถึงม่วง เพราะในข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบของมีรงควัตถุ 3 ชนิด คือ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอล และโปรแอนโทไซยานิน (Mapan *et al.*, 2014) ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง สีนํ้าเงิน หรือสีม่วง โดยเฉพาะในส่วนของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีม่วงจะมีปริมาณของแอนโทไซยานินในปริมาณมาก ประกอบด้วยแอนโทไซยานินเดี่ยว 4 ชนิด คือ cyanidin dihexoside, cyanidin 3-glucoside, cyanidin hexoside และ peonidin (Jansom *et al.*, 2016) ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำมากขึ้น เพราะในข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบ

ที่เป็นแป้งที่มีอะไมโลสอยู่ด้วย ซึ่งปริมาณอะไมโลสที่มากขึ้น จะมีผลต่อการเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) จึงส่งผลให้โยเกิร์ตมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นไปด้วยส่วนค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ตของโยเกิร์ตที่มีน้ำนมข้าวฮางเป็นส่วนผสมจะมีค่าต่ำกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม อาจเนื่องมาจากสารพรีไบโอติกที่มีในข้าวฮางข้าวเหนียวดำจะช่วยลดการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (Amatayakul *et al.*, 2006)

คุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน และปริมาณกรดแลคติกมีค่าอยู่ในช่วง 0.94-0.97 % ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนมเปรี้ยว มอก. 2146-2546 ที่ระบุให้ความเป็นกรดไม่น้อยกว่า 0.6 % (คำนวณเป็นกรดแลคติก) แสดงว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากหัวเชื้อที่ใช้หมักสามารถผลิตกรดแลคติกได้จากสารตั้งต้นคือ น้ำตาล โดยเมื่อเชื้อผลิตกรดออกมาแล้วจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง จนทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ Isoelectric point (pI) ของโปรตีนส่งผลให้โปรตีนในนมตกตะกอนลงมาเป็นเคิร์ด จนได้เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Chaikulsaareewath and Amsem, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaikulsaareewath *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษากาการผลิตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.06-4.42 สำหรับโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮาง ข้าวเหนียวดำในปริมาณสูงชันจะส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมากขึ้นไปด้วย ขณะเดียวกันก็ส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตมากขึ้นเช่นกัน เพราะในข้าวฮางข้าวเหนียวดำประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (83.98 mg/100 g sample) และสารแอนโทไซยานิน (112.63 mg/100 g sample) ในปริมาณสูง โดยในบริเวณเยื่อหุ้ม

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

วารสารเกษตรพระวรุณ 241

ผิวชั้นนอกและชั้นในของเมล็ดจะมีสารสำคัญที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งเป็นสารประกอบไกลโคไซด์หรือเอซิลไกลโคไซด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (Ratthanatham *et al.*, 2013) อีกทั้งข้าวฮางเป็นข้าวที่ผ่านการเพาะงอกยังพบสารในกลุ่มของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ สารฟีนอลทั้งหมด (phenol content) แกมมา-โอไรซานอล (gamma-oryzanol) และวิตามินอี (Chienseng *et al.*, 2018)

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ด้วยเหตุที่ข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีแป้งเป็นองค์ประกอบจึงก่อให้เกิดเจล หรือเกิดการบวมการเจลาตินในเซชัน (gelatinization) ได้เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในกระบวนการผลิต จึงทำให้ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันในโยเกิร์ตเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวเป็นยางหรือการมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำต่อนมวัว เป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนอาจจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำ จึงทำให้โปรตีนที่จะเสียสภาพและการเกิดร่างแหเจลที่อุ้มน้ำเอาไว้ในโครงสร้างลดลงไปด้วย ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตทำให้เกิดเป็นเคิร์ดได้ไม่ดีเท่าที่ควร

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ จากการที่เพิ่มน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อการเกิด เคิร์ดของโยเกิร์ต และมีความหนืดมากขึ้นด้วย จึงทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับต่ำในทุกๆ ด้านสำหรับโยเกิร์ตที่มีน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม แต่โยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดในทุกๆ ด้าน และมีค่าคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรควบคุม ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส

คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ ในโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนต่างๆ มีปริมาณของแบคทีเรียแลคติกในปริมาณสูง มีค่าอยู่ในช่วง 8.34-8.75 log CFU/g ซึ่งไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Uzuner *et al.* (2016) ได้ศึกษาการใช้ข้าวฮางในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติกพบว่า การผสมนมข้าวร้อยละ 25 ช่วยให้เชื้อ *S. thermophiles* มีการรอดชีวิตเท่ากับ 8.06 log CFU/g ระหว่างทำการเก็บรักษา 21 วัน และในข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Srisuvor, 2016) จึงทำให้มีแหล่งสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกทั้งในระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ดังนั้นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ ถือได้ว่าเป็นโยเกิร์ตที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนมเปรี้ยว มอก. 2146-2546 ที่ระบุว่ายูเกิร์ตที่มีคุณภาพต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกได้ไม่น้อยกว่า  $10^7$  CFU/g ซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอที่จะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการบำบัดรักษาโรค (Therapeutic) การบริโภคจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมากกว่าหรือเท่ากับ  $10^6$  CFU/g ของโยเกิร์ตต่อวัน จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย (Chaikul sareewath *et al.*, 2015) อีกทั้งในผลิตภัณฑ์ยังมีข้าวฮางข้าวเหนียวดำเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ซึ่งข้าวฮางข้าวเหนียวดำมีคุณค่าทางโภชนาการหลายอย่าง และหากรับประทานเป็นประจำจะเสริมภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย และทำให้ร่างกายต้านทานโรคได้หลายชนิด การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับโยเกิร์ตโยเกิร์ตที่ผลิตด้วยการแปรอัตราส่วนของ BGHRM:CM ที่ 10:90 มีน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำเป็นส่วนผสมอยู่จะช่วยส่งเสริมคุณสมบัติที่ดีหลายๆ ด้านให้กับโยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม เช่น

ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และค่าการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก เป็นต้น ขณะเดียวกันคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติก ยังคงเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดไว้

#### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาโยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ โดยการทดแทนนมวัวด้วยน้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต เมื่อนำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต โดยค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง, ค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต, ค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาวมีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง ความหนืด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลคติก และปริมาณแบคทีเรียแลคติก ไม่แตกต่างกัน

จากโยเกิร์ตสูตรควบคุม ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้น้ำนมข้าวฮางข้าวเหนียวดำร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทดแทนนมวัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดอยู่ในระดับชอบมาก (8.20) และมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และมีการรอดชีวิตของจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติกในปริมาณสูง (8.08 log CFU/g) และไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำที่ผลิตได้นั้น นอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการ มีสารต้านอนุมูลอิสระ และยังมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งมีความปลอดภัยและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอีกด้วย

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

#### References

- Amatayakul, T., Halmosb, A.L., Sherkatb, F. and Shah, N.P. 2006. Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratio. *Int Dairy J.* 16: 40-51.
- Aninbon, C., Banterng, P., Sanitchon J. and Songsri, P. 2011. A study of anthocyanin content in black glutinous rice using HPLC and spectrophotometric methods. *Khon Kaen Agr J.* 39 (Suppl.): 353-357. (in Thai)
- AOAC. 2000. Official method of analysis of AOAC international. Volume 2, 12<sup>nd</sup> edition. The association of Official analytical chemists, Virginia.

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 28(1): 25-30.
- Butsat, S. and Siriamornpun, S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chem.* 119: 606–613.
- Chaikulsareewath, A. and Amsem, P. 2007. Production of *Wolffia globosa* Hartog & Plas Yoghurt. *Journal of Food Technology, Siam University.* 3(1): 30-36. (in Thai)
- Chaikulsareewath, A. and Korsaked, O. (2009). Production of Brown Rice Drinking Yoghurt. *Journal of Food Technology, Siam University.* 4(1): 34-41. (in Thai)
- Chaikulsareewath, A., Chauykaew, W. and Sakulsong, N. (2015). Flavor Quality Improvement of Hom Nin Brown Rice Yoghurt. *Agricultural Sci J.* 46(3) (Suppl.): 709-712. (in Thai)
- Charoenphun, N. 2019. Production of Low Fat Ice Cream from Black Glutinous Rice Milk. *Journal of Food Technology, Siam University.* 4(1): 1-11. (in Thai)
- Cheng, J., Xie, S., Yin, Y., Feng, X., Wang, S., Guoc M. and Ni, C. 2017. Physiochemical, texture properties, and the microstructure of set yogurt using whey protein–sodium tripolyphosphate aggregates as thickening agents. *J Sci Food Agr.* 97: 2819–2825.
- Chienseng, C., Phattayakorn, K. and Prommakool, A. 2018. Effect of Germination Time on Total Phenol Content, Antioxidant Activity and GABA Content of Germinated Hang Rice. *Khon Kaen Agr J.* 46 (Suppl. 1): 19-24. (in Thai)
- Chuched, P., Kim, S. R. and Uthaiattanachep, A. 2007. Comparative of Active Compound in 6 Black Glutinous Rice Species. *Sci. & Tech. RMUTT J.* 7(2); 271–279. (in Thai)
- Harrigan, W.F. (1998). *Laboratory Methods in Food Microbiology.* 3rd ed. London: Academic Press. 532 p.
- Jansom, C., Skulkhu, E., Jansom, V., Lerdvuthisopon N. and Bhamarapavati, K. (2016). Study on appropriate methods for extraction of antioxidant compounds from black glutinous rice. *Thammasat Med J.* 16(4): 625-633.
- Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzukic, T., Shimizu, N. and Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *J Food Eng.* 78: 556–560.
- Mapan, P., Thipkan, S., Prom-u-thai, C.T., Kaladee, D. and Jamjod, S. 2014. Early generation selection for high anthocyanin and photoperiod insensitivity in F<sub>2</sub> population between Kumdoisaket and Pathumthani 1. *Naresuan Phayao J.* 7(2): 160-171.
- Oumaree, K., Promsinphup, A. and Phetsri, K. 2014. The change of bioactive compounds in puffed rice from parboiled purple glutinous rice. *Phranakhon Rajabhat Research Journal.* 9(1): 56-65. (in Thai)
- Ratthanatham, P., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. 2013. Phenolic Compound, Anthocyanin and Antioxidant Activity of Germinated Colored Rice. *Agricultural Sci J.* 44(2)(Suppl.): 441-444. (in Thai)

- Srisuk, S. 2016. Job's Tears Drinking Yoghurt Development. YRU Journal of Science and Technology. 1(2): 53-64. (in Thai)
- Srisuvor, N. 2016. Use of Cooked Rice (*Oryza sativa* L.) of Indigenous Cultivars as Food Matrices for Probiotics. KMUTT Research & Development J. 39(1): 51-61. (in Thai)
- Tanganurat, P., Yodkum, S., Soiyodthong, N. and Mangkit, P. 2014. Development of Drinking Yoghurt-like Product from Germinated Hom Nil Rice. Agricultural Sci J. 45(2)(Suppl.): 565-568. (in Thai)
- Thai Industrial Standard: Fermented Milk TISI 2146-2546. 2004. Thai Industrial Standards Institute (TISI), Ministry of Industry. Page 1-5. (in Thai)
- Unhasirikul, M., Unhasirikul, K., Thongphueak, D., Bannoen, C., Yingprayun T. and Chantarangsi, N. 2018. Yoghurt Production using Local Germinated Brown Rice Cultivars from Chanthaburi Province. Agricultural Sci J. 49(3)(Suppl.): 118-124. (in Thai)
- Uzuner, A.E., Kinik O., Korel F., Yildiz, G. and Yerlikaya, O. 2016. Usage of rice milk in probiotic yoghurt production. Carpathian J. Food Sci. Technol. 8(4): 5-25.
- Vansavang, V., Utto, W., Onsaard, E., Boonyaputipong, W., and Maweang, M. 2016. Effects of rough rice storage in different packages, storage temperature and periods on qualities of parboiled germinated rice. King Mongkut's Agricultural J. 34 (3): 73-85. (in Thai)
- Wrolstad, R., Durst, R. and Lee, J. 2005. Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products. Trends Food Sci. Tech. 16(9): 423-428.

## การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งใบบัวบกโดยรังสีอินฟราเรดต้นแบบ

พัชรภรณ์ อินริราย\* สุรินทรพร ชังไชย, สุพรรณิ คำอินทร์ และ ทิวา สุขโขติ

หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร  
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและการสร้างเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบสำหรับอบแห้งใบบัวบก โดยศึกษาการทำงานของเครื่องและลักษณะการลดลงของความชื้นของใบบัวบก ศึกษาคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ใน กระบวนการอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด เครื่องอบแห้งที่ออกแบบมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 41 x 51 x 41 เซนติเมตร ที่ติดตั้งหลอดอินฟราเรดขนาด 500 วัตต์ บริเวณด้านบน และติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศ ภายในเครื่องอยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการอบแห้งใบบัวบก เพื่อให้ความชื้นของใบ บัวบกแห้งมีค่าน้อยกว่า 10% มาตรฐานแห้ง สำหรับการศึกษาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งพบว่า เวลาเหมาะสมที่ใช้ใน การอบแห้งเท่ากับ 3.5 ชั่วโมง ได้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับ  $6.92 \pm 0.24\%$  มาตรฐานแห้ง ซึ่งทำให้ความชื้นของ ผลิตภัณฑ์อบแห้งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบัวบกแห้งชนิดมี และจากการศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของ เครื่องอบแห้งอินฟราเรดต้นแบบที่ระยะเวลาอบแห้งเท่ากับ 3.5 ชั่วโมง พบว่า เครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบมีค่า ประสิทธิภาพของการอบแห้งเท่ากับ  $22.47 \pm 0.73\%$  ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ  $16.36 \pm 0.53$  เมกะจูลต่อ กิโลกรัม และค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์อบแห้ง (Yield) เท่ากับ  $13.63 \pm 0.60\%$  นอกจากนี้จากการศึกษาคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์อบแห้งพบว่า ค่า  $a_w$  ของใบบัวบกอบแห้งมีค่าเท่ากับ  $0.33 \pm 0.02$  ซึ่งน้อยกว่า 0.65 ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน สำหรับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งมีค่าความแตกต่างของสีโดยรวมจากใบบัวบกสด ( $\Delta E$ ) น้อยกว่า ใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาด ทั้งนี้พบว่า ใบบัวบกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบนี้มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) มากกว่าใบบัวบกสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งเครื่อง อบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบที่ทำการออกแบบสามารถประยุกต์ใช้ในการอบแห้งใบบัวบกได้

คำสำคัญ: การอบแห้ง ใบบัวบก รังสีอินฟราเรด

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: p.inirirai@gmail.com

---

## Design and Construction the *Centella asiatica* (L.) Urban Leaves Dryer by an Infrared Type

---

Pacharaporn Inirai\* Surintraporn Changchai, Supanee Kamin and Thiwa Sukchot

*Agricultural and Food Engineering, Faculty of Food and Agricultural Technology,  
Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000, Thailand*

### Abstract

The objective of this research was to design and construct a prototype infrared dryer for *Centella asiatica* (L.) Urban leaves. The study of machine operation, decreasing of moisture content and color qualities of dried leaves by infrared dryer, were studied. The designed dryer had dimension which its width x length x height, was 41 x 51 x 41 cm. The 500 W infrared heater source was installed at the top of dryer and the temperature controller was installed to control the inside air temperature was range of 40–50°C which was suitable for drying the Asiatic leaf that the moisture content of the dried product is less than 10% dry basis. From the study of moisture content, the optimum drying time was 3.5 hours that moisture content of the dried product was 6.92±0.24% that was according to the community product standard. From the study of the drying efficiency of the machine at test time was 3.5 hours, found that, the efficiency of the machine was 22.47±0.73%, the specific energy consumption was 16.36±0.53 MJ/kg and the percentage of dried product was 13.63±0.60%. In addition, the quality of dried product was studied. aw value of the dried product was 0.33±0.02, which was less than 0.65 that was according to the community product standard. For the color quality of the dried product, the overall color difference from the fresh leaves ( $\Delta E$ ) was less than other dried product. It was found that the dried product from the infrared dryer was a brightness ( $L^*$ ), the green color ( $a^*$ ) and the yellow color ( $b^*$ ) were significantly higher than the fresh leaves ( $P \leq 0.05$ ). So, this prototype infrared dryer can apply for the drying of the *C. asiatica* leaves.

**Keywords:** Drying/ *Centella asiatica* (L.) Urban leaves/ Infrared ray

---

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

## บทนำ

ใบบัวบก มีสรรพคุณที่ช่วยแก้อาการชาใน ส่วนสำคัญที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ส่วนของใบและรากที่มีกลิ่นหอม และมีรสขมเล็กน้อย จากตำรายาสมุนไพรโบราณได้กล่าวไว้ว่าพืชใบบัวบกสามารถแก้อาการอ่อนเพลีย เมื่อยล้า อาการร้อนใน และโรคความดันโลหิตสูง โดยใบบัวบกประกอบด้วยวิตามินหลายประเภท ได้แก่ วิตามินบี1 วิตามินบี2 และวิตามินบี6 ที่มีอยู่ในปริมาณที่สูง ซึ่งในปัจจุบันได้มีการแปรรูปใบบัวบกเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ แต่เนื่องจากการบริโภคใบบัวบกแบบสดนั้น มีรสขมและเฝื่อน ทำให้ยากสำหรับการรับประทาน รวมทั้งใบบัวบกสดยังมีอายุการเก็บรักษาที่น้อย ซึ่งการแปรรูปใบบัวบกสดให้อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์อื่นที่ช่วยยืดอายุในการเก็บรักษามีด้วยกันอยู่หลายรูปแบบ คือ ใบบัวบกอบแห้ง น้ำชาใบบัวบก ใบบัวบกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ใบบัวบกพร้อมดื่มผ่านการพาสเจอร์ไรส์และใบบัวบกทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยจากงานวิจัยของ Noivoil and Chantanawarangoon (2007) พบว่า การแปรรูปใบบัวบกให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ใบบัวบกอบแห้งนั้นทำให้ใบบัวบกมีค่าปริมาณสารฟีนอลิกและมีการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และวิธี 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปรรูปด้วยวิธีอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pancoke *et al.* (2012) ที่พบว่า ใบบัวบกอบแห้งมีร้อยละของการสกัด (Yield of extraction) ปริมาณสารฟีนอลิก และการต้านอนุมูลอิสระ (ABTS Method) ที่สูงกว่าใบบัวบกสด โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าปัจจัยในเรื่องปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระนั้นส่งผลต่อคุณภาพของใบบัวบกอบแห้ง ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่ช่วยในการเพิ่มมูลค่าใบบัวบก โดยปริมาณสารฟีนอลิกในใบบัวบกอบแห้งนั้นมีผลเนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งใบบัวบกมี

อุณหภูมิอยู่ในช่วง 40-50 °ซ ทั้งนี้ในปัจจุบันมีการอบแห้งใบบัวบกหลายวิธีและแพร่หลายมากได้แก่ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ เป็นต้น โดยใช้วิธีการอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรด เป็นการใช้ประโยชน์จากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดกลืนพลังงาน (Dielectric absorption) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอินฟราเรดที่ตกกระทบวัตถุไดอิเล็กทริก พลังงานความร้อนจะถ่ายเทให้วัตถุโดยตรงด้วยการแผ่รังสีโดยไม่ต้องใช้ตัวกลางถ่ายเทความร้อนจึงมีความร้อนสูญเสียต่ำ และสามารถให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว ทำให้มีระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าวิธีการอบแห้งแบบลมร้อนทั่วไป และจากการศึกษาของ Tirawanichakul *et al.* (2013) พบว่าการอบแห้งใบบัวบกด้วยรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 °ซ ที่กำลังรังสีอินฟราเรด 500 วัตต์ ใช้เวลาในการอบแห้ง 110 นาที ที่ใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งจากการศึกษา Niamnuy *et al.* (2012) พบว่า การอบแห้งใบบัวบกด้วยลมร้อนใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 270 นาที ซึ่งจากผลงานวิจัยที่ผ่านมาจึงมีแนวคิดในการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดต้นแบบให้มีประสิทธิภาพในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ใบบัวบก รวมทั้งศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งใบบัวบกโดยรังสีอินฟราเรดต้นแบบ

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบที่ทำการออกแบบสำหรับในการทดลอง โดยแบบร่างของเครื่องต้นแบบดังแสดงใน Fig.1 ซึ่งตัวเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบทำจากเหล็กชุบเพื่อป้องกันการเกิดสนิม โดยใช้เหล็กชุบที่มีความหนาเท่ากับ 1.2 มม. ขนาดของเครื่องอบแห้งภายนอกมีขนาด

ความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 41 x 51 x 41 ซม. ทำการเลือกใช้แหล่งจ่ายความร้อน คือ หลอดอินฟราเรด กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ โดยมีความเพียงพอต่อการใช้ในการอบแห้งที่สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งอยู่ในช่วง 40-50 °ซ ตลอดการใช้งาน โดยทำการติดตั้งหลอดอินฟราเรดที่ตำแหน่งด้านบนของตัวเครื่อง รวมทั้งมีการติดตั้งพัดลมเพื่อใช้ในการหมุนเวียนและระบายอากาศ ยี่ห้อ 27FANO17 ที่ AC 220 โวลต์ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของพัดลมเท่ากับ 8 x 8 ซม. มีความเร็วลมเฉลี่ย 2.3 ม./วินาที ติดตั้งที่บริเวณตำแหน่งด้านล่างของตัวเครื่องอบแห้งทั้ง 2 ด้าน เพื่อช่วยในการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง และมีการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งไว้บริเวณด้านข้างเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของหลอดอินฟราเรดที่จะสามารถช่วยรักษาอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทั้งนี้เครื่องอบแห้งต้นแบบสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้สูงสุด 150 ก. (น้ำหนักผลิตภัณฑ์สด) เมื่อทำการเกลี่ยผลิตภัณฑ์เต็มทั้ง 2 ภาด พอดี

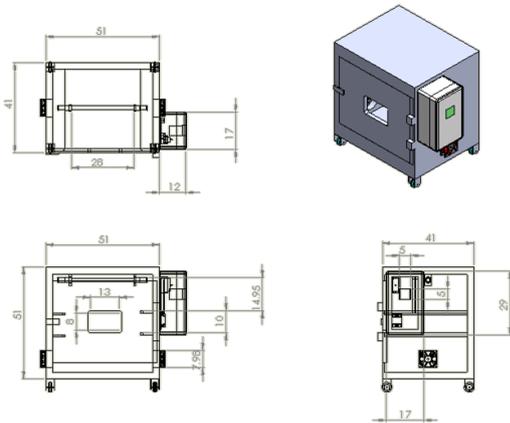


Fig.1 Schematic view of the infrared dryer

ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้ง โดยการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ที่ระยะห่างจากหลอดอินฟราเรด 10 และ 20 ซม. บริเวณจุดกึ่งกลางของเครื่องอบแห้ง และทำการบันทึกอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องขณะที่เครื่องอบแห้งกำลังทำงานแบบไม่มี

ผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Yokagawa, Paperless recorder Model FX1008) โดยอุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมในการอบแห้งใบบัวบกมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 40-50 °ซ

## 2. การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ความชื้นเริ่มต้น

เตรียมผลิตภัณฑ์ที่ใช้การอบแห้งในงานวิจัยคือ ใบบัวบกโดยทำการคัดเลือกใบบัวบกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.6-6.5 ซม. โดยใช้ใบบัวบกในการอบแห้งปริมาณ 150 ก. นำใบบัวบกมาลวกด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 30 วินาที (อ้างอิงวิธีการเตรียมใบบัวบกจาก Trirattanapikul and Phoungchandang (2014) แล้วนำไปเกลี่ยลงบนภาดเพื่อเตรียมอบแห้ง ดังแสดงใน Fig.2



Fig.2 Preparation of blanched *C. asiatica* leaves

นำตัวอย่างใบบัวสด และใบบัวบกที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟมาหาความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน AOAC (2010) โดยนำตัวอย่างใบบัวบก 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมขนาด 3 ออนซ์ ที่ผ่านการอบไล่ความชื้น แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลา 6 ชม. (อ้างอิงตามมาตรฐานการหาความชื้นซาสมนไพโรของ Department of Medical Sciences (2015) โดยนำข้อมูลผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังอบแห้งมาคำนวณหาค่าความชื้นของใบบัวบก โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1

$$MC = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่  $MC$  คือ เปอร์เซนต์ความขึ้นมาตรฐานแห้ง  
 $W_i$  คือ น้ำหนักใบบั่ววกก่อนอบ, กรัม  
 $W_f$  คือ น้ำหนักใบบั่ววกหลังอบ, กรัม

### 3. การศึกษาการอบแห้ง

นำใบบั่ววกที่เตรียมแล้วมาวางเรียงบนตะแกรง แล้วนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งต้นแบบ โดยจะทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ก. เพื่อทดสอบหาค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ตามวิธีทดสอบตาม AOAC ทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์อบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 10% มาตรฐานแห้ง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบั่ววกแห้งขงต้ม โดยทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ใบบั่ววกแบบแห้งมีความชื้นสุดท้ายตามที่ต้องการ

### 4. การศึกษาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้

สำหรับการหาร้อยละของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้ โดยนำใบบั่ววกปริมาณ 150 ก. ไปทำการอบแห้งตามระยะเวลาที่หาได้จากการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์อบแห้งสุดท้ายตามระยะเวลาดังกล่าวจะมีความชื้นไม่เกิน 10% มาตรฐานแห้ง แล้วทำการชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้ โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2

$$Yield = \frac{W_f}{W_i} \times 100 \quad (2)$$

### 5. ประสิทธิภาพทางความร้อนและความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ โดยทำการติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟของเครื่องอบแห้งเพื่อทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด โดยนำใบบั่ววกปริมาณ 150 ก. ไปทำการอบแห้งตามระยะเวลาที่หาได้จากการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์อบแห้งสุดท้ายตามระยะเวลาดังกล่าวจะมีความชื้นไม่เกิน 10% มาตรฐานแห้ง โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งที่มีสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3

$$\eta = \frac{m_w \cdot h_{fg}}{E} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่  $\eta$  คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง  
 $m_w$  คือ ปริมาณน้ำที่ระเหย, กิโลกรัม  
 $h_{fg}$  คือ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม  
 $E$  คือ พลังงานที่ใช้ทั้งหมด, กิโลจูล

นอกจากนั้นทำการคำนวณค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC) โดยสามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4

$$SEC = \frac{E}{m_w} \quad (4)$$

5. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

ในการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งในงานวิจัยนี้ตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าสี และปริมาณน้ำอิสระ โดยวิธีในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

ทำการทดสอบค่าสีของผลิตภัณฑ์ใบบัวบก 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบบัวบกสด ใบบัวบกที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟ ใบบัวบกอบแห้งจากเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ และใบบัวบกอบแห้งจากห้องตลาดจำนวน 2 ตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างใบบัวบก 5 กรัม มาป็นเป็นเวลา 5 วินาที แล้วทำการวัดค่าสี โดยโหมดของเครื่องวัดสีที่ใช้คือ CIE L\*a\*b\* ซึ่งทำการทดสอบสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวัด 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

การหาปริมาณน้ำอิสระ โดยนำตัวอย่างใบบัวบกอบแห้ง 3 ตัวอย่าง จำนวน 5 ก. มาป็น เป็นเวลา 5 วินาที แล้วทำการวัดค่า aw ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

ทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ( $P \leq 0.05$ )

ผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ ได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบกรณีไม่มีผลิตภัณฑ์ โดยการวัดอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งที่บริเวณชั้นวางผลิตภัณฑ์จำนวน 2 ตำแหน่ง ห่างจากหลอดอินฟราเรดระยะ 10 และ 20 ซม. โดยอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องดังแสดงใน Fig.3 พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องที่บริเวณชั้นสำหรับวางผลิตภัณฑ์ทั้งด้านบน (10 ซม.) และด้านล่าง (20 ซม.) มีค่าอยู่ในช่วง 40-50 °ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบบัวบก (Niamnuy *et al.*, 2013) และ Trirattanapikul and Phoungchandang (2014)) โดยเมื่อระยะเวลาในการเปิดการทำงานของเครื่องอบแห้ง

เพิ่มมากขึ้น ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างทั้ง 2 ชั้นที่วางผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ทั้งนี้ระบบการทำงานของเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบที่ทำการออกแบบสามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องในมีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบบัวบกได้

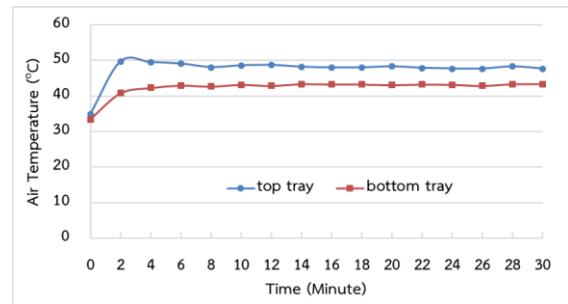


Fig.3 Air temperature changes on top and bottom trays at the first 30 mins of IR dryer (no product)

การศึกษาความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาของการอบแห้ง ทำการศึกษาโดยใช้ใบบัวบกสดที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ  $697.38 \pm 9.20\%$  มาตรฐานแห้ง ปริมาณ 150 ก. ที่ผ่านการลวกด้วยวิธีการไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 30 วินาที โดยใบบัวบกที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟก่อนนำเข้าเครื่องอบแห้งมีค่าความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ  $583.71 \pm 57.22\%$  มาตรฐานแห้ง จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ ที่อุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 46 °ซ ซึ่งค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่เวลาต่างๆ ดังแสดงใน Fig.4 โดยเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าที่ลดลง โดยที่ระยะเวลาในการอบแห้งเป็นเวลาเท่ากับ 3.5 ชม. ทำให้ผลิตภัณฑ์ใบบัวบกอบแห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบมีค่าความชื้นเท่ากับ  $6.92 \pm 0.24\%$  มาตรฐานแห้ง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบัวบกแห้งขงดื่ม ที่กำหนดว่าความชื้น

ของผลิตภัณฑ์ไม่ควรเกิน 10% มาตรฐานแห้ง ซึ่งมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อบแห้งได้ยาวนานมากขึ้น

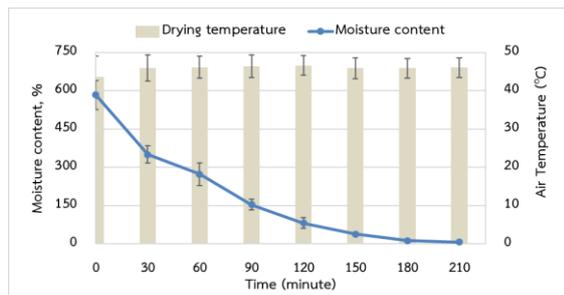


Fig.4 Drying curve of *C. asiatica* leaves IR dryer

จากการศึกษาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งอินฟราเรดต้นแบบ และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เพื่อให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งเป็นไปตามมาตรฐาน โดยทำการทดสอบที่ระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 3.5 ชม. ซึ่งผลการศึกษาแสดงดัง Table 1 พบว่า การอบแห้งใบบัวบกด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบมีค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้เท่ากับ  $13.63 \pm 0.60\%$  และเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบมีค่าประสิทธิภาพของการอบแห้งเท่ากับ  $22.47 \pm 0.73\%$  ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ  $16.36 \pm 0.53$  เมกะจูลต่อกิโลกรัม

จากการศึกษาปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ของใบบัวบกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ และใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาด ดังแสดงใน Table 2 พบว่าค่า  $a_w$  ของใบบัวบกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) กับใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาดทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้พบว่า ค่า  $a_w$  ของใบบัวบกอบแห้งมีค่าต่ำกว่า 0.65 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบัวบกแห้งชนิดมี

จากการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยทำการวัดค่าสีของตัวอย่างต่อไปนี้ คือ ใบบัวบกสด ใบบัวบกที่ผ่านการลวกด้วยวิธีไมโครเวฟ ใบบัวบกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ และใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาดพบว่า สำหรับใบบัวบกที่ผ่านวิธีการลวกด้วยวิธีไมโครเวฟที่กำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 30 วินาที นั้นมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่แตกต่างกันกับใบบัวบกสด แต่มีค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) และสีเหลือง ( $b^*$ ) มากกว่าใบบัวบกสด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และสำหรับการเปรียบเทียบคุณภาพค่าสีของใบบัวบกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบกับใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาดพบว่า ใบบัวบกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบมีค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) มากกว่าใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาด โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยจะเห็นว่าการอบแห้งรังสีอินฟราเรดส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีค่าความแตกต่างของสีโดยรวมจากใบบัวบกสด ( $\Delta E$ ) น้อยกว่าใบบัวบกอบแห้งตามท้องตลาด

**Table 1** Drying time, thermal efficiency, Specific Energy Consumption and %yield of dried *C. asiatica* leaves by IR dryer.

Sample	Drying Time (hr)	$\eta$ (%)	SEC (MJ/kg)	Yield (%)
Fresh leaves	3.5	22.47±0.73	16.36±0.53	13.63±0.60

**Table 2** Water activity (aw) of three dried products from different drying method.

Sample	aw
IR dryer	0.33±0.02 <sup>c</sup>
Sample 1 from market	0.60±0.005 <sup>a</sup>
Sample 2 from market	0.50±0.06 <sup>b</sup>

**Note:** <sup>a-c</sup> difference letter in same column were significant difference (P≤ 0.05)

**Table 3** Color values of fresh *C. asiatica* leaves, blanched *C. asiatica* leaves, dried *C. asiatica* leaves from IR dryer and dried *C. asiatica* leaves from market

Sample	Color values				Apperance
	L*	a*	b*	ΔE	
Fresh leaves	29.24±1.32 <sup>d</sup>	-7.35±0.51 <sup>b</sup>	13.99±0.60 <sup>d</sup>	-	
Blanched leaves	28.72±0.85 <sup>d</sup>	-11.40±0.55 <sup>a</sup>	15.48±1.00 <sup>c</sup>	4.35	
Dried leaves from IR dryer	39.03±0.65 <sup>c</sup>	-10.64±0.16 <sup>a</sup>	17.95±0.93 <sup>b</sup>	11.06	
Dried sample 1 from market	50.99±0.18 <sup>b</sup>	-3.03±0.30 <sup>c</sup>	17.37±0.43 <sup>b</sup>	22.43	
Dried sample 2 from market	57.44±0.25 <sup>a</sup>	-0.63±0.20 <sup>d</sup>	20.01±0.46 <sup>a</sup>	29.60	

**Note:** <sup>a-d</sup> difference letter in same column were significant difference (P≤ 0.05)

### วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบ ที่ทำการอบแห้งใบข้าวบงกสดที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ  $697.38 \pm 9.20\%$  มาตรฐานแห้งโดยค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาของใบข้าวบงกเกิดขึ้นตามกราฟการอบแห้งใน Fig.1 สามารถแบ่งขั้นตอนของกระบวนการอบแห้งตามเวลาได้ดังต่อไปนี้คือที่เวลาการอบแห้ง 0-60 นาที เป็นช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้นของการอบแห้ง ซึ่งบริเวณผิวของวัสดุมีลักษณะเปียกชื้นมากส่งผลให้อัตราการทำแห้งเพิ่มมากขึ้น ที่มีการลดลงของความชื้นของผลิตภัณฑ์ลงอย่างรวดเร็ว และในช่วงการอบแห้งที่เวลา 60-120 นาที เป็นช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง ซึ่งอัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลง และในช่วงการอบแห้งที่เวลา 120-210 นาที เป็นช่วงอัตราการทำแห้งลดลง เป็นช่วงที่ความชื้นในวัสดุเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าวัสดุอย่างต่อเนื่อง ผิวหน้าของวัสดุเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุสูงขึ้นเรื่อยๆ และอัตราการทำแห้งมีค่าคงที่ ซึ่งน้ำในวัสดุไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก โดยหลังจากช่วงเวลาดังกล่าวค่าความชื้นจะมีค่าคงที่ถึงแม้ว่าระยะเวลาการอบแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ระยะเวลาในการอบแห้งเพื่อทำให้ค่าความชื้นของใบข้าวบงกแห้งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบข้าวบงกแห้งชนิดดี โดยต้องใช้เวลาในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งดังกล่าว เท่ากับ 3.5 ชั่วโมง ทั้งนี้ระยะเวลาในการอบแห้งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sharma *et al.* (2005) ที่ศึกษาโมเดลคณิตศาสตร์การอบแห้งหัวหอมด้วยอินฟราเรดกำลัง 500 วัตต์ อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  เวลา 4 ชม. หัวหอมมีความชื้นเริ่มต้น  $715.9-742.3\%$  มาตรฐานแห้ง และความชื้นสุดท้าย  $6\%$  มาตรฐานแห้ง และเมื่อทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องต้นแบบเพื่อศึกษาค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้ พบว่าร้อยละผลิตภัณฑ์อบแห้ง

เท่ากับ  $13.63 \pm 0.60\%$  เนื่องจากใบข้าวบงกสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 88 ของน้ำหนักใบข้าวบงกเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยการอบแห้ง ที่มีหลักการในการลดปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ลง ซึ่งจากค่าความชื้นสุดท้ายของใบข้าวบงกแห้งที่มีค่าเท่ากับ  $6.92 \pm 0.24\%$  มาตรฐานแห้ง ซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าน้อย จึงทำให้ค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์อบแห้งมีค่าต่ำ

ในกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบนั้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีความชื้นเป็นไปตามมาตรฐาน พบว่ามีค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้งที่ได้จากการศึกษาทดลองคล้ายกับการศึกษาของ Thumkunkeaw and Phaphuangwittayakul (2012) ที่ประเมินสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเพื่อใช้กับวัสดุเกษตรของใบหอมซอยมีความชื้นเริ่มต้น  $90\%$  มาตรฐานเปียก และความชื้นสุดท้าย  $4\%$  มาตรฐานเปียก ซึ่งการอบแห้งด้วยฮีทเตอร์อินฟราเรดพบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงงานจำเพาะของใบหอมซอย  $19.76-22.32$  เมกะจูลต่อกิโลกรัม ทั้งนี้การอบแห้งใบข้าวบงกด้วยเครื่องต้นแบบดังกล่าวทำให้ได้ใบข้าวบงกที่มีคุณภาพเป็นไปตามต้องการ สำหรับค่า  $aw$  ของใบข้าวบงกอบแห้งมีค่าต่ำกว่า  $0.65$  ส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้จึงแทบจะไม่เกิดการเน่าเสียของอาหาร สามารถเก็บอาหารนี้ได้ยาวนานมากกว่า 2 ปี สำหรับคุณภาพของใบข้าวบงกอบแห้ง ด้านค่าสีของผลิตภัณฑ์พบว่า การลวกใบข้าวบงกด้วยไมโครเวฟ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) และสีเหลือง ( $b^*$ ) มากกว่าใบข้าวบงกสด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Trirattanapikul and Phoungchandang (2014) พบว่า ใบข้าวบงกที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟ มีค่าสีเขียวมากกว่าใบข้าวบงกสด เนื่องจากการลวกจะเป็นการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของใบข้าวบงกอบแห้ง โดยผลิตภัณฑ์

อบแห้งจะยังคงความเป็นสีเขียวที่มีค่าไม่แตกต่างความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับใบบวบที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟ ซึ่งแสดงว่ากระบวนการลวกด้วยไมโครเวฟช่วยในการคงความเป็นสีเขียวของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ใบบวบอบแห้งมีค่าสีที่ใกล้เคียงกับใบบวบสด

#### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาออกแบบเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบสามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอยู่ในช่วง 40-50 °ซ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบบวบได้มีความชื้นต่ำกว่า 10% มาตรฐานแห้ง โดยใช้เวลา 3.5 ชั่วโมง ในการอบแห้งใบบวบทำให้มีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับ  $6.92 \pm 0.24\%$  มาตรฐานแห้ง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนใบบวบแห้งซึ่งดื่มได้จากสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งใบบวบ พบว่าประสิทธิภาพของการอบแห้งมีค่าเท่ากับ  $22.47 \pm 0.73\%$

มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ  $16.36 \pm 0.53$  เมกะจูลต่อกิโลกรัม และร้อยละของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ  $13.63 \pm 0.60\%$  ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบบวบอบแห้งมีค่า  $a_w$  เท่ากับ  $0.33 \pm 0.02$  ซึ่งน้อยกว่า 0.65 และจากการทดสอบคุณภาพค่าสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งพบว่า มีความแตกต่างของสีโดยรวมจากใบบวบสด ( $\Delta E$ ) น้อยเมื่อเทียบกับใบบวบอบแห้งตามท้องตลาด ทั้งนี้เครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดต้นแบบสามารถใช้ในการอบแห้งใบบวบได้

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย โดยการทำนันทนาการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (RDI-5-61-03)

#### References

- Department of Medical Sciences. 2015. Standard methods for food analysis volume 1. Department of Medical Sciences ministry of Public Health: Bangkok. 231 pp. (in Thai)
- Niamnuy, C., Siwawut, J. and Kadeedang, R. 2012. Kinetics of drying and phenolic compound changes of *Centella asiatica* (Linn.) Urban during hot air drying. Agricultural Sci. J. 43(3) (Suppl.): 208-211. (in Thai)
- Niamnuy, C., Charoenchaitrakool, M., Mayachiew, P. and Devahastin, S. 2013. Bioactive compounds and bioactivities of *Centella asiatica* (L.) Urban prepared by different drying methods and conditions. Drying technology. 31(16): 2007-2015.
- Noivoil, N. and Chantanawarangoon, S. 2007. Processing effect on antioixant capacity of *Centella asiatica* (Linn.) Urban [Online]. [Accessed April 16, 2018]. Available from: URL: <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=TH2008000363>

- Pancoke, J., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N. 2012. Antioxidant capacity and total phenolics of 3 plant extracts. *Agricultural Sci. J.* 43(2) (Suppl.): 381-384. (in Thai)
- Sharma, G.P., Verma, R.C. and Pathare, P. 2005. Mathematical modeling of Infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering.* 71(3): 282-286.
- Thumkunkeaw, T. and Phaphuangwittayakul, W. 2012. Performance evaluation of drying using Infrared radiation for agricultural products. The 13<sup>th</sup> TSAE National Conference. 4-5 April. The Imperial Mae Ping Hotel, Chaing Mai. 611-617. (in Thai)
- Tirawanichakul, S., Chanchiew, S. and Tirawanichakul, Y. 2013. Pennywort drying using infrared radiation: drying kinetics, energy consumption and quality aspect. *KKU Res. J.* 18(2): 311-324. (in Thai)
- Trirattanapikul, W. and Phoungchandang, S. 2014. Microwave blanching and drying characteristics of *Centella asiatica* (L.) Urban leaves using tray and heat pump-assisted dehumidified drying. *Journal of Food Science and Technology.* 51(12): 3623-3634.

## แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดซ์เบดตัวกลาง ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อใช้ทางการเกษตร

รัฐพล สุขสมบูรณ์<sup>\*</sup>, ชัยยันต์ จันทศิริ, วุฒิกร สายแก้ว และ ศิวตล ภัฏญาคำ

สาขาวิศวกรรมจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
ถนนนครสวรรค์ 80 อำเภอเมืองมหาสารคาม มหาสารคาม 44000

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดซ์เบดตัวกลางถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Moving Fluidized bed bioreactor - Granular Activated Carbon, MFBBR- GAC) ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ทางการเกษตร MFBBR- GAC ทำจากอะคริลิกไฮทรวงกระบอกตั้งสูงมีทิศการไหลขึ้นแบบเกลียวเชื่อมต่อกับถังรวบน้ำเสียจากความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของ 2 ตัวแปร คือน้ำหนักแห้ง ( $W_{dry}$ ) ของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (GAC) เท่ากับ 4 กก. ความสูงเริ่มต้นของชั้นกรองอิมตัว ( $h_0$ ) เท่ากับ 0.55 ม. ใช้อัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{re}$ ) ระหว่าง 13 ลิตร/นาทีเข้ากระแทกชุดกอล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of wheel fixed) และน้ำเสียเข้า ( $Q_{in}$ ) เท่ากับ 20 ลิตร/วัน จากการศึกษาพบว่าจำนวน 24 หัวฉีดไม่มีความแตกต่างกันกับจำนวน 8 หัวฉีดโดยมี 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 จำนวนกอล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (number impact nozzle jet water of wheel fixed:  $n_w$ ) เท่ากับ 1 กอล้อ ปัจจัยที่ 2 ระยะห่างปลายท่อแขนง (distant Pipe of lateral :  $d_{pl}$ ) เท่ากับ 0.11 ม. ปัจจัยที่ 3 จำนวนท่อแขนง (number of pipe of lateral:  $n_{pl}$ ) เท่ากับ 8 ท่อ ปัจจัยที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดน้ำ (diameter of nozzle:  $d_n$ ) เท่ากับ 5 มม. ปัจจัยที่ 5 ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (the particle diameter of GAC:  $d_p$ ) เท่ากับ 1.50 มม. เกิดค่าความสูงการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement height of bed:  $h_b$ ) เท่ากับ 0.11 ม. เวลาการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement time of bed:  $t_b$ ) เท่ากับ 11.51 วินาที มุมองศาการหมุนของชั้นกรอง (movement Degrees of bed:  $\theta_b$ ) เท่ากับ 42.11 และความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_b$ ) เท่ากับ 26 รอบ/นาทีและความเหมาะสมจำนวนรอบหมุนเวียน (Recirculation ratio: R) เท่ากับ 976 กำจัดค่าซีโอดี 96.58% ของน้ำเสียชุมชนโดยใช้เวลากักเก็บการหมุนเวียน (hydraulic recirculation time: HReT) เท่ากับ 2 ชั่วโมงระบบ MFBBR- GAC บำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ทางการเกษตรได้

**คำสำคัญ:** แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดซ์เบดตัวกลางถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Moving Fluidized bed bioreactor - Granular Activated Carbon, MFBBR- GAC)

<sup>\*</sup> ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: Rpol9@hotmail.com

---

## Mathematical Modeling of Moving Fluidized Bed Bioreactor - Granular Activated Carbon, MFBBR- GAC Domestic Wastewater Treatment for Agricultural Use

---

Rattapol Suksomboon<sup>\*</sup>, Chaayan Junsiri, Wuthikorn Saikaew and Siwadol kanyakam

*\*Department of management environment engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Nakhonsawan Road 80, Muang Maha Sarakham Muang, 44000, Thailand*

### Abstract

The objective of this study was to developing mathematical models for Moving Fluidized Bed Bioreactor - Granular Activated Carbon purposely managed to utilize the treated wastewater. The result of using MFBBR – GAC, a highly cylindrical acrylic tank with spiral flow connected with waste water tank, found that the optimal correlation of these variables are as follows: a dry weight ( $W_{dry}$ ) of GAC was 4 kg., the initial height of bed ( $h_0$ ) was 0.55 m. The initial height of the saturated filter layer ( $h_0$ ) is 0.55 m with the flow rate of recirculation ( $Q_{re}$ ) between 13 liters / minute was to number impact nozzle jet water of wheel and the inflow rate of waste water ( $Q_{in}$ ) 20 Little /day,.It was found that the number of 24 nozzles was not different with the number of 8 nozzles. The 5 parameters of 8 nozzles that were used to construct the prediction equation are 1) the number impact nozzle jet water of wheel fixed ( $n_w$ ): 3 wheels, 2) the distant pipe of lateral ( $d_{pl}$ ) 0.11 m., 3) the number of pipe of lateral: ( $n_{PL}$ ) 8 pipes, 4) the diameter of nozzle ( $d_n$ ) 5 mm., 5) the particle diameter of GAC( $d_p$ ) 1.50 mm. The indicators of moving bed were the 0.11 m movement height of bed ( $h_B$ ), the 11.51 sec. movement time of bed ( $t_b$ ), the 42.11 degree movement degrees of bed ( $\theta_b$ ), 26 rpm optimum rate of bed's stirrer speed (NB), and 936 optimum rate of recirculation (R). This system can remove BOD removal efficiency higher than 96.58% of domestic wastewater, and the hydraulic recirculation time (HReT) was 2 hrs and MFBBR – GAC purposely managed to utilize the treated wastewater for agricultural use.

**Keywords:** Mathematical Modeling of Moving Fluidized Bed Bioreactor - Granular Activated Carbon (MFBBR-GAC)

---

\*Corresponding author: E-mail: Rpol9@hotmail.com

**บทนำ**

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาการเติบโตของประชากร การขยายตัวของเมืองค่อยๆ เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิด วิกฤตการณ์น้ำซึ่งเป็นปัญหาสำคัญทั่วโลก ประเทศไทยซึ่งเป็น หนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาเริ่มตระหนักถึงมลพิษทาง น้ำจากกิจกรรมในบ้านเรือน บ้านเรือนเป็นแหล่งที่มาของ มลพิษทางน้ำที่มีสารหรือสิ่งปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาบนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ทำให้คุณสมบัติของน้ำ เปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ ประโยชน์ได้ กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ประกอบไปด้วย น้ำ เสียจากการซักล้าง น้ำเสียจากครัวและเสียจากส้วม เกือบ ทุกหลังคาเรือนยังไม่มีระบบบำบัดรองรับน้ำเสียซัก-ล้าง ยิ่งคงระบายลงสู่แหล่งน้ำหรือสิ่งแวดล้อม ทำให้แหล่งน้ำ นั้นกลายเป็นแหล่งน้ำที่มีสภาพเสื่อมโทรมหรือน้ำเน่าเสีย มีสีค้ำและส่งกลิ่นเหม็น (Nemerow, 2006; Suksomboon *et al.*, 2019) เพื่อนำน้ำไปใช้ประโยชน์ ทางการเกษตรต่อไป จึงควรบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ เหมาะสม หากบำบัดน้ำเสียนั้นสามารถกำจัดความน่า รังเกียจ ก็สามารถมีประโยชน์และคุณค่าขึ้นมาได้ (Roongvisai, 2004; Sensai, 2004; Suksomboon and Junsiri, 2018; Suksomboon *et al.*, 2019) หลายภาคส่วนคือชุมชนรัฐบาลและองค์กรเอกชนต่างให้ ความสนใจในประเด็นนี้ มันเป็นความต้องการอย่างมาก ใน การ พ้ ฒ น า เท ค โ น โ ล ยี ก ร บ ำ บั ด น้ำเสียอุตสาหกรรมขนาดเล็กในประเทศและขนาดเล็กที่ เชื่อถือได้ ต้นทุนต่ำและขนาดเล็กเนื่องจากระบบบำบัด น้ำเสียส่วนกลางต้องการระบบที่มีต้นทุนสูงและพื้นที่ ขนาดใหญ่สำหรับการดำเนินงาน นอกจากนี้เขตชานเมือง และอุตสาหกรรมขนาดเล็กยังมีการสร้างน้ำเสียจำนวน น้อยและตั้งอยู่ห่างจากกันทำให้ไม่สามารถรวบรวมน้ำเสีย สำหรับโรงงานบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง น้ำเสียที่เกิดจาก เขตชานเมืองหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ตั้งอยู่นอกสวน อุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีโรงบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กถึง

ขนาดกลางซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงและ ต้องผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง 20 มก./ลิตร

เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิดิซด์เบด (Fluidized Bed Bioreactor, FBBR) คือลักษณะการ เคลื่อนที่การไหลตามกันในแนวตั้งระหว่างของเหลวและ ของแข็งถูกใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียชุมชนมานานกว่า 20 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเดิม เช่น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง(Trickling Filter: TF) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนที่ใช้งาน (Activated Sludge: AS) FBBR มีข้อได้เปรียบกว่าข้อ อื่นๆของระบบบำบัดน้ำเสียที่กล่าวมา (Sutton *et al.*, 1981; Hare *et al.*, 1988; Sutton and Mishra, 1994; Suksomboon *et al.*, 2019) ตัวกลางที่เหมาะสมกับ FBBR ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon, GAC), ทราาย, เเปอร์ไลต์, ซีโอไลต์, หินลาวา (Yu and Luo, 2003; Fernandez *et al.*, 2007; Sowmeyan and Swaminathan, 2008) โดย GAC เป็นที่นิยมเพราะสามารถให้แผ่นฟิล์มจุลชีพเกาะผิว ตัวกลางหนาเพิ่มขึ้นและการสะสมของชีวภาพที่ดี เนื่องจากชั้นกรองมี Specific biofilm surface area ราวๆ 1,600-2,000 ตร.ม./ลบ.ม. (Qasim and Zhu, 2000) และสามารถรับโหลดสารอินทรีย์ปริมาณมากได้ จากรายงานวิจัยพบว่า การเพิ่มอัตราการใช้ของเหลวหมุนเวียน ( $Q_{rec}$ ) โดยการเพิ่มจำนวนรอบหมุนเวียน Recirculation ratio, R สามารถเพิ่มประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย (Xing *et al.*, 2010; Zafarzadeh *et al.*, 2010) และ จากการดำเนินการบำบัดของ MFBBR-GAC สามารถ กำจัดซีโอดีได้ทั้งในทิศทางการไหลซึ่งอยู่ในทิศทางเป็น เกลียวและขึ้นในแนวตั้ง (Suksomboon and Junsiri, 2018; Suksomboon *et al.*, 2019) เนื่องจากภายใน เครื่องปฏิกรณ์ของ FBBR-GAC เป็นถึงอะคริลิคทรง กระจุกสูงที่มีชุดกึ่งล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) จำนวน 24 หัวฉีด ประกอบไปด้วย 5 ปังจัย คือโดย ปังจัยที่ 1 จำนวนกึ่งล้อ หัวฉีดน้ำแบบติดตาย(number impact nozzle jet

วารสารเกษตรพระวรุณ 261

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

water of wheel fixed:  $n_w$ ) ปัจจัยที่2 ระยะห่างปลายท่อแขนง (distant Pipe of lateral : $d_{pl}$ ) ปัจจัยที่3 จำนวนท่อแขนง (number of pipe of lateral:  $n_{pl}$ ) ปัจจัยที่4 เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดน้ำ (diameter of nozzle: $d_n$ ) ปัจจัยที่5 ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (the particle diameter of GAC:  $d_p$ ) นำมาใช้ในการออกแบบของระบบ MFBBR- GAC จากรายงานวิจัยพบว่า การเพิ่มจำนวนรอบหมุนเวียน (Recirculation ratio: R) และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย (Xing *et al.*, 2010; Zafarzadeh *et al.*, 2010) และความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_b$ ) กวนผสมตัวกลาง GAC (Suksomboon and Junsiri, 2018; Suksomboon *et al.*, 2019;) กวนผสมตัวกลางกับน้ำเสียมีการถ่ายเทออกซิเจนได้สม่ำเสมอ (Zafarzadeh, 2010) แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบสมการที่ใช้ ออกแบบชุดกอล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) ของจำนวนหัวฉีดสร้างการเคลื่อนที่ทิศทางการไหลซึ่งอยู่ในทิศทางเป็นเกลียวและขึ้นในแนวตั้งของระบบเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดไรซ์เบดตัวกลางถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Moving Fluidized bed bioreactor - Granular Activated Carbon, MFBBR- GAC) MFBBR- GAC ประกอบด้วย 5 ปัจจัยดังกล่าว

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวความคิดพัฒนาสมการการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR- GAC สำหรับออกแบบหัวฉีดน้ำ (Number of Nuzzle Jet Water :N) ของระบบ MFBBR- GAC โดยใช้ 5 ปัจจัยประกอบในสมการการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR- GAC (Suksomboon and Junsiri, 2018; Suksomboon *et al.*, 2019) เพื่อประกอบค่าชี้ผลการเคลื่อนที่คือความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_b$ ) และจำนวนรอบหมุนเวียน (Recirculation ratio: R) ที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียบ้านเรือนเพื่อนำน้ำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

### วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดไรซ์เบดตัวกลางถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Moving Fluidized bed bioreactor - Granular Activated Carbon, MFBBR- GAC) ประกอบด้วยถังอะคริลิกทรงกระบอกขนาด 12.2 ลิตร ซึ่งบรรจุ GAC (FILTRASORB 100) จาก Calgon carbon (PA, USA) ด้วยไอโอดีนหมายเลข 850 mg/g ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (the particle diameter of GAC:  $d_p$ ) เท่ากับ 1.50 มม. Specific biofilm surface area ราวๆ 1,800 ตร.ม./ลบ.ม. ทำการเปรียบเทียบโดยติดชุดกอล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact Nozzle Jet Water of Wheel Fix) จำนวน 24 หัวฉีดและ 8 หัวฉีดเพื่อปรับอัตราการไหลของการไหลเวียน ( $Q_{Re}$ ) และอัตราการไหลเข้า ( $Q_{in}$ ) มีค่าชี้ผลคือจำนวนรอบหมุนเวียน (Recirculation ratio: R)(Reynolds, 1982; Suksomboon *et al.*, 2019) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$R = \frac{Q_{Re}}{Q_{in}} \quad (1)$$

และความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_b$ ) (Fig.1) (A) แสดงการเคลื่อนที่แบบกวนของน้ำเสียบนชั้นกรองจากความสูงเริ่มต้นของชั้นกรองอิมตัว (Initial height of bed:  $h_0$ ) ถูกความเร็วของน้ำจากอัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{Re}$ ) กระแทกชุดกอล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) มีทิศการไหลขึ้นแบบเกลียวทำให้ชั้นกรองถูกยกลอยตัวขึ้นเป็นความสูงการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement height of bed: $h_b$ ) ผลรวมของความสูงทั้งสองคือความสูงการขยายตัวสูงสุด (height of the expanded bed:  $h_e$ ) เทียบกับความสูงระดับน้ำต้น ( $h_{Water}$ )

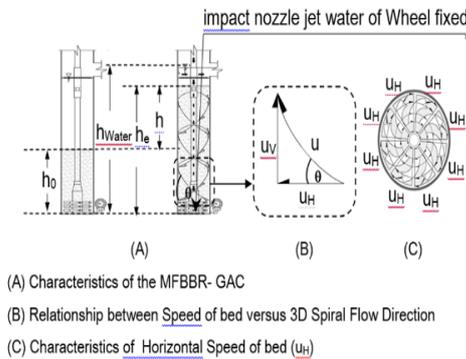


Fig. 1 hydraulic characteristics MFBBR- GAC (GAC

Source: Suksomboon and Junsiri (2018);  
 Suksomboon *et al.* (2019)

(Fig.1) (B) แสดงความเร็วการไหลแบบสามมิติ ประกอบด้วยความเร็วระนาบของชั้นกรอง (ขึ้น) ตั้งฉากกับความเร็วแนวตั้งของชั้นกรอง ( $u_v$ ) ซึ่งคำนวณจากความสูงการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement height of bed:  $h_B$ ) ตัวกลาง / ชั้นกรองไหลขึ้นมุม 90 องศาไหลทิศทางขึ้นหารด้วยเวลาการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement time of bed:  $t_B$ ) ความเร็วทั้งหมดที่คำนวณได้ ( $u$ ) อยู่ที่ระดับมุมมองศอกการหมุนของชั้นกรอง (movement Degrees of bed:  $\theta_B$ ) การไหลเวียนของเกลียวและขึ้น (Vennard and Street, 1982) แสดงความสัมพันธ์ความเร็วลัพธ์ของชั้นกรอง ( $u$ ) กับความเร็วแนวตั้งของชั้นกรอง ( $u_v$ ) สมการจะถูกจัดเรียงเป็นความเร็วเชิงมุมของเตียง ( $\theta_B$ ) และเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องปฏิกรณ์ ( $D_R$ ) สร้างสมการความเร็วเชิงมุมของชั้นกรอง ( $\omega$ ) (Daugherty, 1989) ในเทอมของความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_B$ ) ดังแสดงในสมการที่ 2 GAC (Suksomboon and Junsiri, 2018; Suksomboon *et al.*, 2019)

$$N_B = \frac{30h_B}{A_R(t_B)\text{Sin}(\theta_B)} \times 100 \quad (2)$$

$A_R = V_{\text{media}} / h_0$  ; คือ พื้นที่ของถังปฏิกรณ์ (Area of Reactor :  $A_R$ ) แทนในสมการที่ 2

$$N_B = \frac{30h_B h_0}{V_{\text{media}}(t_B)\text{Sin}(\theta_B)} \times 100 \quad (3)$$

$V_{\text{media}} = A_{\text{Surface}} / \psi$ ; ปริมาตรตัวกลาง (Volume of media:  $V_{\text{media}}$ ) แทนในสมการที่ 3 ได้สมการที่ 4

$$N_B = \frac{30\psi h_B h_0}{A_{\text{Surface}}(t_B)\text{Sin}(\theta_B)} \times 100 \quad (4)$$

โดยมีฟังก์ชันดังนี้

$$h_B = 0.004 Q_{\text{Re}}^{0.948} W_{\text{dry}}^{0.671} \quad (5)$$

$$t_B = 19.24 Q_{\text{Re}}^{-0.30} W_{\text{dry}}^{0.218} \quad (6)$$

$$\theta_B = 4431.35 Q_{\text{Re}}^{-2.59} W_{\text{dry}}^{0.11} Q_{\text{Re}}^{1.01} \quad (7)$$

- เมื่อ  $N_B$  คือ ความเร็วรอบของชั้นกรอง (รอบ / นาที)
- $A_{\text{Surface}}$  คือ พื้นที่ผิวสัมผัสของตัวกลาง (ตร.ม.)
- $\psi$  คือ พื้นที่ผิวสัมผัสของตัวกลางต่อปริมาตรตัวกลาง (ตร.ม./ลบ.ม.)
- $h_0$  คือ ความสูงเริ่มต้นของชั้นกรองอิมตัว (ม.)
- $h_B$  คือ ความสูงการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (ม.)
- $t_B$  คือ เวลาเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (วินาที)
- $\theta_B$  คือ มุมองศาการหมุนของชั้นกรอง (องศา)
- $Q_{\text{Re}}$  คือ อัตราการไหลของการไหลเวียน (ลิตร/นาที)
- $W_{\text{dry}}$  คือ น้ำหนักแห้ง (กก.)

1. การพัฒนาสมการการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR-GAC

ในวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาสมการการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR- GAC โดยใช้ 5 ปัจจัยประกอบในสมการการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR- GAC (Suksomboon and Junsiri, 2018) โดยทำการเปรียบเทียบชุดก่อกวนหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) จำนวน 24 หัวฉีดและ 8 หัวฉีดประกอบไปด้วย 5 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่1จำนวนก่อกวน (number of wheel:  $n_w$ ) เท่ากับ3:1 ก่อกวนเทียบ ปัจจัยที่2 ระยะห่างระหว่างปลายท่อแขนง (distant pipe of lateral : $d_{pl}$ ) เท่ากับ 0.11:0.11 m. ปัจจัยที่3 จำนวนท่อแขนง (number pipe of lateral:  $n_{pl}$ ) เท่ากับ 24:8 ท่อ ปัจจัยที่4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดน้ำ (diameter of nozzle: $d_n$ ) เท่ากับ 2:5 mm. ปัจจัยที่5 ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (the particle diameter of GAC:  $d_p$ ) เท่ากับ 1.50 mm (Fig.2)

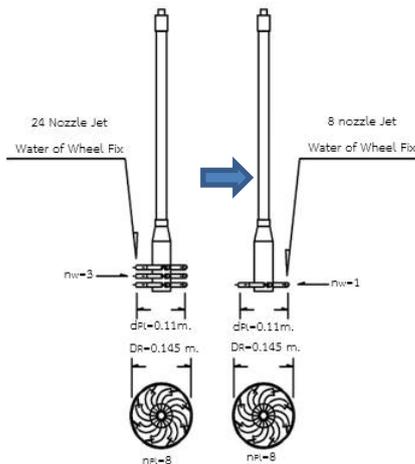


Fig. 2 Compare nozzle Jet Water of Wheel Fix of MFBBR- GAC system

จากสมการที่5, 6 และ7 นำค่าอัตราส่วน 5 ปัจจัยมีความสำคัญในการออกแบบชุดก่อกวนหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) คูณค่าการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR- GAC ดังนี้

$$h_B = \left( \frac{3}{n_w} \right) \left( \frac{D_R^{1.143}}{d_{pl}} \right) \left( \frac{8}{n_{pl}} \right)^{-0.4} \left( \frac{2}{d_n} \right)^{1.25} \left( \frac{1.5}{d_p} \right) 0.004 Q_{Re}^{0.948} W_{Dry}^{0.671} \quad (8)$$

$$t_B = \left( \frac{3}{n_w} \right) \left( \frac{D_R^{1.143}}{d_{pl}} \right) \left( \frac{8}{n_{pl}} \right)^{-0.4} \left( \frac{2}{d_n} \right)^{1.25} \left( \frac{1.5}{d_p} \right) 19.24 Q_{Re}^{-0.30} W_{Dry}^{0.218} \quad (9)$$

$$\theta_B = \left( \frac{3}{n_w} \right) \left( \frac{D_R^{1.143}}{d_{pl}} \right) \left( \frac{8}{n_{pl}} \right)^{-0.4} \left( \frac{2}{d_n} \right)^{1.25} \left( \frac{1.5}{d_p} \right) 4431.35 Q_{Re}^{-2.59} W_{Dry}^{0.11 Q_{Re}^{0.01}} \quad (10)$$

เมื่อ  $n_w$  คือ จำนวนก่อกวนหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (ก่อกวน)

- $D_R$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของถังปฏิกรณ์ (ม.)
- $d_{pl}$  คือ ระยะห่างปลายท่อแขนง (ม.)
- $n_{pl}$  คือ จำนวนท่อแขนง (ท่อ)
- $d_n$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดน้ำ (มล.)
- $d_p$  คือ ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (มล.)

โดยได้ทำการทดสอบกับน้ำหนักแห้ง ( $W_{Dry}$ ) ของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (GAC) 4 กิโลกรัมมีความสูงเริ่มต้นของชั้นกรองอิมตัว (Initial height of bed:  $h_0$ ) เท่ากับ 0.55 ม. บ่มด้วยน้ำเสียในทรงกระบอกตั้งสูง 1 เมตรทำจากอะคริลิก กับอัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{Re}$ ) มีความแตกต่างกัน 5 ระดับคือ 11, 12, 13, 14 และ 15 ลิตร/นาที ทำการเปิดปั๊มปล่อยน้ำเสีย (Feeding pump) และปั๊มน้ำเสียไหลเวียน (Recirculation pump) กระแทกชุดก่อกวนหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) (Fig.3)

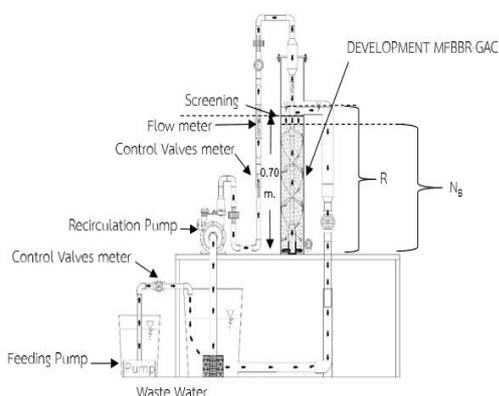


Fig. 3 Experimental set-up of MFBBR- GAC system

## 2. การทดสอบด้านคุณภาพน้ำของระบบ MFBBR-GAC

ทดสอบด้านคุณภาพน้ำของระบบ MFBBR-GAC บำบัดน้ำเสียบ้านเรือนมีค่าชี้ผลทางด้านคุณภาพน้ำ คือค่าบีโอดีบรรจุกวามเหมาะสมของน้ำหนักแห้ง ( $W_{dry}$ ) เท่ากับ 4 กิโลกรัมในถังอะคริลิกใช้ช่วงอัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{Re}$ ) เท่ากับ 11, 12, 13, 14, 15 ด้วยปั๊มน้ำเสียไหลเวียน และเปิดปั๊มปล่อยน้ำเสีย (Feeding pump) น้ำเสียเข้า ( $Q_{in}$ ) เท่ากับ 20 ลิตร/วัน ในถังรวมน้ำเสีย (Wastewater Reactor) ซึ่งความบรรจุน้ำเสียบ้านเรือน 20 ลิตร (Pollution Control Department, 2012) ใช้เวลากักเก็บหมุนเวียน (HReT) เท่ากับ 2 ชม. (Suksomboon and Junsiri, 2018 ; Kim *et al.*, 2007)

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการการคำนวณการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR-GAC

จากข้อมูลใน Table 1 ระบบ MFBBR- GAC มีพื้นที่ของถังปฏิกรณ์ ( $A_R$ ) เท่ากับ 0.0165 ตร.ม. ผลการทดสอบน้ำหนักแห้ง ( $W_{Dry}$ ) เท่ากับ 4 กก. พบว่าความสูง

เริ่มต้นของชั้นกรองอิมตัว (Initial height of bed:  $h_0$ ) เท่ากับ 0.55 ม. กับอัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{Re}$ ) ระหว่าง 11-15 ลิตร/นาที จากการศึกษาเปรียบเทียบชุดกอล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) พบว่าจำนวน 24 หัวฉีดไม่มีความแตกต่างกันกับจำนวน 8 หัวฉีดตั้งนั้น ค่าชี้ผลการเคลื่อนที่ของจำนวน 8 หัวฉีด ประกอบไปด้วย 5 ปัจจัย คือโดย ปัจจัยที่ 1 จำนวนกอล้อ (number of wheel:  $n_w$ ) เท่ากับ 1 ปัจจัยที่ 2 ระยะห่างปลายท่อแขนง (distant Pipe of lateral :  $d_{pl}$ ) เท่ากับ 0.11 ม. ปัจจัยที่ 3 จำนวนท่อแขนง (number of pipe of lateral:  $n_{pl}$ ) เท่ากับ 8 ท่อ ปัจจัยที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดน้ำ (diameter of nozzle:  $d_n$ ) เท่ากับ 5 มม. ท่อปัจจัยที่ 5 ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (the particle diameter of GAC:  $d_p$ ) เท่ากับ 1.5 มม. คำนวนความสูงการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement height of bed:  $h_b$ ) เท่ากับ 0.094, 0.102, 0.11, 0.118 และ 0.126 ม. เวลาการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement time of bed:  $t_b$ ) เท่ากับ 12.10, 11.79, 11.51 และ 11.02 วินาที มุมองศาการหมุนของชั้นกรอง (movement Degrees of bed:  $\theta_B$ ) เท่ากับ 47.34, 44.25, 42.11, 40.71 และ 39.89 และความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_B$ ) เท่ากับ 19, 23, 26, 29 และ 32 รอบ/นาที

**Table 1** Moving Fluidized bed bioreactor - Granular Activated Carbon, n=24 nozzle jet water

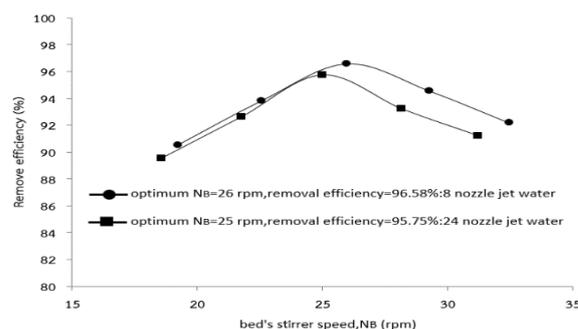
$W_{Dry}$ (kg)	$Q_{Re}$ (Lpm)	$h_0$ (m)	$h_B$ (m)	$t_B$ (s)	$\theta_B$ (degree)	$\psi$ ( $m^2/m^3$ )	$A_{Surface}$ ( $m^2$ )	$R$ ( $Q_{Re}/Q_{in}$ )	$N$ (rpm)
4	11	0.55	0.098 <sup>1</sup> 0.094 <sup>2</sup>	12.68 <sup>1</sup> 12.10 <sup>2</sup>	49.60 <sup>1</sup> 47.34 <sup>2</sup>	1800 <sup>1,2</sup>	16.34 <sup>1,2</sup>	792 <sup>1,2</sup>	19 <sup>1,2</sup>
4	12	0.55	0.107 <sup>1</sup> 0.102 <sup>2</sup>	12.35 <sup>1</sup> 11.79 <sup>2</sup>	46.36 <sup>1</sup> 44.25 <sup>2</sup>	1800 <sup>1,2</sup>	16.34 <sup>1,2</sup>	864 <sup>1,2</sup>	22 <sup>1</sup> 23 <sup>2</sup>
4	13	0.55	0.115 <sup>1</sup> 0.110 <sup>2</sup>	12.06 <sup>1</sup> 11.51 <sup>2</sup>	44.13 <sup>1</sup> 42.11 <sup>2</sup>	1800 <sup>1,2</sup>	16.34 <sup>1,2</sup>	936 <sup>1,2</sup>	25 <sup>1</sup> 26 <sup>2</sup>
4	14	0.55	0.124 <sup>1</sup> 0.118 <sup>2</sup>	11.79 <sup>1</sup> 11.25 <sup>2</sup>	42.66 <sup>1</sup> 40.71 <sup>2</sup>	1800 <sup>1,2</sup>	16.34 <sup>1,2</sup>	1008 <sup>1,2</sup>	28 <sup>1</sup> 29 <sup>2</sup>
4	15	0.55	0.132 <sup>1</sup> 0.126 <sup>2</sup>	11.55 <sup>1</sup> 11.02 <sup>2</sup>	41.80 <sup>1</sup> 39.89 <sup>2</sup>	1800 <sup>1,2</sup>	16.34 <sup>1,2</sup>	1080 <sup>1,2</sup>	31 <sup>1</sup> 32 <sup>2</sup>

$N^1=24$  nozzle jet water  $N^2=8$  nozzle jet water

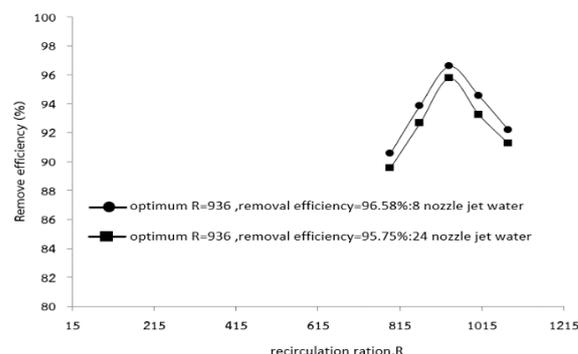
**2. ผลการทดสอบทางด้านคุณภาพน้ำของระบบ DMFBBR- GAC**

นำผลการทดสอบชุดกึ่งล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) จำนวน 24 หัวฉีดกับจำนวน 8 หัวฉีดมาทดสอบทางด้านคุณภาพน้ำของระบบ MFBBR- GAC โดยนำน้ำหนักแห้ง ( $W_{dry}$ ) เท่ากับ 4 กิโลกรัมกับ อัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{Re}$ ) 11, 12, 13, 14 และ 15 ลิตร/นาที น้ำเสียเข้า ( $Q_{in}$ ) เท่ากับ 20 ลิตร/วัน ใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนคือน้ำเสียจากบ้านเรือนมีค่าเริ่มต้นบีโอดี 130, 128, 150, 116 และ 112 มก./ลิตร จากการศึกษาเปรียบเทียบชุดกึ่งล้อหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) พบว่าจำนวน 24 หัวฉีดไม่มีความแตกต่างกันกับจำนวน 8 หัวฉีดพบว่าความเหมาะสมจำนวนรอบหมุนเวียน (Recirculation ratio: R) เท่ากับ 976 และ ความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_B$ ) เท่ากับ 26 รอบ/นาที กำจัดค่าซีโอดี 96.58% ของน้ำเสียชุมชนโดยใช้เวลากักเก็บการหมุนเวียน (HReT) เท่ากับ 2 ชั่วโมงดังแสดงใน Table 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ทางการเกษตรน้ำที่ปรุงปรุงน้ำเสีย (Roongvisai, 2004; Sensai, 2004) ที่ค่าเริ่มต้นบีโอดีเข้า (BOD<sub>in</sub>) 60 มก./ลิตร ลดค่าบีโอดี (BOD) ได้ถึง 15 มก./ลิตร ใช้เวลากักเก็บการหมุนเวียน (HReT) เท่ากับ 8 ชม. น้ำที่ผ่าน

การบำบัดด้วยระบบ MFBBR- GAC ลดค่าบีโอดี (BOD) ได้ถึง 5.13 มก./ลิตร (Fig.4 และ Fig. 5) และจึงเหมาะสมนำไปใช้ทางการเกษตรได้



**Fig. 4** Relationship between removal efficiency vs. bed's stirrer speed ( $N_B$ )



**Fig. 5** Relationship between removal efficiency

**Table 2** Effect of optimum rate recirculation ratio (R) and bed's stirrer speed ( $N_B$ ) to the BOD removal efficiency

$W_{Dry}$ (kg)	$Q_{Re}$ (Lpm)	$Q_{in}$ (L/d)	$BOD_{in}$ (mg/L)	BOD (mg/L)	$N_B$ (rpm)	R ( $Q_{Re}/Q_{in}$ )	HReT (HR)	removal efficiency (%)
4	11	20	130	13.59 <sup>1</sup> 12.29 <sup>2</sup>	19 <sup>1,2</sup>	792 <sup>1,2</sup>	2 <sup>1,2</sup>	89.55 <sup>1</sup> 90.55 <sup>2</sup>
4	12	20	128	9.42 <sup>1</sup> 7.87 <sup>2</sup>	22 <sup>1</sup> 23 <sup>2</sup>	864 <sup>1,2</sup>	2 <sup>1,2</sup>	92.64 <sup>1</sup> 93.85 <sup>2</sup>
4	13	20	150	6.38 <sup>1</sup> 5.13 <sup>2</sup>	25 <sup>1</sup> 26 <sup>2</sup>	936 <sup>1,2</sup>	2 <sup>1,2</sup>	95.75 <sup>1</sup> 96.58 <sup>2</sup>
4	14	20	116	7.85 <sup>1</sup> 6.32 <sup>2</sup>	28 <sup>1</sup> 29 <sup>2</sup>	1008 <sup>1,2</sup>	2 <sup>1,2</sup>	93.23 <sup>1</sup> 94.55 <sup>2</sup>
4	15	20	112	9.81 <sup>1</sup> 11 <sup>2</sup>	31 <sup>1</sup> 32 <sup>2</sup>	1080 <sup>1,2</sup>	2 <sup>1,2</sup>	91.24 <sup>1</sup> 90.18 <sup>2</sup>

$N^1=24$  nozzle jet water  $N^2=8$  nozzle jet water

### วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมการทำนายการเคลื่อนที่แบบเกลียวของชั้นกรองในเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดไอส์เบดตัวกลางถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Moving Fluidized bed bioreactor - Granular Activated Carbon, MFBBR-GAC) MFBBR-GAC บำบัดน้ำเสีย เครื่องปฏิกรณ์ประกอบด้วยถังบรรจุอะคริลิกซึ่งประกอบด้วยถ่านกัมมันต์แบบเม็ด (GAC) ทำการเปรียบเทียบชุดกอลหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (Design Nuzzle Jet Water of Wheel Fix) โดยใช้ 5 พารามิเตอร์ประกอบในสมการการเคลื่อนที่ของระบบ MFBBR-GAC ปรับอัตราการไหลเวียนของการไหลเวียนเพื่อให้ได้ความแตกต่างที่ดีที่สุดสำหรับชั้นกรองเพื่อประกอบค่าชี้ผลการเคลื่อนที่คือจำนวนรอบหมุนเวียน Recirculation ratio, R และความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_B$ ) ที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียบ้านเรือนเพื่อนำน้ำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรพบว่าจำนวน 24 หัวฉีดไม่มีความแตกต่างกันกับจำนวน 8 หัวฉีดโดยมี 5 พารามิเตอร์ได้แก่ ปัจจัยที่1จำนวนกอล(number of wheel:  $n_w$ )

เท่ากับ1 กอลเทียบ ปัจจัยที่2 ระยะห่างปลายท่อแขนง (distant Pipe of lateral : $d_{pl}$ ) เท่ากับ 0.11 ม. ปัจจัยที่ 3 จำนวนท่อแขนง (number of pipe of lateral:  $n_{pl}$ ) เท่ากับ 8 ท่อ ปัจจัยที่4 เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดน้ำ (diameter of nozzle: $d_n$ ) เท่ากับ 5 มม. ปัจจัยที่5 ขนาดอนุภาคถ่านกัมมันต์ (the particle diameter of GAC:  $d_p$ ) เท่ากับ 1.50 มม.จากถังอะคริลิกทรงกระบอกตั้งสูงมีทิศการไหลขึ้นแบบเกลียวเชื่อมต่อกับถังรวน้ำเสีย ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของ 2 ตัวแปร คือน้ำหนักแห้ง ( $W_{dry}$ ) ของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (GAC) เท่ากับ 4 กก. ความสูงเริ่มต้นของชั้นกรองอิมตัว ( $h_0$ ) เท่ากับ 0.55 ม. กับอัตราการไหลหมุนเวียน ( $Q_{Re}$ ) 13 ลิตร/นาที เข้ากระทบชุดกอลหัวฉีดน้ำแบบติดตาย (impact nozzle jet water of Wheel fixed) น้ำเสียเข้า ( $Q_{in}$ ) เท่ากับ 20 ลิตร/วัน พบว่าความสูงการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement height of bed: $h_b$ ) เท่ากับ 0.11 ม. เวลาการเคลื่อนที่ของชั้นกรอง (movement time of bed:  $t_b$ ) เท่ากับ 11.51 วินาที มุมองศาการหมุนของชั้นกรอง (movement Degrees of bed:  $\theta_b$ ) เท่ากับ 42.11 คำนวนความเหมาะสมความเร็วรอบของชั้นกรอง (Stirrer speed of bed:  $N_B$ ) เท่ากับ 26 รอบ/นาที และความเหมาะสมจำนวนรอบหมุนเวียน (Recirculation ratio: R) เท่ากับ 976 ค่าจัดค่าซีโอดี 96.58% ของน้ำเสียชุมชน

วารสารเกษตรพระวรุณ 267

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

โดยใช้เวลากักเก็บการหมุนเวียน (HReT) เท่ากับ 2 ชม.  
ระบบMFBBR- GAC บำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ทางการเกษตร  
ได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก  
ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บ  
เกี่ยว สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

References

- Daugherty, R.L. and Franzini, J.B. 1989. Fluid Mechanics with Engineering Applications, SI Metric edition. New York: McGraw-Hill Book.
- Fernandez, N., Montalvo, S., Guerrero, L., Sanchez, E., Cortes, I. and Travieso, L. 2007. Anaerobic fluidized bed reactor application to tropical fruit wine effluent. Water Science and Technology. 56: 33–38.
- Hare, R.W., Sutton, P.M., Mishra, P.N. and Potochnik, K.F. 1988. Utilization of fluidized bed biological treatment at general motors facilities: pilot and full scale results. Water Pollution Control Conference, Dallas.
- Kim, S.W., Park, J.B., and Choi, E. 2007. Possibility of sewage and combined sewer overflow reuse with biological aerated filters. Water Science and Technology. 55(1-2): 1-8.
- Metcalf, E. 1991. Wastewater Engineering. 3rd ed. New York: McGraw – Hill.
- Nemerow, N. 2006. Industrial Waste Treatment. Butterworth-Heinemann. 568 pp.
- Pollution Control Department. 2012. Manual Management Waste Water for Households. Ministry of Natural Resources and Environment Bangkok: Pollution Control Department. (in Thai)
- Qasim, S.R., E.M. and Zhu, G. 2000. Water Works Engineering: Planning, Design and Operation, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
- Reynolds, T.D. 1982. Solutions Manual for Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. Brooks/Cole Engineering Division.
- Roongvisai, P. 2004. Mathematical Modeling of Constructed Wetlands Domestic Wastewater Treatment for Agricultural Use. Master of Engineering. Thesis in Environmental Engineering, Graduate School, Khon Kaen University. Khon Kaen. (in Thai)
- Sensai, P. 2004. Water Quality Modeling in Improvement of Community Wastewater Ponding Areas. Master of Engineering. Thesis in Environmental Engineering, Graduate School, Khon Kaen University. Khon Kaen. (in Thai)

- Sowmeyan, R. and Swaminathan, G. 2008. Evaluation of inverse anaerobic fluidized bed reactor for treating high strength organic waste water. *Bio-resource Technology*. 99: 3877–3880.
- Suksomboon, R. and Junsiri C. 2018. The Performance of Moving Fluidized Bed Bioreactor-Granular Activated Carbon. *Prawarun Agr. J.* 15(1): 238-247. (in Thai)
- Suksomboon R, Junsiri C, Tangjitjaroenkit S, Mohamed El-Moselhy,M. and Padungthon S. 2019. Mathematical models of a fluidized bed bioreactor using granular activated carbon (FBBR-GAC) for wastewater treatment. *Engineering and Applied Science Research*. 46(3): 183-191.
- Sutton, P.M. and Mishra, P.N. 1994. Activated carbon based biological fluidized beds for contaminated water and wastewater treatment: A state-of-the-art review. *Water Science and Technology*. 29(10–11): 309–317.
- Sutton, P.M., Shieh, W.K., Kos, P. and Dunning, P.R. 1981. Dorr-oliver's oxitron system™ fluidized-bed Water and Wastewater treatment process. In: Cooper, P.E., Atkinson, B. (Eds.), *Biological Fluidized Bed Treatment of Water and wastewater*. Ellis Horwood, London.
- Vennard, J.K. and Street, R.L. 1982. *Elementary Fluid Mechanics*, 6th ed. New York: John Wiley.
- Xing, W., Ngo, H.H., Guo, W.S., Wu, Z.Q., Nguyen, T.T., Cullum, P., Listowski, A. and Yang, N. 2010. Enhancement of the performance of anaerobic fluidized bed bioreactors (AFBBRs) by a new starch based flocculant. *Separation and Purification Technology*. 72: 140–146.
- Yu, P. and Luo, Y. 2003. Noval water treatment process-combined cationic ion-exchange bed and degasifier in a three-phase fluidized bed. *Desalination*. 151(2): 145–152.
- Zafarzadeh, B., Bina, M., Nikaeen, H., Movahedian Attar, M. and Hajian nejad. 2010. Performance of moving bed biofilm reactors for biological nitrogen compounds removal from wastewater nitrification-denitrification process. *Environ. Health. Sci. Eng.* 7(4): 353-364.

## การศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ในแพะ

เทียนทิพย์ ไกรพรหม<sup>1\*</sup>, ลีธิศักดิ์ จันทรัตน์<sup>1</sup> และ ชารินา สือแม่<sup>2</sup>

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

<sup>2</sup> คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96130

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และสมดุลของไนโตรเจนของแพะ โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุ  $1.3 \pm 0.04$  ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย  $23 \pm 3.2$  กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ  $4 \times 4$  ลาดินสแควร์ โดยแบ่งแพะทดลองออกเป็น 4 กลุ่มให้แพะได้รับอาหารชั้นที่ใช้ผิวถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 0(T1), 10(T2), 20 (T3) และ 30 (T4) เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวแบบเต็มๆ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่กินได้ต่อตัวต่อวันมีค่าอยู่ในช่วง 659.90-748.50 กรัม ปริมาณโปรตีนที่กินได้มีค่าอยู่ในช่วง 87.17-110.77 กรัม ไขมันที่กินได้มีค่าอยู่ในช่วง 14.95-18.85 กรัม ฟอสฟอรัสที่กินได้มีค่าอยู่ในช่วง 342.26-482.32 กรัม ลิกโนเซลลูโลสที่กินได้มีค่าอยู่ในช่วง 166.99-244.28 กรัม และลิกนินที่กินได้มีค่าอยู่ในช่วง 39.41-56.40 กรัม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง ฟอสฟอรัส ลิกโนเซลลูโลส มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนในแพะที่ได้รับผิวถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ (71.90 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และแพะทุกกลุ่มมีค่าสมดุลของไนโตรเจนเป็นบวก ดังนั้นสามารถใช้ผิวถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสำหรับแพะโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์และสมดุลของไนโตรเจนในแพะ

**คำสำคัญ:** เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง อาหารชั้น แพะ

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: thaintip@gmail.com

---

## The study of Soybean Hulls in concentrate on Nutrients utilization in goat

---

Thaintip Kraiprom<sup>1\*</sup>, Sitthisak Jantarat<sup>1</sup> and Sareena Semae<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Mueang, Pattani, 94000, Thailand

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Princess of Naradhiwas University, Mueang,  
Narathiwat, 96130, Thailand

### Abstract

The research aimed to study effect of levels soybean hulls in concentrate at 0, 10, 20 and 30% on feed intake, nutrient utilization and nitrogen balance. Four crossbred Thai Native x Anglo-Nubian 50% male goats, 1.3±0.04 years old with average body weight (BW) of 23±3.2 kg, were arranged in 4 x 4 Latin Square Design. The goat were fed with 0 (T1), 10 (T2), 20 (T3) and 30% (T4) and rice straw *ad libitum*. The results showed that the diets dry matter intake (g/h/d) was 659.90-748.50 g, crude protein intake was 87.17-110.77g, ether extract intake was 14.95-18.85 g, neutral detergent intake was 342.26-482.32 g, acid detergent lignin was 166.99-244.28 g, was not significant difference (P>0.05) among treatments. The digestibility of dry matter, neutral detergent fiber and lignocellulose were not significant among treatments. However the digestibility coefficient of crude protein in group of 20% soy hulls was significant highest (P<0.05). Nitrogen balance all groups were positive. It was concluded that can be used soy bean hulls 30% in concentrate because was not effect on digestibility coefficient and nitrogen balance for goat

**Keywords:** soybean hulls, concentrate, goat

---

\*Corresponding author: E-mail: thaintip@gmail.com

**บทนำ**

ปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้น ผู้ผลิตอาหารสัตว์จึงได้มีการเลือกสรรวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อนำมาทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาแพง (Puanpan, 2007) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soybean hulls) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ แล้วจะมีส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดประมาณ 8% ของน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองที่เข้าสู่กระบวนการการผลิต ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลืองจำนวน 11 ราย มีกำลังการผลิตเมล็ดถั่วเหลืองรวมปีละ 2.97 ล้านตัน (สกัดน้ำมันถั่วเหลือง 0.373 ล้านตันและผลิตถั่วเหลืองนึ่ง 0.599 ล้านตัน) (Gernglang, 2003) ในการผลิตถั่วเหลือง 100 กก. จะเหลือเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 8 กก. ของปริมาณการผลิตเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง โดยมีส่วนของเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก 47% ของวัตถุแห้ง และเฮมิเซลลูโลสประมาณ 20% ของวัตถุแห้ง มีคาโปรตีนหยาบระหว่าง 9–16.5% ของวัตถุแห้ง เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานสูงโดยมีค่าการย่อยได้ของโภชนะ ทั้งหมด 77% มีพลังงานเทียบเท่ากับข้าวโพด (AAFCO, 1996) นอกจากนี้ Arosemena et al. (1995) รายงานว่า เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และเถ้าเท่ากับ 90.58, 12.06, 3.77, 62.49, 46.02 และ 5.05 % ตามลำดับ ในส่วนของอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์นั้น เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งของเยื่อใยในอาหารสัตว์เฉพาะเดี่ยว แต่การย่อยได้จะมีค่าค่อนข้างต่ำ (Gore et al., 1986; Muir et al., 1985) แต่ในสัตว์เฉพาะสามารถหมักย่อยได้ดีเนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ดี โดยมีค่าการย่อยได้ 70% (Faulkner et

al., 1994) สอดคล้องกับ Garleb (1987) ที่รายงานว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง มีการย่อยได้ดีในกระเพาะรูเมน เพราะมีองค์ประกอบของลิกนินต่ำ Puanpan (2007) รายงานว่าสามารถใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารชั้น สำหรับโคนมซึ่งสามารถใช้ได้ในระดับ 20% โดยช่วยลดต้นทุนอาหารชั้น สำหรับโคโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของโคนม นอกจากนี้ Sukulthanakorn (2007) รายงานว่าสามารถใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนมันเส้นได้ในระดับ 20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของแกะและโคเนื้อ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีการเลี้ยงแทบทุกประเทศของโลก ซึ่งผลผลิตที่ได้จากแพะจะได้ในส่วนของเนื้อและนมเป็นหลัก แพะมีความสำคัญต่อชาวมุสลิมที่นับถือศาสนาอิสลามเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะชาวมุสลิมในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส เพราะต้องใช้แพะประกอบพิธีกรรมตามประเพณี วัฒนธรรม และใช้เพื่อการบริโภค (Praondakarn, 1999) สามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือหรืออาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี (Devendra and Burns, 1983) การเลี้ยงแพะในพื้นที่ภาคใต้ โดยเฉพาะใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ เกษตรกรนิยมนำเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมาใช้ในสูตรอาหารชั้นสำหรับแพะ แต่ยังคงขาดการศึกษาถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ตลอดจนการย่อยได้ของโภชนะ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาในครั้งนี้ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นสำหรับแพะเนื้อลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบียนเพื่อศึกษาปริมาณกินได้และการย่อยได้ตลอดจนสมดุลของไนโตรเจนในแพะ

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### สัตว์ทดลอง อาหารทดลอง และแผนการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองแอ่งโกลนุเบียน 50% อายุ  $1.3 \pm 0.04$  ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย  $23 \pm 3.2$  กก. จำนวน 4 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ  $4 \times 4$  ลาดินสแควร์ โดยแบ่งแพะทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารในระดับ 0, 10, 20 และ 30% แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ภายในคอกมีรางให้อาหารและที่ให้น้ำ โดยอาหารที่ใช้ในการทดลองแสดงดัง Table 1 โดยคำนวณให้มีระดับโภชนาตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) แพะทุกตัวได้รับอาหารฟางข้าวเป็นอาหารหยาบแบบเต็มที (*ad libitum*) โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 และ 16.00 น. การทดลองประกอบด้วย 4 ช่วง แต่ละช่วงทดลองใช้เวลา 20 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงระยะคือ ระยะปรับตัว (*adaptation period*) เป็นช่วงที่ฝึกให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลองและอาหารใช้เวลา 15 วัน ให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่ม ส่วนระยะทดลอง (*experimental period*) ใช้เวลา 5 วัน ให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเช่นเดียวกับระยะปรับตัว แต่ปริมาณอาหารที่ให้ให้เพียง 90% ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงระยะปรับตัว

#### การบันทึกผลและการเก็บตัวอย่าง

การบันทึกปริมาณการกินได้และการเก็บตัวอย่างอาหารทำการบันทึกปริมาณการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จเป็นระยะเวลา 5 วันของระยะทดลองโดยชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารชั้นและอาหารหยาบที่ให้แพะกินตลอดระยะเวลา 5 วันของระยะทดลอง นำตัวอย่างอาหารของทั้ง 5 วันของระยะทดลองมารวมกันแล้วสุ่มอีกครั้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °ซ เป็นระยะเวลา 72 ชม. แล้วนำไป

บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ใช้วิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (*proximate analysis*) ตามวิธีการของ AOAC (1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลสและลิกนินใช้วิธี Detergent method ของ Goering and Van Soest (1970) นอกจากนี้มีการเก็บตัวอย่างอาหาร เพื่อคำนวณวัตถุแห้งใช้ในการคำนวณปริมาณที่กินได้

การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ก่อนให้อาหารในช่วงเช้า ทำการเก็บปัสสาวะของแพะที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวันตลอด 5 วัน โดยเติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 80 มล. เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด จดบันทึกปริมาณปัสสาวะที่ได้ในแต่ละวันและสุ่มเก็บไว้ประมาณ 20% ของปริมาณปัสสาวะทั้งหมด เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ จนครบ 5 วันแล้วจึงนำปัสสาวะของแพะแต่ละตัวทั้ง 5 วันมารวมกัน ทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5% ของปริมาณปัสสาวะทั้งหมด กรองด้วยผ้าขาวบาง ใส่ขวดเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °ซ เพื่อนำไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

สมมูลไนโตรเจน (กรัม/วัน) = ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน - (ปริมาณไนโตรเจนในมูล + ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ)

การเก็บตัวอย่างมูล บันทึกปริมาณมูลของแพะแต่ละตัวที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหารเวลา 08.00 น. และสุ่มเก็บตัวอย่างมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ 1 เก็บมูลประมาณ 100 ก. นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 24-48 ชม. เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ส่วนที่ 2 เก็บมูลประมาณ 5% ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำมาอบที่อุณหภูมิ 65-70 °ซ เป็นเวลา 72 ชม. ชั่งน้ำหนักและสะสมไว้จนครบ 5 วัน นำปริมาณมูลของแพะแต่ละตัวมาสุ่มอีกครั้งหนึ่งจนได้ตัวอย่างมูลแห้ง 300 ก. แล้วนำไปบดผ่านตะแกรง 1 มม. ใส่ขวดเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ 4 °ซ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนา

$$\begin{aligned} & \text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} \\ & = \frac{(\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ} - \text{โภชนะในมูล}) \times 100}{\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ}} \end{aligned}$$

**Table 1** Ingredients and chemical composition of dietary treatments

Ingredient %	T1	T2	T3	T4
Soybean hulls	-	10	20	30
Corn meal	27.40	19.13	10.87	-
Cassava chip	14.16	14.16	14.16	14.16
Rice bran	12.79	12.79	12.79	12.79
Soybean meal				
Palm kernel	22.83	22.83	22.83	22.83
molasses	4.57	4.57	4.57	4.57
urea	2.37	2.37	2.37	2.37
Mineral premixed	2.28	2.28	2.28	2.28
Chemical composition				
DM	82.16	83.18	82.55	82.64
CP	19.98	20.12	20.14	20.56
EE	3.58	2.98	2.63	3.13
NDF	36.38	36.59	39.86	40.67
ADF	13.56	14.13	16.78	17.34

T1 = 0% Soybean hull, T2 = 10% Soybean hull, T3 = 20% Soybean hull, T4 = 30% Soybean hull

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณโภชนะที่กิน ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ และสมดุลของไนโตรเจน มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Latin Square และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)

#### ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง พบว่ามีค่าวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน แก๊วผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เท่ากับ 11.34, 14.13, 2.14, 4.78, 61.36, 40.92 และ 6.12% ตามลำดับ ส่วนอาหารชั้นที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10, 20 และ 30% ในสูตรอาหารดังแสดงใน Table 1 พบว่าค่าวัตถุแห้งอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 82.16-83.18% ส่วนโปรตีนพบว่าอยู่ในช่วง 19.98-20.56% ระดับโปรตีนที่เพิ่มสูงเมื่อเพิ่มระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารอาจเนื่องมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ในสูตรอาหารมีระดับโปรตีน 16.34 % ส่วนไขมันอยู่ในช่วง 2.63-3.58% ผนังเซลล์อยู่ในช่วง 36.38-40.67% และลิกโนเซลลูโลสอยู่ในช่วง 13.56-17.34% ตามลำดับ ระดับผนังเซลล์และเซลลูโลสเพิ่มขึ้นตามระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารสอดคล้องกับ NRC (1996) รายงานว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีเยื่อใยสูง โดยมีเซลลูโลส 47% และมีโปรตีนต่ำคืออยู่ในช่วง 9-16.5%

ปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสที่แพะได้รับจากฟางข้าวและอาหารชั้นที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับต่างๆ แสดงดัง Table 2 พบว่าปริมาณวัตถุแห้งรวมทั้งที่กินได้ อยู่ในช่วง 659.90-748.50 ก./ตัว/วัน ซึ่งได้จากปริมาณอาหารชั้นที่กินได้ (326.51-426.51 ก./ตัว/วัน) และปริมาณฟางข้าวที่กินได้ (220.32-355.93 ก./ตัว/วัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนปริมาณโปรตีนที่กินได้ ไขมันที่กินได้ ผนังเซลล์ที่กินได้ ลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ และลิกนินที่กินได้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ 3 ที่ได้รับผิวถั่วเหลืองในระดับ 20% มีแนวโน้มของปริมาณการกินได้ของโภชนะต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ เนื่องจากกลุ่มนี้มีปริมาณการกินได้รวมของวัตถุแห้งต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงส่งผลให้ปริมาณโภชนะที่ได้รับต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ด้วย

Elliott *et al.* (1995) ได้ทำการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0 และ 18% ในโครีดนมพันธุ์เจอร์ซีที่ได้รับหญ้าอัลฟัลฟาแห้งและข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 19.8 กก./วัน และ 19.3 กก./วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) นอกจากนี้ Ipharraguerre *et al.*, (2002) ศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40% ในสูตรอาหารโครีดนมโฮลสโตนฟรีเซียน พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ปริมาณการกินได้ของโคนมมีแนวโน้มลดลงตามระดับของผิวถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ปริมาณ

การกินได้อย่างอิสระของอาหารนั้นเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งบอกถึงคุณค่าทางโภชนาที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะมีค่าค่อนข้างผันแปรตามชนิดของอาหาร ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร (Wachirapakorn, 1998) ซึ่งปริมาณผนังเซลล์ที่มีอยู่ในอาหารหยาบสามารถใช้ประเมินปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งของสัตว์ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความจุของกระเพาะ ขนาดของชิ้นอาหาร และอัตราการย่อยสลายของเยื่อใยในกระเพาะระยะเวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมัก และกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องของสัตว์ด้วย (Eftekhari, 2004)

**Table 2** Effect of Soybean hulls in the concentrate on feed intake (on dry matter basis)

Items	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
Dry matter Intake (g/d)						
Concentrate	416.96	392.57	426.51	416.30	2.45	0.84
Rice Straw	314.75	355.93	220.32	307.33	5.34	1.15
Total	731.70	748.50	659.90	723.60	6.87	0.95
Dry matter Intake (%BW)	2.93	2.99	2.64	2.89	2.15	0.67
Dry matter Intake (%BW <sup>0.75</sup> )	65.45	67.97	62.83	67.79	3.12	0.82
CP intake (g/d)	110.77	107.01	87.17	109.55	9.12	0.77
EE intake (g/d)	18.85	17.90	14.95	18.30	4.50	0.61
NDF intake (g/d)	459.16	482.32	342.26	451.77	5.89	1.11
ADF intake (g/d)	227.44	244.28	166.99	223.49	9.56	1.30
ADL intake (g/d)	53.34	56.40	39.41	52.60	9.45	1.11

T1 = 0% Soybean hull, T2 = 10% Soybean hull, T3 = 20% Soybean hull, T4 = 30% Soybean hull

Table 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของที่แพะได้รับจากฟางข้าวร่วมกับอาหารชั้นที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับต่างๆ พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) Hsu *et al.* (1987) รายงานว่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งของเปลือกหุ้ม

เมล็ดถั่วเหลืองโดยวิธี *In situ* ที่ชั่วโมงที่ 27 มีค่าเท่ากับ 90.6% และสามารถย่อยได้หมดในกระเพาะรูเมนได้ภายในเวลา 36 ชม. ซึ่งเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีการย่อยได้ดีในกระเพาะรูเมน จึงส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าการย่อยได้ของโปรตีนในแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

ในสูตรอาหารชั้นในระดับ 20% มีค่าสูงสุด แตกต่างจากแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 10% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อย่างไรก็ตามแพะที่ได้รับผิวถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 20% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนค่าไม่แตกต่างจากแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 0 และ 30% ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันในแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 0 และ 20% มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 10% ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Sukulthanakorn *et al.*, (2007) ที่รายงานว่าแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

เป็นแหล่งพลังงานทดแทนมันเส้นในระดับ 20% มีค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ 67.89% โปรตีน 66.35% และผนังเซลล์ 53.94% อาจเกิดเนื่องจากปริมาณการกินได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าจึงส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะสูงกว่าเช่นกัน นอกจากนี้ Puanpan (2007) รายงานว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารชั้นสำหรับเลี้ยงโคนมสามารถใช้ได้ในระดับสูงสุดคือ 20% ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการลดต้นทุนค่าอาหารชั้นสำหรับโคนม และสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดบดซึ่งเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่มีราคาสูง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของโคนม

**Table 3** Effect of Soybean hulls in the diets on digestibility coefficient (%)

Items	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
Digestibility coefficient (%)						
DM	87.28	78.05	88.88	84.58	3.28	0.82
CP	62.12 <sup>ab</sup>	50.85 <sup>b</sup>	71.90 <sup>a</sup>	61.99 <sup>ab</sup>	4.08	0.04
EE	75.85 <sup>a</sup>	57.28 <sup>b</sup>	70.92 <sup>a</sup>	64.62 <sup>ab</sup>	2.94	0.24
NDF	56.71	41.67	64.57	49.36	7.85	0.61
ADF	48.11	48.64	52.12	51.15	5.12	0.74

T1 = 0% Soybean hull, T2 = 10% Soybean hull, T3 = 20% Soybean hull, T4 = 30% Soybean hull

<sup>a, b</sup> Means within the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ )

Table 4 แสดงค่าปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และค่าการกักเก็บไนโตรเจนพบว่า ไนโตรเจนที่แพะทุกกลุ่มได้รับมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (16.41, 16.75, 18.67 และ 21.77 ก./ตัว/วัน) และการขับออกของไนโตรเจนในปัสสาวะมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (3.95, 6.42, 7.17 และ 5.82 ก./ตัว/วัน) แต่ค่าการขับออกของไนโตรเจนในมูลพบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 10% มีค่าการขับออกของไนโตรเจนในมูลสูงสุด

แตกต่างจากแพะที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นในระดับ 0 และ 20% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อย่างไรก็ตามแพะทุกกลุ่มมีค่าสมดุลของไนโตรเจนเป็นบวก ค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในอาหารสัตว์คือ ค่าการกักเก็บไนโตรเจน (nitrogen retention) ซึ่งค่าการกักเก็บไนโตรเจน ที่สูงในสัตว์แสดงว่าสัตว์อาจจะมีการขับถ่ายไนโตรเจนลดลง เนื่องจากนำไปกักเก็บในร่างกายหรือในรูปผลผลิต (Marini and Amburgh, 2003)

**Table 4** Effect of Soybean hulls in the concentrate on nitrogen balance (g/d)

Items	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
Nitrogen intake (g/d)	16.41	16.75	18.67	21.77	1.55	1.15
Urinary nitrogen (g/d)	3.95	6.42	7.17	5.82	1.03	0.98
Fecal nitrogen (g/d)	7.21 <sup>b</sup>	9.89 <sup>a</sup>	5.57 <sup>c</sup>	8.73 <sup>ab</sup>	0.46	0.12
Nitrogen retained (g/d)	5.25	2.81	5.93	7.52	1.36	1.42

T1 = 0% Soybean hull, T2 = 10% Soybean hull, T3 = 20% Soybean hull, T4 = 30% Soybean hull

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row with different superscripts differ (P<0.05)

**สรุปผลการทดลอง**

การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหาร  
ชั้นสำหรับแพะ สามารถใช้ได้สูงสุดในระดับ 30% ในสูตร  
อาหาร แต่ระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น  
ส่งผลต่อปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม  
การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 30% ใน  
สูตรอาหารไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การย่อย  
ได้ และสมดุลไนโตรเจนในแพะ...

**กิตติกรรมประกาศ**

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันฮาลาล  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย  
สัญญาเลขที่ SAT07H59

**References**

- Wachirapakorn, C.1998. Nutrition and Feeding ruminants .Department of Animal Science. Faculty of Agriculture. Khon Kaen University. Khon Kaen. (in Thai)
- Puanpan, N. 2007. Use of soybean hulls as a replacement for ground corn in dairy cattle diets. Thesis. Master of Veterinary Science. Suranaree University. Nakhon Ratchasima. (in Thai)
- Sukulthanakorn, M., Yimmangmong, S., Prasanpanich, S. and Boonake L. 2007. The use of soybean skin replacing it in food for cattle. In: 3rd Animal Science Conference. January 23, 2007. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. Khon Kaen. (in Thai)
- Praondakarn, V. 1999. Production of goat meat and goat milk in the tropics. Department of Agricultural Technology. Walailak University. Nakhon Si Thammarat. (in Thai)
- Gernglang, S. 2003. Use of Soybean Hulls as Dairy Cattle Feed. Master of Science (Animal Science). Chiang Mai University. Chiang Mai. (in Thai)

- Association of American Feed Control Officials (AAFCO). 1996. Official Publication. Atlanta, G. A.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, pp. 69-70.
- Arosemena, A., DePeters, E. J. and Fadel, J. G. 1995. Extent of variability in nutrient composition within selected byproduct feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54: 103– 120.
- Elliott, J. P., Drackley, J. K., Fahey, Jr., G. C. and Shanks, R. D. (1995). Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 78: 1512–1525.
- Faulkner, D. B., Hummel, D. F., Buskirk, D. D., Berger, L. L., Parrett, D. F. and Comerck, G. F. 1994. Performance and nutrient metabolism by nursing calves supplemented with limited or under limited corn or soyhulls. *J. Anim. Sci.* 72: 470.
- Garlab, K. A., Fahey Jr, G. C., Lewis, S. M., Kerley, M. S. and Montgomery. 1988. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by product Feedstuffs fed to ruminants. *J. Anim. Sci.* 66: 2650.
- Goering, H. K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications). *Agricultural Handbook No. 379, USDA.*
- Gore, A. M., Kornegay, E. T. and Veit, H. P. 1986. The effects of soybean oil on nursery air quality and performance of weaning pigs. *J. Anim. Sci.* 63:1.
- Ipharraguerre, I. R., Ipharraguerre, R. R. and Clark, J. H. (2002). Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soy hulls as a replacement for corn grain. *J. Dairy Sci.* 85: 2905–2912.
- Marini, J. C. and Van Amburgh, M. E. 2003. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 81: 545-552.
- Muir, W. M., Rogler, J. C. and Linton, D. D. 1985. Soy mill feed as a fiber source to reduce energy intake in experimental diets. *Nutrition Reports. International.* 32: 737.
- National Research Council. 1996. *Nutrients Requirements of Dairy Cattle.* 6Ed. National academy press. Washington D. C.
- SAS Institute. 1996. *Statistical Analysis System Institute (SAS/STAT). User's Guide.* Statistics, Release 6.12, SAS Institute, Cary, NC. Washington DC, 1-20.
- Steel, R. G. and Torrie, J. H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach,* 2nd edn. McGraw-Hill, New York, pp.132-168.

---

**ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย**

---

**กานดา ล้อแก้วมณี\* และ จันทิมา เมืองมูล***คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ  
อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000***บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย โดยใช้ไข่ไก่จำนวน 270 ฟอง เก็บที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74 เปอร์เซ็นต์ นำมาวัดคุณภาพไข่ไก่ที่ระยะเวลา 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 วัน ทำการวัดคุณภาพไข่ไก่ ประกอบด้วย ความถ่วงจำเพาะ ค่าออกยูนิต (Haugh unit, HU) ความเป็นกรด-ด่างไข่ขาว ความเป็นกรด-ด่างไข่แดง ค่าความสว่างของไข่แดง (lightness, L\*) ค่าความเป็นสีแดงของไข่แดง (redness, a\*) ค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดง (yellowness, b\*) สีไข่แดงจากฟอสฟอรัส สีไข่แดงจากเครื่องวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติ เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ การสูญเสียน้ำหนักของฟองไข่ ดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาว ดัชนีรูปทรงไข่ ความแข็งเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ ส่งผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าออกยูนิต ค่าความสว่างของไข่แดง ค่าความเป็นสีแดงของไข่แดง ค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดง สีไข่แดงจากฟอสฟอรัส สีไข่แดงจากเครื่องวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติ เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาวและดัชนีรูปทรงไข่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไข่ขาว ค่าความเป็นกรด-ด่างไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ การสูญเสียน้ำหนักของฟองไข่ และความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาในการเก็บไข่ไก่ที่ 14 วัน ในสภาพอุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74 เปอร์เซ็นต์ ยังคงสภาพคุณภาพไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่ที่มีการเลี้ยงแบบปล่อยไว้ได้

**คำสำคัญ:** ระยะเวลาการเก็บรักษา, คุณภาพไข่ไก่, การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย

---

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: csnkdp@ku.ac.th

---

## Effect of Storage Time on Egg Quality of Free Range Laying Hens

---

Kanda Lokaewmanee\* and Juntima Muangmoon

*Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalemphrakiat  
Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon 47000*

### Abstract

The objective of this research was to study the effect of storage time on egg quality of free range laying hens. A total of 270 eggs was evaluated egg quality in 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 and 31 days (average temperature 29°C and average relative humidity 74%). Each storage time, 30 free range eggs were evaluated specific gravity, Haugh unit, pH of albumen, pH of yolk, lightness of yolk (L\*), redness of yolk (a\*), yellowness of yolk (b\*), yolk color from Roche yolk color fan, yolk color from egg multi tester, yolk percentage, albumen percentage, eggshell percentage, egg weight loss, yolk index, albumen index, shape index, eggshell strength and eggshell and eggshell membrane thickness. The results were found that specific gravity, Haugh unit, lightness of yolk, redness of yolk, yellowness of yolk, yolk color from Roche yolk color fan, yolk color from egg multi tester, albumen percentage, yolk index, albumen index and shape index decreased ( $P<0.05$ ) with increasing storage time. In contrast, pH of albumen, pH of yolk, yolk percentage, eggshell percentage, egg weight loss and eggshell and eggshell membrane thickness increased ( $P<0.05$ ) with increasing storage time. The present results reveal that increasing the storage time affected quality of free range eggs. However, free range eggs showed better quality up to 14 days.

**Keywords:** Storage time, egg quality, free range laying hens

---

\*  
Corresponding author: E-mail: csnkdp@ku.ac.th

บทนำ

ประชาชนในวันนี้มีความนิยมรับประทานอาหารที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีและไม่สะสมเป็นไขมันในร่างกาย การรับประทานอาหารที่มีปริมาณไม่มากแต่มีคุณค่าทางอาหารที่ครบถ้วน ไช้ไก่ก็เป็นอีกหนึ่งของอาหารที่ประชาชนนิยมรับประทานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไ้ไก่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย สามารถใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยได้อีกด้วย ในปัจจุบันไ้ไก่ที่วางขายตามท้องตลาดมีรูปแบบการเลี้ยงที่หลากหลายรูปแบบ อาทิ การเลี้ยงไ้ไก่แบบกรงตับ การเลี้ยงไ้ไก่แบบปล่อย การเลี้ยงไ้ไก่บนพื้นและการเลี้ยงแบบอินทรีย์ เป็นต้น ส่วนใหญ่ผู้บริโภคไ้ไก่จะให้ความสนใจในการเลี้ยงสัตว์ปีกแบบอินทรีย์ คือ จะต้องไม่ขังกรง มีการเลี้ยงแบบปล่อย (access of outdoor) มีโรงเรือนที่เหมาะสมไม่หนาแน่นและเปิดให้สัตว์ได้ออกพื้นที่โล่งภายนอกโรงเรือนได้ตลอดเวลา (free range) พื้นที่ภายนอกควรมีหญ้าหรือพืชธรรมชาติปกคลุม เพื่อให้สัตว์ได้คุ้ยเขี่ยหาพืชกิน สัตว์ แมลง ตามธรรมชาติ สัมผัสแดด อากาศภายนอกโรงเรือน อาหารที่ได้รับรวมทั้งแปลงหญ้าต้องเป็นอินทรีย์ ไม่ใช้ยาปฏิชีวนะ ยาเคมีสังเคราะห์ ไม่ใช่สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี ส่งเสริมสวัสดิการภาพสัตว์ มีระบบป้องกันโรคที่ดี เพื่อส่งเสริมสุขภาพสัตว์ให้แข็งแรง เป็นไปตามธรรมชาติของสัตว์รักษาความเป็นอินทรีย์ตั้งแต่การผลิตจนถึงการบรรจุภัณฑ์ (Department of livestock development, 2010) Lokaewmanee and Kochapan (2018) ศึกษาผลของการเลี้ยงไ้ไก่อินทรีย์ต่อคุณภาพไ้ พบว่า การเก็บไ้ไก่อินทรีย์เป็นระยะเวลา 21 วัน ในสภาพอุณหภูมิ 3.33 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 75.44% ยังคงรักษาคุณภาพไ้ไก่ที่ดีที่สุดต่อการบริโภคของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่ายังขาดข้อมูลการศึกษาวิจัยของผลการเลี้ยงไ้ไก่แบบปล่อยต่อคุณภาพไ้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของไ้ไก่อินทรีย์ที่เก็บในระยะเวลา 3-31 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการเลี้ยงไ้ไก่สายพันธุ์เบทาโกร-โรมัน ด้วยวิธีการเลี้ยงแบบปล่อย โดยที่ไ้ไก่ได้หากินตามธรรมชาติและให้อาหารที่ผสมขึ้นเอง มีการให้น้ำผสมกับขม้นผง 3.75 ก. และฟ้าทะลายโจร 3.75 ก. เพื่อให้ไ้ไก่ไม่เป็นหวัดและเพื่อเพิ่มสีให้ไ้แดงให้มีสีเข้มขึ้น การเลี้ยงโดยไม่ใช้สารเคมี ยาปฏิชีวนะ และให้ไ้ไก่ได้เดินเขี่ยดิน ได้หากินตามธรรมชาติของไ้ไก่ โดยมีพื้นที่การเลี้ยง 4 ตร.ม./ตัว ภายในคอกมีคอนนอน มีจำนวนรังไ้ 1 รังต่อแม่ไ้ 7 ตัว

เมื่อไ้ไก่อายุ 96 สัปดาห์ ทำการศึกษาคุณภาพของไ้ไก่จำนวน 270 ฟอง (30 ซ้ำๆ ละ 1 ฟอง) เปรียบเทียบผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 วัน ทำการเก็บไ้ไก่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74% และมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD)

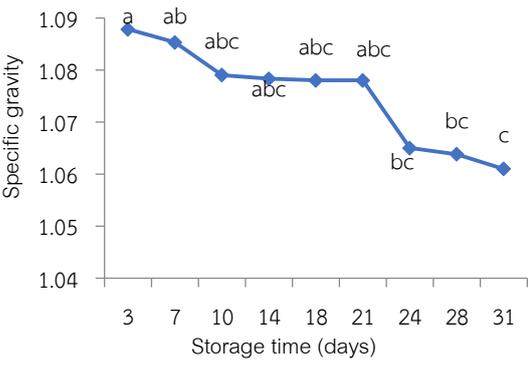
ชั่งน้ำหนักไ้ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล เพื่อหาน้ำหนักไ้ทั้งฟอง (ก.) วัดความกว้างของฟองไ้ไก่ (มล.) และความยาวของไ้ไก่ (มล.) ด้วยเครื่อง vernier caliper เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีรูปร่างไ้ (shape index) นำไ้ไก่ไปหาค่าความถ่วงจำเพาะของไ้ไก่ ที่ระดับความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.060, 1.065, 1.068, 1.07, 1.072, 1.076, 1.080, 1.084, 1.092, 1.096, 1.100 และ 1.104 ตามลำดับ โดยถ้าฟองไ้ไก่ลอยขึ้นเหนือระดับน้ำเกลือ 0.1 มม. ให้จดบันทึกค่า ความถ่วงจำเพาะนั้น นำไ้ไก่มาวัดค่าความแข็งของเปลือกไ้ (นิวตัน) โดยใช้เครื่อง egg shell force gauge วัดคุณภาพของไ้ด้วยเครื่องวัดคุณภาพไ้ (egg multi tester รุ่น EMT-5200, Robotmation Co., Ltd., Japan) เพื่อหาค่าความสูงของไ้ขาว (มม.) สีของไ้แดง และค่าออกยูนิต (Haugh

unit) วัดความกว้างของไข่ขาว (มม.) วัดความสูงไข่ขาว (มม.) และความยาวของไข่ขาว (มม.) เพื่อหาค่าดัชนีไข่ขาว (albumen index) วัดความสูงของไข่แดง (มม.) และความกว้างของไข่แดง (มม.) เพื่อหาค่าดัชนีไข่แดง (yolk index) วัดสีไข่แดงแดงด้วยพัดสีโรช (Roche yolk color fan, DSM Bright Science, Switzerland) ที่มีระดับคะแนนตั้งแต่เบอร์ 1-15 และเครื่องวัดสีไข่แดง (hunter lab colorimeter) จะได้ค่าความสว่าง (lightness, L\*) ค่าความเป็นสีแดงของไข่แดง (redness, a\*) และค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดง (yellowness, b\*) ตามลำดับวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไข่ขาวและไข่แดง เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter รุ่น HANNA HI9813-6 ประเทศสหรัฐอเมริกา) แยกไข่แดงออกจากไข่ขาวเพื่อชั่งน้ำหนักไข่แดง (ก.) วัดความหนาของเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ (มม.) โดยใช้เครื่องมือ micrometer โดยวัดสามจุดคือ ป้าน กลาง และแหลม แล้วนำค่าความหนาของเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ทั้ง 3 ค่า มาหาค่าเฉลี่ย ค่าความหนาของเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ (มม.) นำเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ ตากแห้งทิ้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 ชม. แล้วนำเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่มาชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าน้ำหนักเปลือกไข่ (ก.) หลังจากนั้นนำค่าน้ำหนักหาค่าน้ำหนักไข่ขาวและค่าน้ำหนักค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาวและเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ไดจากการบันทึกไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SAS, 2002)

**ผลการวิจัยและวิจารณ์**

ผลของการเก็บไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่างๆ พบว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 24, 28 และ 31 อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 1) สอดคล้องกับ Samli *et al.* (2005) ได้กล่าวไว้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะลดลงตามระยะเวลาการเก็บ



**Fig.1** Effect of storage time on specific gravity of free range egg

ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยที่อุณหภูมิห้องของวันที่ 3 มีค่าออกยูนิตสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 2) การเก็บรักษาไข่ไก่อินทรีย์เป็นเวลา 21 วัน จะทำให้ค่าออกยูนิตลดลงต่ำกว่า 75 (Lokaewmanee and Kochapan, 2018) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้องในวันที่ 28 และวันที่ 31 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3, 7, 10, 14, 18 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 24 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ วันที่ 3, 7, 10, 14, 18 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 21 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ วันที่ 3, 7, 10, 14, และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ วันที่ 3, 7, 10, และ

14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 14 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 10 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 และ 7 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่ขาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) (Fig. 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Akyurek and Okur (2009) กล่าวไว้ว่าไข่ไก่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 °ซ เป็นระยะเวลา 3 และ 14 วัน จะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไข่ขาวจะเพิ่มขึ้นจาก 8.87 เป็น 9.217

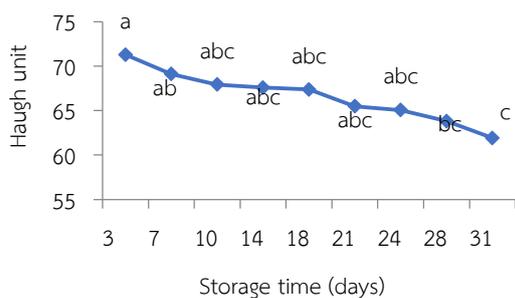


Fig. 2 Effect of storage time on Haugh unit of free range egg

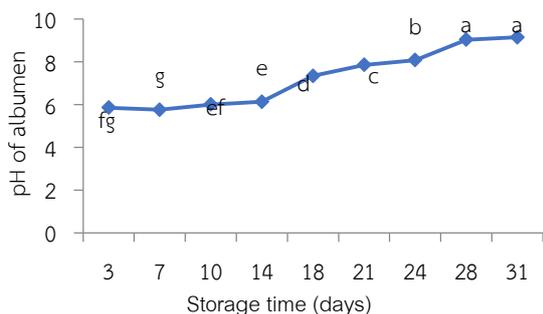


Fig. 3 Effect of storage time on pH of albumen of free range egg

ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้องในวันที่ 31 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดงมีค่าสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24 และ 28 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 28 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดงมีค่าสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 7, 10, 14, 18, 21 และ 24 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 21 และ 24 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดงมีค่าสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 7, 10, 14 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดงมีค่าสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 7, 10 และ 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) (Fig. 4) สอดคล้องกับ Akyurek and Okur (2009) ไข่ไก่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 °ซ เป็นระยะเวลา 3 และ 14 วัน จะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไข่แดงจะเพิ่มขึ้นจาก 6.133 เป็น 6.198 นอกจากนี้ Akter *et al.* (2014) กล่าวว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ 28 วันที่อุณหภูมิ 28-30 °ซ ส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของไข่แดงสูงเพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บไข่ไก่เป็นระยะเวลา 28 วันที่อุณหภูมิ 4 °ซ

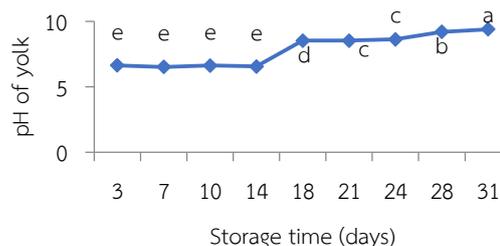


Fig. 4 Effect of storage time on pH of yolk of free range egg

ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้องวันที่ 3 มีค่าความสว่างของไข่แดง (lightness,  $L^*$ ) สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 7 มีค่าความสว่างของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 14, 18 และ 28 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 18 มีค่าความสว่างของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 14 และ 28 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 5) ซึ่งสอดคล้องกับ Roberson *et al.* (2005) รายงานว่าค่าความสว่างของไข่แดง (lightness,  $L^*$ ) ลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น

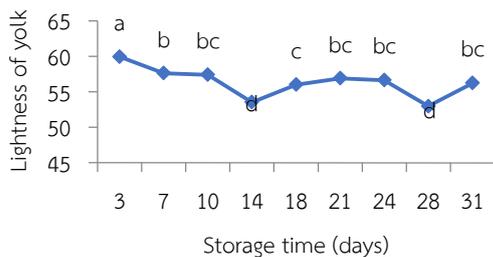


Fig. 5 Effect of storage time on lightness of yolk of free range egg

ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้องวันที่ 3 มีค่าความเป็นสีแดงของไข่แดง (redness,  $a^*$ ) สูงกว่าการเก็บไข่ไก่ที่ระยะเวลาวันที่ 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 18 มีค่าความเป็นสีแดงของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 18, 21, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 24 มีค่าความเป็นสีแดงของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 7) ซึ่งขัดแย้งกับ Roberson *et al.* (2005) รายงานว่าระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีแดงของไข่แดงเพิ่มขึ้น

กว่าวันที่ 7, 10 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 31 มีค่าความเป็นสีแดงของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 10 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 6) ซึ่งขัดแย้งกับ Roberson *et al.* (2005) กล่าวว่าค่าความเป็นสีแดงของไข่แดง (redness,  $a^*$ ) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น

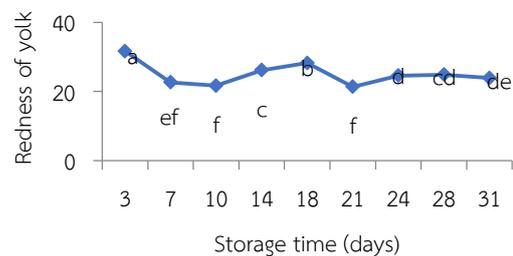


Fig. 6 Effect of storage time on redness of yolk of free range egg

จากการเก็บไข่ไก่ที่ระยะเวลา 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 วัน พบว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3 มีค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดง (yellowness,  $b^*$ ) สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 10, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 14 มีค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 18, 21, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 24 มีค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 7) ซึ่งขัดแย้งกับ Roberson *et al.* (2005) รายงานว่าระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดงเพิ่มขึ้น

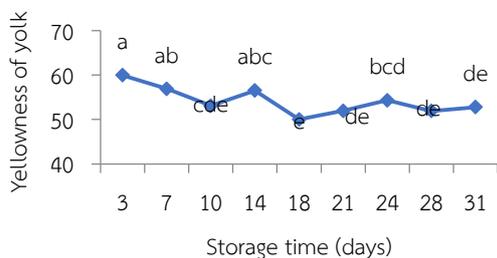


Fig.7 Effect of storage time on yellowness of yolk of free range egg

จากการเก็บไข่ไก่ที่ระยะเวลา 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 วันพบว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 และวันที่ 7 มีค่าสีไข่แดงจากพัดสีโรซสูงกว่าวันที่ 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 และ 21 มีค่าสีไข่แดงจากพัดสีโรซสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 8) ซึ่งสอดคล้องกับ USDA (2000) ได้กล่าวไว้ว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไข่มีผลต่อสีไข่แดง โดยไข่ที่มีระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น มีผลทำให้สีไข่แดงลดลง จากผลการทดลองการเก็บไข่ไก่ที่ระยะเวลา 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 วัน พบว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 7, 10 และ 14 มีค่าสีไข่แดงจากเครื่องมือวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 และ 21 มีค่าสีไข่แดงจากเครื่องมือวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 24 และ 28 มีค่าสีไข่แดงจากเครื่องมือวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 9) ซึ่งสอดคล้องกับ USDA (2000) รายงานว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่มีผลต่อสีไข่แดง โดยที่ระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น มีผลทำให้สีไข่แดงลดลง

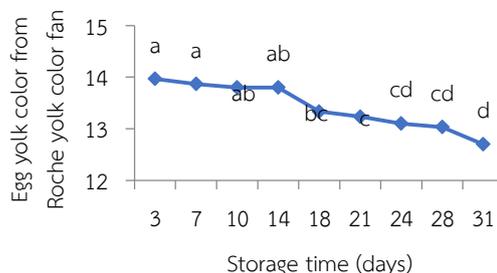


Fig. 8 Effect of storage time on egg yolk color from Roche yolk color fan of free-range egg

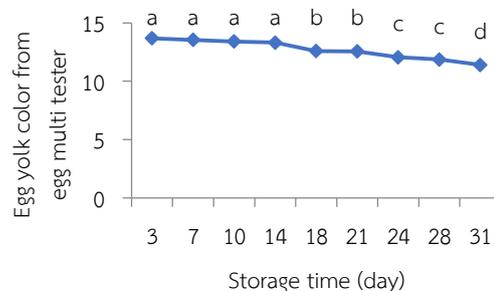


Fig. 9 Effect of storage time on egg yolk color from egg multi tester of free range egg

ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 31 มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดงสูงกว่าวันที่ 3, 7, 14, 18, 21 และ 24 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 28 มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 10) ซึ่งสอดคล้องกับ Lokaewmanee and Kochapan (2018) รายงานว่าการเก็บรักษาไข่ไก่อินทรีย์ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษา 18 และ 21 วัน ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไข่แดงเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 30% ที่อุณหภูมิในการเก็บเฉลี่ย 3.33 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 75.44%

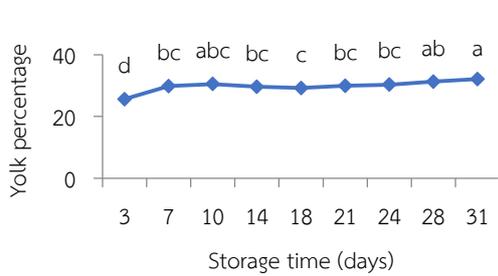


Fig. 10 Effect of storage time on yolk percentage of free range egg

การเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3 มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 7, 14 และ 18 มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 11) ซึ่งสอดคล้องกับ Akter *et al.* (2014) ได้กล่าวไว้ว่าผลของระยะเวลาเก็บไข่ไก่ที่นานขึ้นและอุณหภูมิสูง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไข่ขาวมีค่าลดลง ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 21 และ 31 มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3, 7, 14 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 24 และ 28 มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3, 7 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 7 และ 18 มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 12) สอดคล้องกับ Tilki และ Saatci (2004) รายงานว่าค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น แต่ขัดแย้งกับ Tabidi (2011) รายงานว่าอุณหภูมิในการเก็บไข่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของเปลือกไข่และ Scott and Silversides (2000) ได้กล่าวไว้ว่าเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาเก็บไข่ที่เพิ่มขึ้น

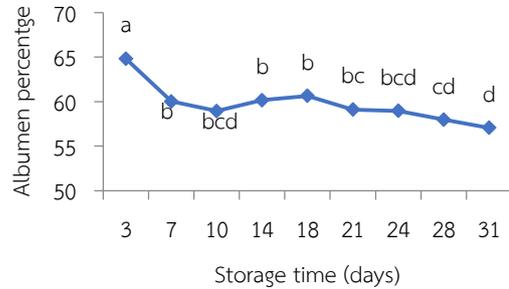


Fig. 11 Effect of storage time on albumen percentage of free range egg

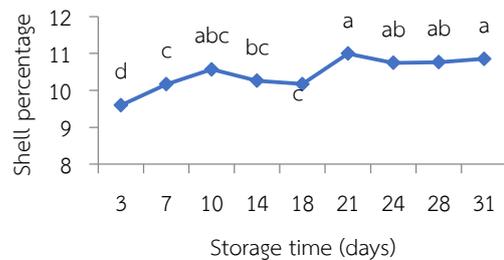


Fig. 12 Effect of storage time on shell percentage of free range egg

ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 31 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสูงกว่าวันที่ 3, 7, 10, 14, 18, 24 และ 28 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 28 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสูงกว่าวันที่ 3, 7, 10, 14 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 24 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสูงกว่าวันที่ 3, 7 และ 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 10 และ 18 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสูงกว่าวันที่ 3 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 14 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสูงกว่าวันที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 7 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่ในวันที่ 3

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 13) ซึ่งสอดคล้องกับ Scott and Silversides (2000) ที่พบว่าน้ำหนักไข่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บไข่ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 7 มีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 18, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 21 มีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 14) ซึ่งสอดคล้องกับ Tilki and Saatci (2004) รายงานว่าค่าดัชนีไข่แดงลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น

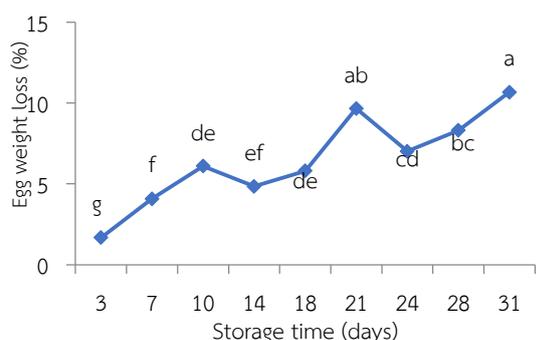


Fig. 13 Effect of storage time on egg weight loss of free range egg

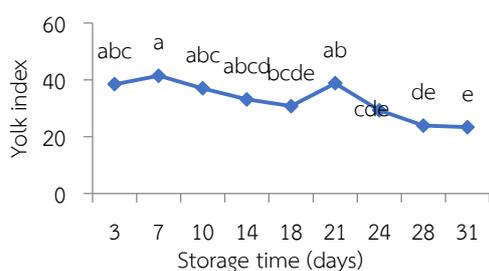


Fig. 14 Effect of storage time on yolk index of free range egg

ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 3 มีค่าดัชนีไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 7, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 10 และ 14 ( $P > 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 7 และ 18 มีค่าดัชนีไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 10 และ 14 ( $P > 0.05$ ) (Fig. 15) ซึ่งสอดคล้องกับ Lokaewmanee and Kochapan (2018) รายงานว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไข่ไก่อินทรีย์นานขึ้นจะทำให้ดัชนีไข่ขาวลดลง

ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 3 มีค่าดัชนีรูปทรงไข่สูงกว่าวันที่ 7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 16) ซึ่งสอดคล้องกับ เจนรงค์ และคณะ (2557) ได้กล่าวไว้ว่าอุณหภูมิเก็บไข่ไม่มีผลต่อคุณลักษณะภายนอกของไข่ไก่ ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 10 และ 28 มีค่าความแข็งเปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 3, 18 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 7, 14, 24 และ 31 ( $P > 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 24 มีค่าความแข็งเปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 18 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากระยะเวลาการเก็บไข่ไปเมื่อวันที่ 3, 7 และ 31 ( $P > 0.05$ ) (Fig. 17) Mahdavi *et al.* (2005) รายงานว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไม่มีผลต่อค่าความแข็งเปลือกไข่ Solomon (1985) รายงานว่าความแข็งแรงของเปลือกไข่ใน ความหมายทางวิศวกรรมหมายถึงคุณสมบัติในการยืดหยุ่น ความสามารถในการรองรับแรงกดและแรงดึง

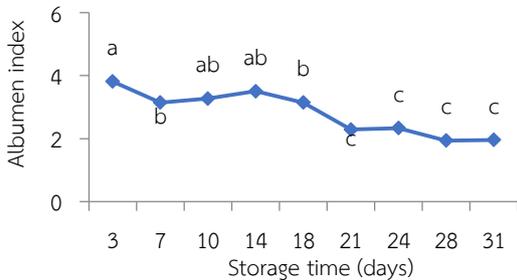


Fig. 15 Effect of storage time on albumen index of free range egg

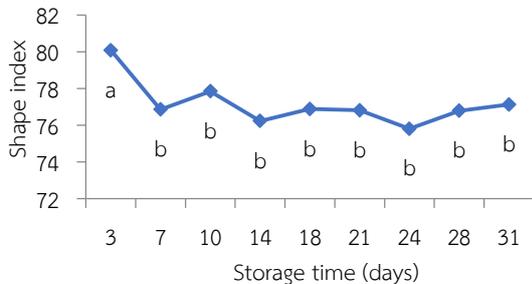


Fig. 16 Effect of storage time on shape index of free range egg

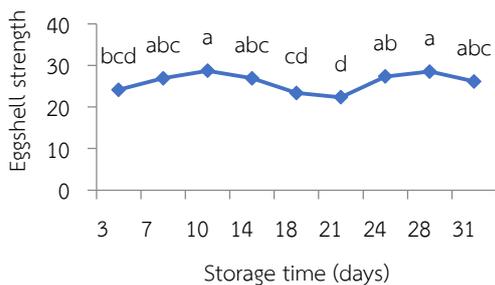


Fig. 17 Effect of storage time on eggshell strength of free range egg

การเก็บไข่ไก่วันที่ 7, 10 และ 14 มีค่าความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 18, 21, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 และ 21 มีค่าความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 24, 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 24, 28 และ 31 มีค่าความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Fig. 18) ซึ่งสอดคล้องกับ Kammongkun *et al.* (2014) ได้กล่าวไว้ว่าอุณหภูมิเก็บไข่ไม่มีผลต่อลักษณะคุณภาพภายนอกของไข่ไก่

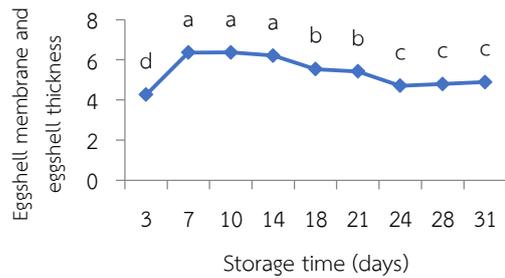


Fig. 18 Effect of storage time on eggshell membrane and eggshell thickness of free range egg

สรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความสว่างของไข่แดง ค่าความเป็นสีแดงของไข่แดง ค่าความเป็นสีเหลืองของไข่แดง สีไข่แดงจากฟัดสีโรซ สีไข่แดงจากเครื่องวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติ เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาวและดัชนีรูปทรงไข่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ในขณะที่ค่าฮอกยูนิต ค่าความเป็นกรดต่างไข่ขาว ค่าความเป็นกรดต่างไข่แดง

เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักของฟองไข่และความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่เปลือกไข่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) จากการทดลองสรุปได้ว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 14 วันที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 74% ยังคงรักษาคุณภาพไข่ไก่ที่ดีที่สุดสำหรับการบริโภคของมนุษย์

References

- Akter, Y., Kasim, A., Omar, H. and Sazili, A.Q. 2014. Effect of storage time and temperature on the quality characteristics of chicken eggs. *J. Food Agri. Envir.* 12: 87-92.
- Akyurek, H. and Okur, A.A. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *J. Ani. Vet. Adv.* 8(10): 1953-1958.
- Department of Livestock Development. 2010. Free-range organic egg/Happy chick. Division of Livestock Extension and Development, Department of Livestock Development. (in Thai)
- Kammongkun, J., Chalermpon, B., Choosak, P. and Amnuay, L. 2014. Effect of layer breed, storage temperature and time on egg quality. *Khon Kaen Agr. J.* 42 Suppl(1): 223-229. (in Thai)
- Lokaewmanee, K. and Kochapan, S. 2018. Effect of storage time on egg quality of organic eggs kept in refrigerator temperature. *King Mongkut's Agr. J.* 36(3):125-135. (in Thai)
- Mahdavi, A.H., Rahmani H.R. and Pourreza, J. 2005. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *Int. J. Poult. Sci.* 4(7): 488-492.
- Roberson, K.D., Kalbfeisch, J.L., Pan, W. and Charbeneau, R.A. 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. *Int. J. Poult. Sci.* 4(2): 44-51.
- SAS. 2002. SAS User's Guide, V.6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Samli, H.E., Agma, A. and Senkoylu, N. 2005. The effect of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 14(3): 548-553.

- Scott, T.A. and Silversides, F.G. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. J. Poult. Sci. 79(12): 1725-1729.
- Solomon, S.E. 1985. Eggshell pigmentation, pp.147-157, *In*:R.G. Wells and C.G. Belyavin(ed.). Egg Quality: Current Problems and Recent Advances, Butterworths, London.
- Tabidi, M.H. 2011. Impact of storage period and quality on composition of table egg. Adv. Envir. Bio. 5(5): 856-861.
- Tilki, M. and Saatci, M. 2004. Effects of storage time on external and internal characteristics in Partridge (*Alectoris graeca*) eggs. Rev. de Méd. Vété. 115(11): 561-564.
- USDA. 2000. Egg grading manual. Agricultural Handbook No. 75. Department of Agriculture, Washington, United States.

---

## ผลกระทบจากรูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมต่อความสบายของโคในฟาร์มรายย่อยใน จังหวัดเชียงใหม่

---

ณัชวิชญ์ ตีกุล\* และ สุวิทย์ ประชุม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290  
กลุ่มพัฒนาคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ ปศุสัตว์เชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคเนื้อและโคนมกำลังเผชิญกับความแปรปรวนกับสภาพอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อนส่งผลทำให้ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงโคลดลงและมีต้นทุนการเลี้ยงโคสูงขึ้น รูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมรอบโรงเรือนจึงส่งผลต่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนอย่างมาก เอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอลักษณะทั่วไปทางกายภาพโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบโรงเรือนเพื่อพิจารณาปัญหาารูปแบบโรงเรือนที่มีอยู่และความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและความสบายของโคทั้งโคเนื้อและโคนมในฟาร์มขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่ จากการสำรวจพบว่าโรงเรือนส่วนใหญ่ต่ำเกินไป มีความสูงประมาณ 2.70 เมตร ใช้วัสดุผนังหลังคาที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณใต้หลังคาและแผ่ความร้อนลงมาภายในโรงเรือน มีการจัดวางอาคารที่ไม่เอื้อต่อการรับลมรวมทั้งยังมีอาคารที่ขวางทิศทางลมบริเวณรอบโรงเรือนด้วย ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ส่งผลทำให้ระดับความเครียดของโคในช่วงฤดูร้อนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุงสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แก่การออกแบบโรงเรือนให้มีความสูงเพิ่มขึ้น เพิ่มการระบายอากาศบริเวณใต้หลังคาและใช้วัสดุผนังหลังคาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ รวมถึงการเพิ่มร่มเงาบริเวณรอบโรงเรือน ลดการปลูกสร้างสิ่งกีดขวางทางลมจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้

**คำสำคัญ:** โรงเรือน โคนม โคเนื้อ เกษตรกรรายย่อย ความเครียดจากความร้อน

---

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: nachawit@gmail.com

---

## The Effect of Housing and Environment on Cow Comfort in Small Household Farms in Chiang Mai

---

Nachawit Tikul\* and Suwit Prachum

*Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, San Sai, Chiang Mai, 50290, Thailand*

*Chiang Mai Provincial Livestock Office, Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai, 50300, Thailand*

### Abstract

Beef and dairy cattle small household farmers in Chiang Mai are facing severe weather, especially in the summer, resulting in reduced productivity and higher costs. Cattle housing and its environment are important factors that affect indoor temperature. This paper aims to provide the general physical characteristics of beef and dairy cattle housing and the environment surrounding the houses in the small farms in Chiang Mai. They were used to consider the existing housing problems and the relationship between housing characteristics and cattle comfort. It was found that most cattle housing is too short with a height of about 2.7 meters, using roofing materials that cause heat transfer under the roof and radiating heat into the cattle housing. In addition, the survey also found that cattle housing is not conducive to the wind, and there are other buildings near cattle housing that block the wind direction that cause the indoor temperature was higher than the outside temperature. The high temperature leads to increase heat stress of cattle during the summer to moderate to high levels. Therefore, the important strategy that should be considered to improve the indoor air quality is the cattle housing styles i.e. increasing height and using roof materials with low thermal conductivity. Shading around the house and building orientation are also important for reducing the temperature inside the housing.

**Keywords:** cattle housing, dairy cattle, beef cattle, small household farmer, heat stress

---

\*  
Corresponding author: E-mail: nachawit@gmail.com

**บทนำ**

จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่ผลิตน้ำมันดิบที่มีคุณภาพดีที่สุดของประเทศไทยและยังเป็นพื้นที่ที่เลี้ยงโคเนื้อมากที่สุดของภาคเหนือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโค 92% เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีข้อจำกัดทางการเงินจึงใช้วิธีการเลี้ยงโคแบบระบบเปิดซึ่งเชื่อมโยงกับสภาพดินฟ้าอากาศและสภาพธรรมชาติในพื้นที่โดยตรง ดังนั้นสภาพอากาศภายนอกโรงเรือนจึงส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณผลิตภัณฑ์จากโคในที่สุด (NRC, 1981; Devendra and Thomas, 2002; Hatem *et al.*, 2004; Nagayets, 2005) ปัจจุบันเกษตรกรเหล่านี้กำลังเผชิญกับความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อ การเลี้ยงโคเป็นอย่างมาก ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปีซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน ปริมาณและคุณภาพน้ำมันดิบในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จะลดลงประมาณ 10% (DLD, 2018) เนื่องจากโคมีความเครียดจากความร้อน กินอาหารแห้งลดลง ส่งผลทำให้โคอ่อนแอ เจ็บป่วยได้ง่าย มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (Amundson *et al.*, 2005; Mader *et al.*, 2006; Garcia, 2006) และมีแนวโน้มที่ปริมาณน้ำมันดิบในจังหวัดเชียงใหม่จะลดลงทุกปีจากความร้อนและความแปรปรวนสภาพอากาศที่เพิ่มขึ้น จากข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่เป็นสมาชิกสหกรณ์โคนมในจังหวัดเชียงใหม่พบว่าในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2559-2561) มีเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคนมได้ปิดฟาร์มลง 14 ราย เนื่องจากไม่สามารถรับมือกับสถานการณ์เหล่านี้ได้ (CM-PVLO, 2018)

กลยุทธ์สำคัญที่ถูกนำมาใช้เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยสามารถรับมือกับความแปรปรวนจากสภาพอากาศ ได้แก่ การพัฒนาสายพันธุ์โคที่แข็งแรงและทนทานมากขึ้น การพัฒนาวัคซีนและอาหารเสริม รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีในการเลี้ยงโค ทำให้การเลี้ยงโคระบบปิดถูกให้ความสำคัญมากขึ้นและกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการทำ

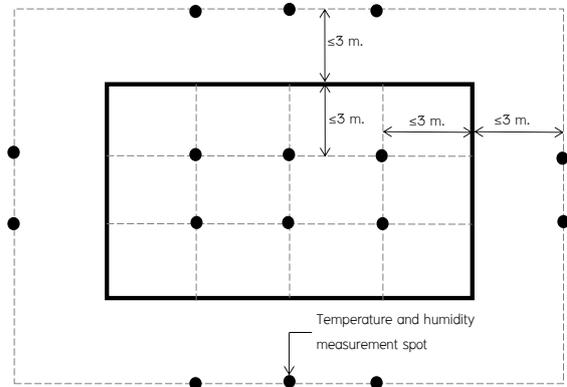
ปศุสัตว์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต (Aditto, 2011; Senorpe *et al.*, 2018) แต่ทั้งนี้การเลี้ยงโคในระบบปิดมักพบในกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์รายใหญ่เท่านั้น เนื่องจากการสร้างโรงเรือนเลี้ยงสัตว์แบบระบบปิดที่ครบวงจรจำเป็นต้องมีการลงทุนในระยะเริ่มต้นสูงและยังมีค่าใช้จ่ายที่ตามมาอีกหลายรายการ ได้แก่ ค่าไฟ ค่าน้ำ และค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ เกษตรกรต้องมีความเข้าใจในระบบของโรงเรือนและต้องตรวจสอบอุปกรณ์เป็นประจำเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้โรงเรือนระบบปิดอาจไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีปัญหาการจ่ายไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเพราะถ้าไฟฟ้าดับเป็นเวลานานอาจทำให้สัตว์ตายได้ ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นข้อจำกัดของเกษตรกรรายย่อยทั้งสิ้นทั้งด้านเงินทุน องค์ความรู้ และทำเลที่ตั้งที่เลี้ยงสัตว์และการทำโรงเรือนแบบปิดนี้อาจไม่คุ้มค่าสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสัตว์จำนวนไม่มาก (Aditto, 2011)

แนวทางหนึ่งที่ไม่ควรมองข้ามและจัดเป็นพื้นฐานสำคัญในการเลี้ยงปศุสัตว์คือการมีรูปแบบโรงเรือนและการจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่พึ่งพิงธรรมชาติ (passive strategy) ให้ได้มากที่สุดเพื่อสนับสนุนการสร้างสภาวะน่าสบายที่โคต้องการภายใต้แรงผลักดันจากสภาพอากาศที่รุนแรงแบบประหยัด ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้านคุณภาพและการลดลงของผลผลิต การคงอยู่ของเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงสัตว์และนำไปสู่ความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศไทยในที่สุด รายงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอลักษณะทั่วไปทางกายภาพโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบโรงเรือนเพื่อพิจารณาปัญหาแบบโรงเรือนที่มีอยู่และความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและความสบายของโคทั้งโคเนื้อและโคนมในฟาร์มขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมและออกแบบโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อและโคนมที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยในระยะต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

สำรวจฟาร์มเลี้ยงโคของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งหมายถึงฟาร์มที่มีโคเนื้อไม่เกิน 30 ตัว หรือมีโคนมแม่พันธุ์ไม่เกิน 10 ตัว ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนเมษายน 2562 ในช่วงเวลา 13.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงสุดของวันโดยไม่ใช้ระบบช่วยปรับสภาพอากาศใดๆภายในโรงเรือนขณะสำรวจและตรวจวัด จากฐานข้อมูลของ Chiang Mai Provincial Livestock Office (CM-PVLO, 2018) พบว่ามีเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 11,524 รายและเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจำนวน 187 ราย โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำนวน 347 ราย และกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจำนวน 43 ราย (e=0.05) เลือกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตามสะดวก (convenience หรือ accidental sampling) ควบคู่กับการใช้วิธีการแนะนำของหน่วยตัวอย่างที่ได้เก็บข้อมูลไปแล้ว (snowball sampling)

สถิติพรรณนาถูกใช้เพื่ออธิบายลักษณะโรงเรือนและข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการอธิบายข้อมูลแบบอัตราส่วน (ratio scale) และอันตรภาค (interval scale) ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ขนาดและรูปแบบโรงเรือน จำนวนต้นไม้ ขนาดพื้นที่สิ่งแวดล้อมต่างๆรอบโรงเรือน ใช้ค่าความถี่ (frequency) และร้อยละ (percentile) ในการอธิบายข้อมูลเรียงอันดับ (ordinal scale) และนามบัญญัติ (nominal scale) ได้แก่ ระดับความเครียดของโค ชนิดของวัสดุผนังหลังคาและรูปทรงหลังคา



อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายนอกและภายในโรงเรือนถูกวัดโดยเครื่องมือวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล รุ่น Lutron LM-8102 ตามตำแหน่งตัวอย่างดัง Fig.1 (ASHRAE, 2005) และนำมาหาค่าเฉลี่ยและนำไปใช้ในการประเมินความเครียดของโคโดยการคำนวณค่า Temperature-Humidity Index (THI) ตามสมการความสัมพันธ์ของ Mader *et al.* (2006) เนื่องจากเป็นดัชนีที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาสภาพอากาศภายในโรงเรือนที่มีร่มเงาแบบเปิด มีการเคลื่อนที่ของอากาศต่ำและมีการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งโคเนื้อและโคนม (Li *et al.*, 2009)

$$THI = (0.8 \times Tdb) + [(RH/100) \times (Tdb - 14.4)] + 46.4$$

โดยที่

Tdb คือ อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)  
RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ที่แสดงในรูปสัดส่วน

นำค่า THI ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การวิเคราะห์ระดับความรุนแรง (threshold) ของการเกิด heat stress ตามระดับความเครียดซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ ไม่มี ความเครียด มีความเครียดเล็กน้อย มีความเครียดปานกลาง มีความเครียดรุนแรง

และมีความเครียดระดับสูงจนไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ รายละเอียดดัง Table 1

**Table 1** Thermal humidity index (THI)

Heat stress levels	THI
No-stress	< 72
Mild-stress	72 – 78
Moderate	79 – 88
Severe	89 – 98
Cannot life	มากกว่า 98

Source: Mader (2006)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ถูกใช้เพื่อวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรือน (Y) กับ ชนิดของวัสดุผนังหลังคารูปทรงหลังคา ขนาดโรงเรือน จำนวนอาคารโดยรอบ จำนวนต้นไม้ พื้นที่บ่อน้ำ พื้นที่ทุ่งหญ้าและพื้นที่ลาดเชิง โดยใช้วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (stepwise regression) คัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดและได้โมเดลที่ประหยัดที่สุด หากตัวแปรใดไม่ได้ส่งผลให้ค่า R-square เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็จะถูกจัดออกไป

ผลการวิจัย

**1. ลักษณะทั่วไปทางกายภาพโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ**

จากการสำรวจพบว่าการเลี้ยงโคเนื้อและโคนมของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่มี 3 ลักษณะ ได้แก่ การเลี้ยงแบบปล่อยหรือแบบไล่ต้อน การเลี้ยงแบบยึนโรงและแบบผสม ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบผสมผสานกับการทำเกษตรกรรม พันธุ์โคเนื้อส่วนใหญ่มักเป็นพันธุ์โคพื้นเมืองไทย (Thai Indigenous Cattle) หรือโคลูกผสมพื้นเมือง หรือโคลูกผสมอื่นที่มีขนาดไม่

ใหญ่มากนัก ที่เลี้ยงง่าย หากินเก่ง สำหรับโคนมส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ขาว-ดำหรือลูกผสมขาว-ดำ รูปแบบโรงเรือนทั้งหมดเป็นแบบเปิด ดังนั้นความเครียดจากความร้อนของโคจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพอากาศโดยรอบเป็นสำคัญ ประกอบกับพื้นที่ตั้งฟาร์มในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน 2562 จะมีสภาพอากาศร้อนมากกว่า 40 °ซ มากกว่า 10 วันติดต่อกัน สิ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันสภาพอากาศร้อนภายในฟาร์มมีเพียงร่มเงาที่ได้จากหลังคาและต้นไม้ใหญ่รอบโรงเรือน โรงเรือนโคเนื้อโดยทั่วไปมีพื้นที่ส่วนที่เป็นโรงเรือนเฉลี่ย 63.6 ตร.ม. (SD=65.37) หรือประมาณ 6.6 ตร.ม./โคเนื้อ 1 ตัว (SD=10.06) ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของปศุสัตว์ที่ 8-10 ตร.ม./ตัว (DLD, 2018) ในขณะที่โรงเรือนเลี้ยงโคนมจะมีขนาดพื้นที่มากกว่าโดยเฉลี่ยที่ 116.86 ตร.ม. (SD=112.78) หรือ ประมาณ 13.15 ตร.ม./โคนม 1 ตัว (SD=12.14) จากการสำรวจรูปแบบโรงเรือนและวัสดุที่ใช้ทำโรงเรือนพบว่า โรงเรือนโคเนื้อและโคนมมีรูปแบบหลังคาทรงจั่วเป็นส่วนใหญ่ (87%) ดัง Fig.2 และ Fig.3 และพบหลังคารูปทรงอื่นบ้างประปราย เช่น ทรงหมาแหงนและหมาแหงนกลาย อย่างไรก็ตาม ความสูงของหลังคาหรือร่มเงาโดยทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 5-8 ม. แต่ถ้าหากมีความกว้างโรงเรือนมากกว่า 24 ม. ควรมีความสูงโรงเรือนมากกว่า 8 ม. (Hattem *et al.*, 2004; Samer, 2010) แต่จากการสำรวจพบว่าโรงเรือนโคนมมีความกว้างเฉลี่ยประมาณ 13 ม. ในขณะที่มีความสูงประมาณ 2.7 ม. ซึ่งทำให้การระบายอากาศเป็นไปได้ช้าลง (Table 2)



Fig.2 Characteristics of beef cattle housing found in Chiang Mai



Fig.3 Characteristics of dairy cow housing found in Chiang Mai

Table 2 Cattle housing information (n=390)

Components	Beef housing (n=347)		Dairy housing (n=43)	
	( $\bar{x}$ )	SD	( $\bar{x}$ )	SD
Width (m)	6.17	3.06	7.60	4.85
Length (m)	9.17	5.18	13.39	8.50
Height (m)	3.28	0.97	2.70	0.81
Areas/cow (m <sup>2</sup> /cow)	6.6	10.06	13.15	12.14

การเลือกวัสดุหลังคาที่เหมาะสมจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ (Bucklin, 1993; Samer, 2010, Arla, Morrisons and DairyCo, 2012) ซึ่งพบว่าเกษตรกรรายย่อยนิยมใช้ zinc roof sheets (43.8%) เนื่องจากมีความทนทาน น้ำหนักเบา ราคาถูก หาซื้อและติดตั้งง่าย รองลงมาเป็นกระเบื้องซีเมนต์ลอนคู่ (33.1%) และพลาสติกจำพวกโพลีเอทิลีน (polyethylene plastic) (14.4%) แต่สังกะสีกลับเป็นตัวเลือกสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity) สูง โดยที่ค่าการนำความร้อนของสังกะสีอยู่ที่ 211 W/mK ในขณะที่กระเบื้องซีเมนต์ลอนคู่และ polyethylene plastic อยู่ที่ 0.993 และ 0.44 W/mK ในขณะที่ polyethylene plastic แบบใสจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนที่ผ่านมามีความสัมพันธ์กับแสงอาทิตย์ (Ngo *et al.*, 2016) การติดตั้งฝ้าเพดานจึงเป็นทางเลือกที่ดีโดยใช้วัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น เช่น เลื้อยฟาง (Thormark, 2002; Samer *et al.*, 2010) พบการทำฝ้าเพดานในโรงเรือนโคเนื้อแบบง่าย ๆ โดยใช้วัสดุประเภทไม้ไผ่และพลาสติกแต่มีวัสดุประสงค์เพื่อเก็บฟางและกันฝนจากรอยรั่วของหลังคาจำนวน 48 แห่งจาก 347 แห่ง (13.9%) และไม่พบการทำฝ้าเพดานสำหรับกันความร้อนภายในโรงเรือนโคนมเลย (100%)

โรงเรือนโคเนื้อบางแห่ง (19%) มีผนังซึ่งอาจมีผนังทุกด้านที่ทำจากสแลนหรือมุ้งเพื่อป้องกันแมลงหรือมีผนังบางส่วนที่ทำจากวัสดุถาวรจำพวกไม้หรือก่ออิฐ (ฉาบปูน) เพื่อใช้เป็นพื้นที่เก็บอุปกรณ์ในการเลี้ยงโค สำหรับโคนมพบการใช้สแลนเพื่อกันแสงและกันแมลง 18% แต่การกันผนังที่สูงจรดหลังคาเช่นนี้อาจเป็นอุปสรรคต่อการระบายอากาศภายในโรงเรือนได้ (Cole, 2011) พื้นโรงเรือนโคเนื้อส่วนใหญ่เป็นพื้นดินไม่ยกสูง (72%) กรณีนี้จะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนและช่วยให้อุณหภูมิในตัวโคลดลงได้เมื่อนอนบนพื้นดิน (Cole, 2011; Thormark, 2002) แต่อาจส่งผลต่อสุขภาพของโค (Samer *et al.*, 2010) มีฟาร์มบางแห่งที่เทพื้น

โรงเรือนด้วยคอนกรีต (16.7%) หรือทำพื้นด้วยไม้เนื้อแข็ง (1.7%)

การออกแบบและจัดวางตำแหน่งที่เหมาะสมจะช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ในช่องว่างระหว่างหลังคาและพื้นที่ที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติจะช่วยปรับปรุงสภาพอากาศบริเวณฟาร์มได้ (Hattem *et al.*, 2004; Samer, 2010; Arla, Morrisons and DairyCo, 2012) การวางตัวอาคารควรทำร่วมกับการนำเอาสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศทั้งระดับท้องถิ่น (local climate) และระดับพื้นที่ (specific microclimate) เข้ามาร่วมในการพิจารณา (Cole, 2011) โรงเรือนในประเทศแถบร้อนควรสร้างโรงเรือนตามตะวันคือแนวทิศตะวันออกและตะวันตก เพื่อให้ได้รับลมประจำฤดูและเกิดร่มเงาภายใต้โรงเรือนมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าพื้นที่โรงเรือนเป็นดินแล้วแสงแดดที่ส่องเข้ามาภายใต้โรงเรือนในช่วงเช้า บ่ายและเย็น จะช่วยทำให้พื้นดินแห้งไม่เปียกแฉะแฉะและควรมีลานดินด้านข้างของโรงเรือนทั้งสองด้าน เพื่อให้โคออกไปอยู่และใช้ประโยชน์ร่มเงาที่ตกทอดออกไปได้ (Tatsapong, 2017) ซึ่งจากการสำรวจพบว่าโรงเรือนส่วนใหญ่ (70.3%) หันหน้าอาคาร (ด้านยาว) ไปทางด้านทิศเหนือกรณีเช่นนี้ช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนลงได้

สิ่งแวดล้อมและการใช้พื้นที่รอบโรงเรือนในระยะ 10 ม. ส่งผลต่อสภาพอากาศโดยรอบและภายในโรงเรือน บริเวณรอบโรงเรือนที่ประกอบด้วยพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ชุ่มน้ำจะส่งผลทำให้อุณหภูมิโดยรอบโรงเรือนลดลงก่อนพัดเข้าสู่ภายในโรงเรือน แต่หากบริเวณโรงเรือนเป็นพื้นที่ลาดชันจะทำให้อุณหภูมิโดยรอบมีแนวโน้มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างในระยะ 15 ม. จะทำให้การระบายอากาศและรับลมได้ลดลงและส่งผลกระทบต่อการแพร่กระจายโรคได้ (Hattem *et al.*, 2006; Samer *et al.*, 2008b; Samer *et al.*, 2008d) โรงเรือนโคนเนื้อมีจำนวนต้นไม้รอบโรงเรือนเฉลี่ย 3.86 ต้น (SD=2.96) ซึ่งน้อยกว่าจำนวนต้นไม้รอบโรงเรือนโคนม ( $\bar{X}$ =7.28 SD=3.44) ซึ่งต้นไม้ส่วนใหญ่จะอยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออกแทนที่จะอยู่ทางทิศใต้และทิศตะวันตกเพื่อช่วยให้เกิดเงาในช่วงบ่าย (Cole, 2011) และมีพื้นที่บ่อน้ำธรรมชาติในพื้นที่ฟาร์มโคนเนื้อและโคนมเฉลี่ย 18.80 และ 27.30 ตร.ม. (SD=60.67 และ 31.01) ตามลำดับ พื้นที่ทุ่งหญ้าที่ส่วนใหญ่ถูกปลูกไว้เพื่อเป็นอาหารโคเฉลี่ย 200 และ 2,514 ตร.ม. (SD= 46.45 และ 936.83) ตามลำดับ ดังข้อมูลใน Table 4 และ Table 5

**Table 3** Beef and dairy cow housing components (n=390)

Items	Beef housing				Dairy housing				Items	Beef housing				Dairy housing			
	F		%		F		%			F		%		F		%	
	F	%	F	%	F	%	F	%		F	%	F	%	F	%	F	%
Roof shape	Flat	14	4.03	-	-	Ceiling	None	299	86.2	43	100						
	Skillion	25	7.20	6	13.95		Bamboo	2	0.6	-	-						
	Butterfly	1	0.29	-	-		Polyethylene	46	13.3	-	-						
	Gabled	305	87.90	37	86.05		Wall	None	281	79.4	28	63.6					
	Others	2	0.58	-	-			Hard wood	7	2	-	-					
Roofing materials	Fiber cement	125	34.7	24	52.2	Bamboo	22	6.2	7	15.9							
	Zinc sheet	163	45.3	18	39.1	Block cement	2	0.6	-	-							
	Alu-Zinc	17	4.7	4	8.7	Polyethylene	34	9.6	8	18.2							
	Plastic nets	2	0.6	-	-	Plastic nets	8	2.3	1	2.3							
	Polyethylene	53	14.7	-	-	Floor finishing	None	250	72	25	58.1						
Constructive materials	Concrete	2	0.6	-	-		Concrete	58	16.7	15	34.9						
	Steel	25	7.2	6	14		Steel	1	0.3	-	-						
	Hardwood	303	87.3	36	83.7		Hardwood	6	1.7	3	7						
	Plywood	7	2	-	-		Others	32	9.2	-	-						
	Bamboo	9	2.6	1	2.3												

Note: F= Frequency

**Table 4** Environment and orientation of beef cow housing (n=347)

Items	Cardinal directions							
	North (N)		South (S)		East (E)		West (W)	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Orientation*	272	78.4	-	-	75	21.6	-	-
Trees	152	43.8	94	27.1	105	30.3	72	20.7
Hardscape	25	7.2	16	4.6	18	5.2	14	4.0
Wet land	12	3.5	4	1.2	5	1.4	4	1.2
Grass land	21	6.1	11	3.2	14	4.0	12	3.5
Building	61	17.6	38	11.0	40	11.5	39	11.2

Note: N= 315-45, E= 45-135, S= 135-225, W= 225-315

Orientation\*: N= N-S axis, E= E-W axis

**Table 5** Environment and orientation of dairy cow housing (n=43)

Items	Cardinal directions							
	North (N)		South (S)		East (E)		West (W)	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Orientation*	29	67.4	-	-	14	32.6	-	-
Trees	29	67.4	21	48.8	18	41.9	17	39.5
Hardscape	8	18.6	3	7.0	3	7.0	2	4.7
Wet land	8	18.6	0	0.0	7	16.3	2	4.7
Grass land	8	18.6	11	25.6	10	23.3	8	18.6
Building	19	44.2	8	18.6	9	20.9	10	23.3

**Note:** N= 315-45, E= 45-135, S= 135-225, W= 225-315

Orientation\*: N= N-S axis, E= E-W axis

**2. สภาพาสบายในโรงเรือน**

จากการตรวจวัดสภาพอากาศช่วงฤดูร้อน บริเวณโดยรอบโรงเรือนโคนเนื้อที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 38.20 °ซ (SD = 2.97) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 40.38% (SD = 10.08) มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน 37.88 °ซ (SD = 3.25) และมีความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 45.00% (SD = 10.28) สำหรับพื้นที่บริเวณโดยรอบ

โรงเรือนโคนมพบว่า มีอุณหภูมิเฉลี่ย 37.13 °ซ (SD = 3.04) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 49.57% (SD = 7.84) มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน 36.40 °ซ (SD = 3.40) และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 50.37% (SD = 8.12) นอกจากนี้ยังไว้วัดระดับความเร็วลมและระดับเสียงภายนอกและภายในโรงเรือนโคนเนื้อและโคนมซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงใน Table 6

**Table 6** Mean daily weather on farm

Weather	Beef housing (n=347)				Dairy housing (n=43)			
	Outside housing		Inside housing		Outside housing		Inside housing	
	( $\bar{X}$ )	SD	( $\bar{X}$ )	SD	( $\bar{X}$ )	SD	( $\bar{X}$ )	SD
Temperature (°C)	38.20	2.97	37.88	3.25	37.13	3.04	36.40	3.40
Relative humidity (%)	40.38	10.08	45.00	10.28	49.57	7.84	50.37	8.12
Wind speed (m/s)	0.21	0.29	0.14	0.35	0.13	0.21	0.06	0.09

เมื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนมาหาค่าระดับความเครียดของโคโดยใช้ Temperature-Humidity Index (THI) ตามสมการของ Mader (2006) พบว่าโรงเรือนโคนเนื้อมีค่า THI เฉลี่ย

87.16 (SD=4.03) สำหรับโรงเรือนโคนมพบว่า มีค่า THI เฉลี่ย 86.60 (SD=4.35) เมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความเครียดของโค 5 ระดับ พบว่าระดับความเครียดทั้งโคนเนื้อและโคนมอยู่ในระดับปานกลาง

(moderate stress) เป็นความเครียดในระดับปกติที่ไม่ก่ออันตรายและไม่แสดงออกถึงความเครียดที่ชัดเจนและส่วนใหญ่จะสามารถปรับตัวกลับสู่ภาวะปกติได้เอง (Table 7)

เมื่ออากาศร้อนโคจะแสดงอาการหอบ กินหญ้า น้อย กินน้ำมาก การเลี้ยงโคระบบเปิดในพื้นที่ที่แห้งแล้ง และกิ่งแห้งควรเลือกใช้ระบบทำความเย็นแบบหัวฉีดขนาดเล็ก (sprinkle) ร่วมกับการใช้พัดลมจะช่วยลดความร้อนภายในโรงเรือน และควรเลือกระบบระบายความร้อนด้วยหมอก (fog cooling system) เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความชื้นค่อนข้างสูง (Amundson et al., 2005; Samer et al., 2008) และควรติดตั้งภายในโรงเรือนใต้โครงสร้างที่ร่มเช่นเหนือโคประมาณ 2.5 ม. แต่ระบบนี้จะไม่มีประสิทธิภาพภายใต้สภาพเรือนเปิด

เนื่องจากอากาศภายนอกที่ร้อนจะไหลผ่านเข้ามาและนำอากาศเย็นที่ล้อมรอบโคออกไป (Hatem et al., 2006) แต่จากการสำรวจพบว่าเมื่ออากาศร้อนและโคเริ่มแสดงอาการเกษตรกรจะแก้ปัญหาโดยการอาบน้ำให้โคหรือนำโคไปผูกไว้ที่ร่มเงาใต้ต้นไม้ริมน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรรายย่อยทำได้ไม่ยากเนื่องจากมีจำนวนโคน้อย พื้นที่เลี้ยงส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีแหล่งน้ำธรรมชาติ พบเพียง 5 ฟาร์ม ที่มีพัดลมระบายความร้อนลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนซึ่งพบในการเลี้ยงโคนม และพบ 7 ฟาร์มที่ติดตั้งระบบ sprinkle บนหลังคาโดยไม่มีพัดลม มีเพียง 2 ฟาร์มที่ติดตั้ง sprinkle บนหลังคาและมีพัดลม ไม่พบการติดตั้ง Fog cooling system ภายในโรงเรือนเกษตรกรรายย่อยทั้งโคเนื้อและโคนม

**Table 7** Temperature-humidity index (THI) and heat stress levels of beef and dairy cows

Type of housing	Temperature-humidity index (THI)		Heat stress levels
	( $\bar{X}$ )	SD	
Beef housing (n=347)	87.16	4.03	Moderate stress (79-88)
Dairy housing (n=43)	86.60	4.35	Moderate stress (79-88)

### 3. ประสิทธิภาพการลดความร้อนของโรงเรือน

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโรงเรือนของเกษตรกรรายย่อยที่มีอยู่ในการลดระดับความเครียดของโคจากความต่างของอุณหภูมิบริเวณโดยรอบ ( $T_{out}$ ) และอุณหภูมิภายในโรงเรือน ( $T_{in}$ ) โดยให้  $\Delta T = T_{out} - T_{in}$  พบว่าโรงเรือนโคเนื้อของเกษตรกรรายย่อยที่มีอยู่สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกได้เฉลี่ย 0.76 °ซ (SD = 1.41) โดยมีโรงเรือนโคเนื้อที่สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 10.25 °ซ และมีบางแห่งมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกถึง 3.15 °ซ สำหรับโรงเรือนโคนมของเกษตรกรรายย่อยที่มีอยู่สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกได้เฉลี่ย 0.18 °ซ (SD = 0.71) โดยมีโรงเรือนโคนมที่สามารถลดอุณหภูมิได้

สูงสุด 2.55 °ซ และพบว่าและมีบางแห่งมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกถึง 1.95 °ซ ดังข้อมูลใน Table 8

**Table 8** Thermal efficiency of cattle housing

Type of housing	ความต่างของอุณหภูมิ ( $\Delta T = T_{out} - T_{in}$ )	
	( $\bar{X}$ )	SD
Beef housing (n=347)	0.74	1.24
Dairy housing (n=43)	2.55	0.56

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์แบบถดถอยหลายตัวแปรและใช้การเลือกตัวแปรพยากรณ์โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) พบว่าความสูงของโรงเรียนมีอิทธิพลต่อความต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรียนมากที่สุด รองลงมาเป็นรูปทรงหลังคา จำนวนอาคารโดยรอบโรงเรียน และวัสดุผนังหลังคา ซึ่งสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้สามารถอธิบายค่าความต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรียนได้ถึง 93.6% ( $F=107.59$ ) ดังนั้นการออกแบบโรงเรียนของ

เกษตรกรรายย่อยจึงควรให้ความสำคัญกับการกำหนดสัดส่วนโรงเรียน รูปทรงหลังคาและเลือกวัสดุผนังหลังคาที่เหมาะสมจะช่วยให้การระบายอากาศภายในโรงเรียนดีขึ้นและลดอุณหภูมิภายในโรงเรียน (Hatem *et al.*, 2004; Samer, 2010) รวมถึงเพิ่มพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ชุ่มน้ำและลดการมีพื้นที่ลาดชันและการสร้างอาคารที่ติดกับโรงเรียนจะช่วยลดอุณหภูมิก่อนเข้าโรงเรียนได้ เหล่านี้จะช่วยลดระดับความเครียดของโคได้ (Cole, 2011; Tatsapong, 2017)

ANOVA<sup>a</sup>

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	53.101	2	27.957	107.588	.000 <sup>a</sup>
Residual	477.436	385	.260		
Total	530.537	387			

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.967 <sup>e</sup>	.936	.927	.50976

Coefficients<sup>a</sup>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
	(Constant)	-3.413	.360		
Roof shape (Skillion)	-6.674	.559	-.540	-11.939	.000
Housing height	1.660	.131	.625	12.647	.000
Building around housing (S)	.506	.162	.135	3.127	.003
Building around housing (W)	.584	.181	.144	3.237	.003
Roofing materials (Zinc)	-3.032	1.258	-.120	-2.409	.021

a. Dependent Variable: Temperature difference ( $\Delta T = T_{out} - T_{in}$ )

### สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคในจังหวัดเชียงใหม่มีการสร้างโรงเรือนเป็นไปตามความสามารถในการจ่ายและความสามารถในการก่อสร้างของตนเอง โดยพบว่าโรงเรือนส่วนใหญ่เตี้ยเกินไป มีความสูงประมาณ 2.70 ม. ใช้วัสดุผนังหลังคาที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณใต้หลังคาและแผ่ความร้อนลงมาภายในโรงเรือน มีการจัดวางอาคารที่ไม่เอื้อต่อการรับลม รวมทั้งยังมีอาคารที่ขวางทิศทางลมบริเวณรอบโรงเรือนด้วย อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ส่งผลทำให้ระดับความเครียดของโคในช่วงฤดูร้อนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ดังนั้นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุงสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แก่การแก้ไขข้อบกพร่องในการออกแบบได้แก่

การออกแบบให้อาคารมีความสูงเพิ่มขึ้น มีการระบายอากาศที่ตีบริเวณใต้หลังคาและใช้วัสดุผนังหลังคาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ รวมถึงการเพิ่มร่มเงาบริเวณรอบโรงเรือน ลดสิ่งกีดขวางและวางอาคารที่สามารถรับลมฤดูร้อนได้ดี รวมทั้งอาจมีการพิจารณาใช้ระบบกลที่เหมาะสมเข้ามาช่วยในกรณีที่มีศักยภาพในการติดตั้ง

### กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2561

### References

- Aditto, S. 2011. Risk Analysis of Smallholder Farmers in Central and North –East Thailand, Agricultural Economics, Lincoln University.
- Alexandratos, N. and Bruinsma, J., 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision Rome: FAO, ESA Working Paper No. 1203. Retrieved from [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/AT2050\\_revision\\_summary.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/AT2050_revision_summary.pdf).
- Amundson, J.L., Mader, T.L., Rasby, R.J. and Hu, Q.S., 2005. Temperature and temperature–humidity index effects on pregnancy rate in beef cattle. In: Proceedings of 17th International Congress on Biometeorology, Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Germany.
- Arla, Morrisons and Dairy Co, 2012. Housing the 21st Century Cow-AHDB Dairy, The Dairy Group New Agriculture House, Retrieved from [https://dairy.ahdb.org.uk/non\\_umbraco/download.aspx?media=13205](https://dairy.ahdb.org.uk/non_umbraco/download.aspx?media=13205)
- ASHRAE. 2005. ANSI/ASHRAE Standard 55-2013 (Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55-2010) Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix M Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- Bucklin, R.A. 1993. Reflective Coatings for Heat Stress Reduction in Livestock Housing. App. Eng. Agric. 9:123-129.

- Chiangmai Provincial Livestock Office [CM-PVLO]. 2018. Information Technology: Number of farmers, Retrieved from <http://pvlo-cmi.dld.go.th>.
- Cole, G. 2011. Residential passive design for temperate climates. Environment design guide, EDG 66 GC. Australian Institute of Architects, Melbourne. [www.environmentdesignguide.com.au](http://www.environmentdesignguide.com.au)
- Department of Livestock Development [DLD]. 2018. DLD Information on animal farmers (in Thai). DLD Smart Data Center, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Retrieved from <http://sdc.dld.go.th/project.html>.
- Devendra, C., and Thomas, D. 2002. Smallholder farming systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71: 17-25.
- Garcia, A. 2006. Dealing with Heat Stress in Dairy Cows. SDSU Extension Extra, Archives from [https://openprairie.sdstate.edu/extension\\_extra/122](https://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/122)
- Hatem, M. H., Sadek, R.R. and Samer, M. 2004. Cooling, shed height and shed orientation affecting dairy cows microclimate. *Misr J. Ag. Eng.*, 21: 714-726.
- Ich-Long N., Sangwoo J. and Chan B. 2016. Thermal conductivity of transparent and flexible polymers containing fillers: A literature review, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 98: 219-226.
- Li, S., Gebremedhin, K.G., Lee, C.N. and Collier, R.J., 2009. Evaluation of Thermal Stress Indices for Cattle, ASABE Annual Meeting.
- Mader, T. L., Davis, M. S. and Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.
- Nagayets, O. 2005. Small farms: current status and key trends. Paper presented at the future of small farms research workshop, 26-29 June 2005, Imperial College, Wye Campus, London. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.144.1658>
- NRC. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. Subcommittee on Environmental Stress, National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Pilachai, R., Schonewille, J.T., Thamrongyos wittayakul, C., Aiumlamai, S. and Hendriks, W.H. 2013. Diet factors and subclinical laminitis score in lactating cows of smallholder dairy farms in Thailand, *Livestock Science*, 155:197-204.
- Samer, M. 2010. Adjusting Dairy Housing in Hot Climates to Meet Animal Welfare Requirements, *Journal of Experimental Sciences*, 1: 14-18.
- Sandrine O., Houessou, L.H.D., Rodrigue V.C.D., Marcel H., Andreas B. and Eva S. 2019. Change and continuity in traditional cattle farming systems of West African Coast countries: A case study from Benin, *Agricultural Systems*, 168: 112-122.

- Senorpe, A.H., Rotz, A.C., Dale J.S., Sandlin, R.R. and Stout C.R. 2018. Management characteristics of beef cattle production in Hawaii, *The Professional Animal Scientist*, 34: 167-176.
- Tatsapong P. 2017. Ruminant Production: House for Ruminants, *Agricultural Science, Agriculture Natural Resource and Environment*, Naresuan University. Retrieved from [http://www.agi.nu.ac.th/science/121113\\_1.php](http://www.agi.nu.ac.th/science/121113_1.php)
- Thormark, C. 2002. A low energy building in a life cycle-its embodied energy, energy need for operation and recycling potential, *Building and Environment*, 37:429-435.

## ผลของการใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันและความต้านทานโรคจากการติดเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ในปลานิล

นันทน์ภัส ปาลินทร\*, อรุณีพงศ์ ศรีสถาพร, สมสมร แก้วบริสุทธิ และ นิลุบล รุจินานนท์

สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันและความต้านทานโรคจากการติดเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ในปลานิล น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย  $162.82 \pm 1.14$  กรัม ให้อาหารผสมกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 0, 1.0, 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารไม่มีผลต่อค่าทางโลหิตวิทยาของปลานิล ( $P > 0.05$ ) โดยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว ค่า haematocrite index และค่า lysozyme activity ของปลาทุกกลุ่มไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ปลากลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารทุกกลุ่มทดลองมีค่า nitroblue tetrazolium activity และ superoxide dismutase สูงกว่าปลานิลกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากการศึกษาความต้านทานโรคต่อเชื้อ *S. agalactiae* ในห้องปฏิบัติการ โดยการฉีดเชื้อ *S. agalactiae* ความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  เซลล์/มิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เข้าทางช่องท้องพบว่า ปลานิลกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกล้วยน้ำว้ามีอัตราการรอดและเปอร์เซ็นต์การรอดตายสัมพัทธ์สูงกว่าปลานิลกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ปลานิลกลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอัตรา 10.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร มีค่าอัตราการรอดสูงที่สุดเท่ากับ  $65.55 \pm 3.85$  และอัตราการรอดตายสัมพัทธ์เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ปลานิลกลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอัตรา 5.0 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ปลากลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดต่ำที่สุด จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหาร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและความสามารถในการต้านทานเชื้อโรคจากการติดเชื้อ *S. agalactiae* ของปลานิล

คำสำคัญ: กล้วยน้ำว้า, ปลานิล, การตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน, ความต้านทานโรค และ เชื้อ *Streptococcus agalactiae*

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: Nannaphat\_kku@hotmail.com

---

Effect of Dietary Supplemented with *Musa* ABB CV. Kluai “Namwa” on  
Immune Response and Disease Resistance Against  
*Streptococcus agalactiae* in Nile Tilapia

---

Nannaphat Palintorn<sup>\*</sup>, Aruneepong Srisathaporn, Somsamorn Gawborisut and  
Nilubol Rujinanont

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen 40002, Thailand

**Abstract**

This study focused on effects of *Musa* ABB CV. Kluai “Namwa” supplemented in pellet feeds on immune response and disease resistance against *Streptococcus agalactiae* in Nile Tilapia. Fish (average 162.82 ± 1.14 g) were manipulated into 4 groups. The supplemented fish were fed with pellet feeds supplemented with 0 (control), 1.0, 5.0 and 10.0 % (W/W) Kluai “Namwa” for 8 weeks. The result showed that supplementation of Kluai “Namwa” in the diet had some effected in hematological values in Nile tilapia ( $P>0.05$ ). There was not significantly difference in the amount of white blood cells, haematocrit index and lysozyme activity which showed no significantly different in all fish group ( $P>0.05$ ). However, the use of Kluai “Namwa” supplemented in the diet had effected on immune response of Nile tilapia, the values of nitroblue tetrazolium activity and superoxide dismutase had higher than the control group ( $P<0.05$ ). *In vivo*, disease resistance against *S. agalactiae* was by intraperitoneally (i.p.) injection with  $1 \times 10^8$  CFU/ml at 0.1 ml per fish. The supplementation fish fed with Kluai “Namwa” in the diet had higher survival rate and relative percentage survival than the control group ( $P<0.05$ ). The fish fed with 10.0 % diet had survival rate as  $65.55 \pm 3.85$  and relative percentage survival as 50 %, followed by the group fed with 5.0 and 1.0 %, respectively. While, the lowest survival rate was show in the control group. The results indicated that dietary Kluai “Namwa” supplementation could enhance efficiency the immune response and disease resistance of *S. agalactiae* against of Nile tilapia.

**Keywords:** *Musa* ABB CV. Kluai “Namwa”, Nile Tilapia, Immune response , Disease resistance and  
*Streptococcus agalactiae*

---

\*  
Corresponding author: E-mail: Nannaphat\_kku@hotmail.com

**บทนำ**

การเลี้ยงปลานิลในปัจจุบันเป็นระบบการเลี้ยงแบบพัฒนา (Intensive aquaculture) มีการปล่อยปลาที่อัตราความหนาแน่นสูง ฟังพาอาหารสำเร็จรูปเป็นหลัก และต้องให้อาหารปริมาณที่มากพอ ระบบการเลี้ยงแบบนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงได้ง่าย ทำให้ปลาเกิดความเครียด และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของปลาที่เลี้ยง (Abutbul *et al.*, 2004; Diegane *et al.*, 2007) ทำให้ปลาอ่อนแอติดเชื้อได้ง่าย ก่อให้เกิดการระบาดของโรค (Wu *et al.*, 2013) เช่น โรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย (Theeraporn *et al.*, 2005) เชื้อแบคทีเรียที่มักเกิดโรคในปลานิล ได้แก่ สกุล *Streptococcus* ชนิดที่มีการรายงานในปลานิลมี 2 ชนิด ได้แก่ *S. iniae* และเชื้อ *S. agalactiae* (Abutbul *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2013) โดยเฉพาะแบคทีเรีย *S. agalactiae* เป็นสาเหตุของการทำให้เกิดโรค Streptococcosis ในปลานิล ซึ่งสร้างความเสียหายต่อการผลิตและธุรกิจการเพาะเลี้ยงปลาอย่างมาก (Nilubol *et al.*, 2002) การแก้ปัญหาที่ผ่านมา มีการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีเข้ามาใช้ในการควบคุมโรค แต่การใช้ยาและสารเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ เป็นสาเหตุทำให้เกิดการตกค้างของยาและสารเคมีในตัวปลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (Wu *et al.*, 2013) และยังมีผลต่อการซื้อขายของเชื้อก่อโรคได้ (Serrano, 2005)

พืชสมุนไพรถูกนำมาใช้เสริมในอาหารเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและการจัดการด้านสุขภาพของปลา มีการรายงานการใช้พืชสมุนไพรหลายชนิดที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการกินอาหาร อัตราการรอด และการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น การใช้ว่านหางจระเข้ (*Aloe vera*) (Gabrial *et al.*, 2015) และสมุนไพรจีน *Astragalus polysaccharide* ในปลานิล (Zahran *et al.*, 2014) การใช้น้ำมันหอม

ระเหยสกัดจากเปลือกส้ม (*Citrus sinensis*) ในปลาหมอไทย (Acar *et al.*, 2015) กระเทียม (*Alium sativum*) ชิง (*Zingiber officinale*) และสะระแหน่ (*Mentha piperita*) เสริมในอาหารปลากะพงขาว ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันสูงขึ้น (Talpur and Ikhwanuddin, 2012; 2013; Talpur, 2014)

กล้วยน้ำว้า *Musa* ABB CV. Kluai “Namwa” อยู่ในวงศ์ Musaceae เป็นพืชสมุนไพรที่ให้คุณค่าทางอาหารสูง อุดมด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย กล้วยมีสรรพคุณทางยานำมาใช้รักษาโรคหลายชนิด เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคโลหิตจาง โรคลำไส้และลดระดับน้ำตาลในเลือด (Pornpimol, 2010; Kornkan, 2011; Chensiri, 2011) กล้วยมีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคร้ายแรง เช่น มะเร็ง และหัวใจ ช่วยบำรุงสุขภาพร่างกาย เสริมสร้างภูมิคุ้มกันร่างกายให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ (Pornpimol, 2010)

กล้วยถูกนำมาใช้เสริมในอาหารทั้งในสัตว์บกและสัตว์น้ำ โดยมีวัตถุประสงค์ต่างๆ กัน เพื่อช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และควบคุมโรค ในสัตว์บก เช่น ทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวและอัตราการแลกเนื้อดีขึ้น สามารถควบคุมโรคบิดในไก่ได้ (Prajuap, 2004) และมีแนวโน้มทำให้ระดับภูมิคุ้มกันสูงขึ้น (Benyapha, 2007) ในสัตว์น้ำ มีการรายงานการเสริมสารสกัดจากเปลือกกล้วย (*Musa acuminata*) ในอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ยับยั้งความเครียด กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อ *Lactococcus garvieae* ในกุ้งก้ามกราม และกุ้งมีอัตราการรอดสูงขึ้น โดยช่วยเพิ่มการยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการก่อโรคในกุ้งก้ามกรามได้ (Rattanavichai and Cheng, 2014; 2015; Rattanavichai *et al.*, 2015)

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน และความต้านทานโรคจากการติดเชื้อ *S. agalactiae* ในปลานิล ซึ่งการนำกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลนั้น ยังไม่มีการรายงานการศึกษามาก่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในการนำกล้วยน้ำว้ามาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้ในการเพิ่มผลผลิตและส่งเสริมสุขภาพของปลานิลให้ดีขึ้น

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**1. สัตว์ทดลอง**

ปลานิลแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus*) น้ำหนักเฉลี่ย 100-110 ก. จากตุลาฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ถูกนำมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 0.8 X 1.2 X 1.2 ม. ในอัตราความหนาแน่น 30 ตัว/บ่อ เพื่อปรับสภาพก่อนการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยให้อาหารในอัตรา 3 % ของน้ำหนักตัว และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 % ทุกสัปดาห์

**2. อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมกล้วยน้ำว้า**

นำกล้วยน้ำว้าดิบ (entirely green) มาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน ได้กล้วยสุกมีลักษณะเปลือกเป็นสีเหลืองทั้งหมด (entirely yellow) องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าสุกแสดงไว้ใน Table 1 ปอกเปลือกออกนำเฉพาะส่วนของเนื้อกล้วยสุกมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที จนเนื้อกล้วยละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันเป็นของเหลวเหนียว จากนั้นนำมาคลุกเคล้ากับอาหารปลานิลสำเร็จรูปทางการค้าชนิดเม็ดลอยน้ำ (CP 9910 ประกอบด้วยโปรตีน 30%, บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด มหาชน) ตาม

ระดับของการเสริมกล้วยน้ำว้าในอัตรา 1.0 (1:99), 5.0 (5:95) และ 10.0 (10:90) % โดยน้ำหนัก ตามแผนการทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติไม่ผสมกล้วย หลังจากนั้นนำอาหารที่ได้ผึ่งในที่ร่ม เป็นเวลา 2 ชม. และเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 °ซ ก่อนนำไปใช้ ทำการเตรียมอาหารทุกๆ 2 วัน ตัวอย่างกล้วยสุกและตัวอย่างอาหารที่เตรียมแต่ละครั้งนำมารวมกันเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ตามวิธีของ A.O.A.C (2000) องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่เตรียมแสดงใน Table 2

**Table 1** Nutritional components of ripe Kluai “ Namwa” per 100 g

Nutrient	Amount
Proximate composition	
Moisture	66.31 g
Protein	1.24 g
Fat	0.19 g
Carbohydrate	31.49 g
Fibre	0.66 g
Ash	0.77 g
Energy	132.63 kcal
Calcium	11.43 mg
Iron	0.45 mg
Magnesium	38.35 mg
Phosphorus	30.29 mg
Potassium	325.9 mg
Vitamin A (β-Carotene)	0 mg
Vitamin B6 (Pyridoxine)	0.11 mg
Vitamin C	0.11 mg
Vitamin E (α-Tocopherol)	Not Detected

**Table 2** Proximate analysis composition of the experimental diets supplemented with various percentages of different of Kluai “Namwa”

Proximate composition	Kluai " Namwa" Levels (%) (w/w)			
	Control	1.0	5.0	10.0
Moisture (%)	8.89	9.48	11.83	14.91
Protein (%)	30.22	29.98	28.62	27.73
Fat (%)	7.93	7.85	7.64	7.34
Nitrogen free extract (%)	40.46	40.39	39.97	38.47
Fibre (%)	3.63	3.60	3.48	3.36
Ash (%)	8.87	8.70	8.46	8.19
Digestible energy, DE (kcal/100g)	271.19	269.54	261.99	252.70
Gross energy, GE (kcal/100g)	411.63	409.25	397.83	383.82

### 3. แผนการทดลอง

การศึกษาใช้ปลานิลจำนวน 360 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น  $162.82 \pm 1.14$  ก. แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มทดลองๆ ละ 3 ซ้ำๆ 30 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely randomized design : CRD ปลานิลทดลองจะได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมกล้วยน้ำว้าในอัตรา 1.0, 5.0 และ 10.0% (w/w) ของน้ำหนักอาหาร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติ ให้อาหารวันละ 2 เวลา คือ 8.00 น. และ 16.00 น. โดยให้จับอิม เก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวันตลอดการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากปลาจำนวน 10 ตัว/บ่อ ในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 แยกเก็บตัวอย่างเลือด 2 ชุด ชุดที่ 1 นำเลือดมาตรวจหาค่าทางโลหิตวิทยา ปริมาณ White blood cell และ Haematocrit index ดัดแปลงตามวิธีการของ Braxhall and Daisley (1973) และค่าการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ Nitroblue tetrazolium activity ตามวิธีการของ Secombes (1990) และดัดแปลงตามวิธีการของ Stasiak and Bauman (1996) ชุดที่ 2 ทำการแยกซีรัมทำการทดสอบหาค่าการทำงานของเอนไซม์ Lysozyme activity ดัดแปลงจากวิธีการ

ของ Parry *et al.* (1965) และค่าเอนไซม์ Superoxide dismutase activity โดยชุดทดสอบ Superoxide dismutase Assay kit (Sigma) ตามวิธีการของ Quade and Roth (1997)

### 4. การเก็บตัวอย่างเลือดและแยกซีรัม

ปลาที่เก็บตัวอย่างสลบด้วย MS-222 (Methane tricaine sulfonate) เจาะเลือดปลาจากเส้นเลือดบริเวณหาง (Caudal vessel puncture) โดยใช้เข็มขนาด 21 G X 1 ½ นิ้ว หลอดฉีดยาปริมาตร 1 มล. ทำการเก็บตัวอย่างเลือดปริมาตร 1 มล./ปลา 1 ตัวอย่าง โดยแบ่งเลือดใส่หลอด microcentrifuge จำนวน 2 หลอด หลอดละ 0.5 มล. โดยหลอดที่ 1 มีสาร Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) เข้มข้น 1% เพื่อเตรียมนำตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยา และค่าการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของ Nitroblue tetrazolium activity ส่วนตัวอย่างเลือดหลอดที่ 2 ไม่ใส่ EDTA ทำการเก็บตัวอย่างซีรัมโดยปล่อยให้เลือดแข็งตัว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็ว 2,500 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนของซีรัม

เก็บที่อุณหภูมิ -20 °ซ จนกว่านำมาใช้วิเคราะห์ค่าการทำงานของเอนไซม์ Lysozyme activity และค่าเอนไซม์ Superoxide dismutase activity

### 5. การวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยา

นำตัวอย่างเลือดที่เก็บในหลอดที่ 1 วิเคราะห์ค่าปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Haematocrite index) (ดัดแปลงตามวิธีการของ Braxhall and Daisley, 1973)

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณ White blood cell โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Braxhall and Daisley (1973) ดังนี้

นำตัวอย่างเลือดปลาสดที่ 4, 6 และ 8 เจือจางเลือดด้วย Phosphate buffer saline (PBS pH 7.2) ในอัตรา 1:200 (เลือดปลาปริมาณ 20 µL ผสมกับ PBS pH 7.2 ปริมาตร 3,980 µL) นำไปหยดลงบนสไลด์นับเม็ดเลือด (hematocytometer) นับปริมาณ White blood cell นับสี่เหลี่ยมจัตุรัสใหญ่ (16 ช่อง) ที่มุมทั้ง 4 ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า นำผลที่ได้คำนวณหาค่าปริมาณ White blood cell ต่อเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ดังนี้

$$\text{White blood cell/ลูกบาศก์มิลลิเมตร} = \frac{\text{จำนวนที่นับได้เฉลี่ยต่อช่อง} \times 10}{(\text{ความลึก}) \times 200 (\text{ความเจือจาง})} = \text{_____} \times 10^4 \text{ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร}$$

5.2 การหาค่า Haematocrit index (ดัดแปลงตามวิธีการของ Braxhall and Daisley, 1973)

เก็บตัวอย่างเลือดปลาใส่ในหลอด microcentrifuge ดูดเลือดใส่หลอด microhaematocrit อดปลายด้านหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน นำไปปั่นด้วยเครื่อง haematocrite centrifuge ที่ความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที อ่านค่า haematocrit index ด้วยเครื่อง microhaematocrit reader (Hettich zentrifugen, Thailand) คำนวณค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$\% \text{ Haematocrit index} = \frac{\text{ปริมาตร haematocrit (มิลลิเมตร)}}{\text{ปริมาตรเลือดทั้งหมด (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

### 6. การวิเคราะห์ค่าทางระบบภูมิคุ้มกัน

6.1 การหาค่ากิจกรรม Nitroblue tetrazolium activity (NBT reduction assay) ใช้วิธีการของ Secombes (1990) และ ดัดแปลงตามวิธีการของ Stasiak and Bauman (1996)

ตัวอย่างเลือดที่เตรียมในข้อ 4 หลอดที่ 1 จำนวนปริมาตร 100 µL เติมนลงใน microtitre plate 96 หลุม ชนิดกันแบน ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง 37 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. ให้เซลล์เม็ดเลือดเกาะกับพื้นผิวกันหลุม ทำการดูดสารละลายส่วนใสทิ้ง ล้างเซลล์ด้วย PBS pH 7.2 จำนวน 3 ครั้ง เติม 0.2 % NBT (ในสารละลาย 0.85 % NaCl) ปริมาตร 100 µL นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. ตริงเซลล์เม็ดเลือดโดยเติม 100 % methanol ที่ไว้ 2–3 นาที ล้างด้วย 70 % methanol จำนวน 3 ครั้ง ที่ให้แห้ง เติมสารละลาย 2N Potassium hydroxide (KOH) ปริมาตร 120 µL และ dimethyl sulphoxide (DMSO) ปริมาตร 140 µL ลงในหลุม วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้า ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ELISA reader (Metertech M965+)

6.2 การหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลโซไซม์ในน้ำเลือด (Lysozyme activity assay) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Parry *et al.*, 1965)

Lysozyme activity assay นำซีรัมของปลาตัวอย่างที่จัดเตรียมในข้อ 4 ใส่ลงใน microcentrifuge tube อันใหม่ เตรียมสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* 0.2 มก./มล. ใน sodium phosphate buffer (PBS) pH 6.2 นำซีรัมใส่ลงใน microtiter plate 96 หลุม ชนิดกันแบน หลุมละ 10 µL และเติมสารละลายเชื้อในปริมาตร 250 µL ลงในแต่ละหลุม ทำการตรวจสอบปฏิกิริยาโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ELISA reader ระหว่าง 0.5–6.5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำค่าที่ได้

คำนวณค่า Lysozyme activity โดยหน่วยของ Lysozyme activity เป็นยูนิต/มก.โปรตีน โดยหนึ่งยูนิต เท่ากับปริมาณซีรัมที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสง (OD) ลดลง 0.001 ต่ออนาที

การคำนวณค่า Lysozyme activity

$$\Delta OD = OD \text{ (ที่เวลาสุดท้าย)} - OD \text{ (ที่เวลาเริ่มต้น)}$$

$$\text{Lysozyme activity} = \frac{(\Delta OD / \text{เวลาที่ใช้วัดทั้งหมด})}{0.001} \text{ Unit}$$

6.3 การหาค่าปริมาณเอนไซม์ Superoxide dismutase activity ใช้ชุดทดสอบ Superoxide dismutase Assay kit (Sigma)

นำซีรัมที่จัดเตรียมในข้อ 4 มาดำเนินการดังนี้  
วิธีการ

1. เติมซีรัมปลาตัวอย่างปริมาตร 20  $\mu\text{L}$  ใน microplate กันแบน และ blank 2 สำหรับ blank 1 และ blank 3 เติมน้ำกลั่น (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง)
2. เติม WST working solution ปริมาตร 200  $\mu\text{L}$  ในแต่ละหลุม
3. เติม Dilution Buffer ปริมาตร 20  $\mu\text{L}$  ใน blank 2 และ blank 3
4. เติม Enzyme working solution ในหลุมที่ใส่ซีรัมตัวอย่าง และ blank 1
5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 20 นาที
6. อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ELISA reader และคำนวณค่า Superoxide dismutase activity (Inhibition %) ตามสมการ

Superoxide dismutase activity =

$$\frac{((A \text{ blank } 1 - A \text{ blank } 3) - (A \text{ Sample} - A \text{ blank } 2)) \times 100}{(A \text{ blank } 1 - A \text{ blank } 3)}$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

## 7. การศึกษาความต้านทานโรค

7.1 การศึกษาความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย

### *S. agalactiae*

หลังการให้อาหารเสริมกล้วยน้ำว้า เป็นเวลา 8 สัปดาห์ นำปลานิลที่เหลืจากทุกกลุ่มการทดลองทำการทดสอบความต้านทานเชื้อ *S. agalactiae* เป็นเวลา 14 วัน ที่ระดับความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ  $1 \times 10^8$  เซลล์/มล. โดยทำการฉีดเข้าช่องท้องปลาตัวละ 0.1 มล. บันทึกการตายของปลาทุกวัน เพื่อนำผลการทดลองที่ได้คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายสัมพัทธ์ (Relative Percent Survival, RPS) ตามวิธีการของ Amend (1981)

$$RPS = 1 - \frac{(\% \text{ อัตราการตายเฉลี่ยของปลาที่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า}) \times 100}{(\% \text{ อัตราการตายเฉลี่ยของปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมกล้วยน้ำว้า})}$$

## 8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

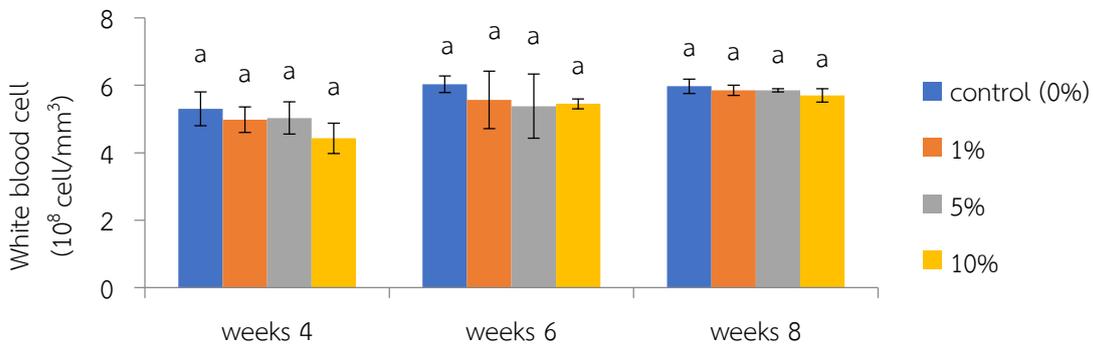
นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design, CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16 version 2007 เพื่อวิเคราะห์ผลการศึกษาค่าโลหิตวิทยา, ค่าการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน และค่าความต้านทานโรค

**ผลการวิจัย**

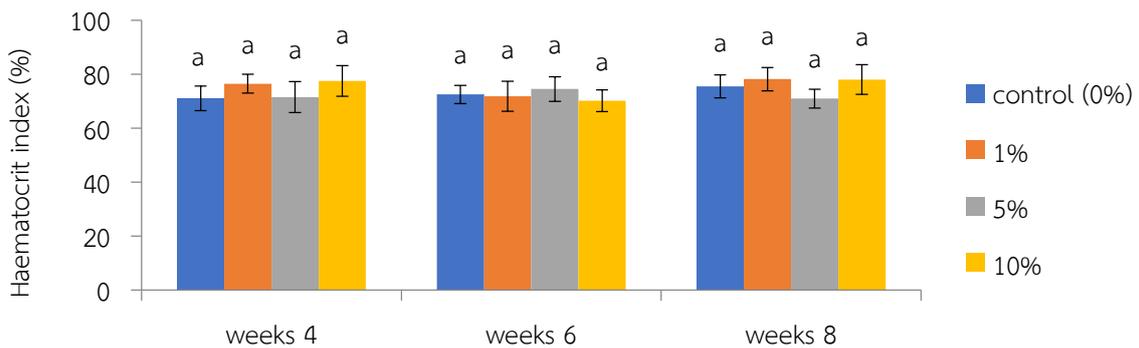
**1. การใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อค่าทางโลหิตวิทยาของปลานิล**

จากการศึกษาผลของการใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อค่าทางโลหิตวิทยาของปลานิล พบว่า ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวและค่า haematocrit index ของปลา

กลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดการทดลอง ( $P>0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหาร (Fig. 1 และ 2)



**Fig. 1** White blood cell counts ( $10^8 \text{ cell/mm}^3$ ) of Nile tilapia fed with diets supplemented with 3 levels of Kluai “Namwa” at 4, 6 and 8 weeks, compared with the control diet which without Kluai “Namwa”. Columns with different letter were significantly different at ( $P<0.05$ )



**Fig. 2** Haematocrit index value of Nile tilapia fed with diets supplemented with 3 levels of Kluai “Namwa” compared with control at 4, 6 and 8 weeks. Columns with different letter were significantly different at ( $P<0.05$ )

2. การใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในปลานิล

ปลานิลกลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารทุกกลุ่มทดลอง มีค่า Nitroblue tetrazolium activity และ Superoxide dismutase activity สูงกว่าปลานิลกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับ

ของการได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าทั้งสองมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนค่า Lysozyme activity นั้น ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างปลานิลกลุ่มทดลองที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารและปลานิลกลุ่มควบคุมตลอดการทดลอง ( $P > 0.05$ ) (Fig. 3, 4 และ 5)

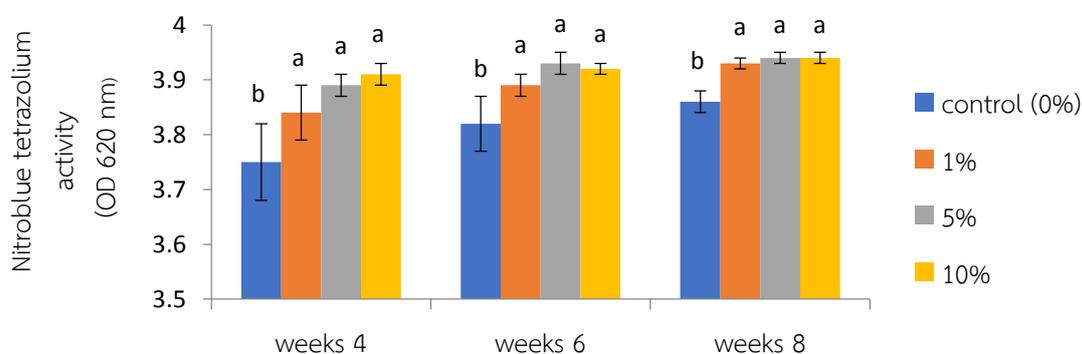


Fig. 3 Nitroblue tetrazolium (NBT) activity of Nile tilapia fed with diets supplemented with 3 levels of Klui “Namwa” compared with control at 4, 6 and 8 weeks. Columns with different letter were significantly different at ( $P < 0.05$ )

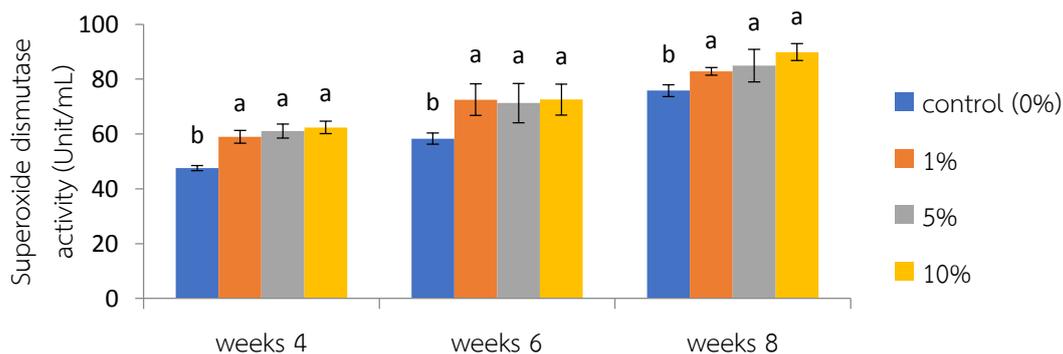


Fig. 4 Superoxide dismutase (SOD) activity of Nile tilapia fed with diets supplemented with 3 levels of Klui “Namwa” compared with control at 4, 6 and 8 weeks. Columns with different letter were significantly different at ( $P < 0.05$ )

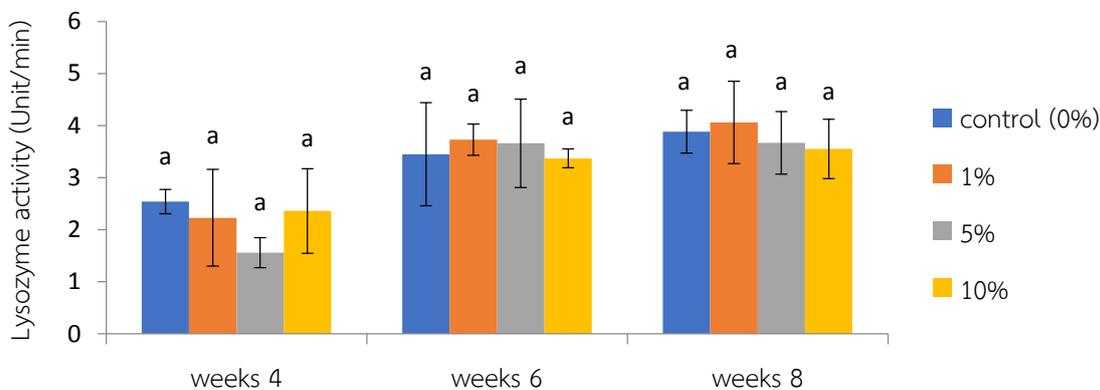


Fig. 5 Lysozyme activity of Nile tilapia fed with diets supplemented with 3 levels of Kluai “Namwa” compared with control at 4, 6 and 8 weeks. Columns with different letter were significantly different at (P<0.05)

5. การใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อความต้านทานโรคของปลานิล

อัตราการรอดของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมกล้วยน้ำว้าเป็นเวลา 8 สัปดาห์ หลังการฉีดเชื้อ *S. agalactiae* ที่ระดับ  $1 \times 10^8$  เซลล์/มล. ซึ่งเป็นระดับ  $LD_{50}$  พบว่า ปลานิลกลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารมีอัตราการรอด และเปอร์เซ็นต์การรอดตายสัมพันธ์สูงขึ้นตามระดับของการได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหาร โดยพบว่า ปลานิลกลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอัตรา 10.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดเท่ากับ  $65.55 \pm 3.85$  (P<0.05) และกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุดกว่าทุกกลุ่ม มีค่าเท่ากับ  $31.11 \pm 5.09$  (P<0.05) ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายสัมพันธ์มีค่าสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 50 (ข้อมูลแสดงใน Table 5)

Table 5 Percentage of survival and relative percentage survival (RPS) (%) of Nile tilapia fed with different levels of Kluai “Namwa” supplementation diet for 8 weeks and challenged with *S. agalactiae* ( $1 \times 10^8$  cells/ml) at  $LD_{50}$  for 14 days.

Kluai "Namwa" Level (%)	Survival (%)	RPS (%)
Control	$31.11 \pm 5.09^C$	-
1.0	$43.33 \pm 3.34^B$	18
5.0	$47.78 \pm 5.09^B$	24
10.0	$65.55 \pm 3.85^A$	50

Values (Means  $\pm$  SD) with different letters in a columns were significantly different (P<0.05)

## สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ การเสริมกล้วยน้ำว้า ในอาหาร ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าโลหิตวิทยาของปลานิล โดยเซลล์เม็ดเลือดขาวและค่า haematocrit index ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากปลากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวของปลานิลทุกกลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหาร มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง ส่วนค่า haematocrit index มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 8 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในปลากลุ่มที่ได้รับกล้วยน้ำว้าที่ระดับการเสริม 1.0% ในอาหาร รองลงมาคือ ที่ระดับการเสริม 10.0% ในอาหาร และปลากลุ่มควบคุม ค่าโลหิตวิทยาของปลา โดยเฉพาะเซลล์เม็ดเลือดขาว เป็นตัวชี้วัดทางพยาธิวิทยาของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Tewary and Potra, 2011) โดยการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันและการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดขาว (De Pedro *et al.*, 2005; Selvaraj *et al.*, 2005; Abdel Tawwab *et al.*, 2010) ค่า haematocrit index มีความสำคัญโดยเป็นตัวบ่งชี้ถึงสุขภาพของปลา (Mulero *et al.*, 1998) Clauss *et al.* (2008) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของระดับเซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cell, RBC) ค่าฮีมาโทคริต (hematocrit, Hct) และฮีโมโกลบิน (hemoglobin, Hb) เป็นตัวบ่งชี้การตอบสนองทางความเครียด หรือการเพิ่มขึ้นของค่าเซลล์ต้นกำเนิดเลือด (hematopoiesis) ดังนั้นระดับ RBC, Hct และ Hb ที่เพิ่มขึ้นจึงถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ต้นกำเนิดเลือดที่เพิ่มขึ้นหรือเกิดภาวะเม็ดเลือดแดงแตกลดลง และไม่ส่งผลต่อการเกิดภาวะโลหิตจางในปลา ซึ่งค่าเหล่านี้จะส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปลานิลกลุ่มที่ได้รับกล้วยเสริมในอาหารปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวและค่า haematocrit index มีแนวโน้มค่าเพิ่มสูงขึ้น แสดงถึงการได้รับกล้วยเสริมในอาหารส่งผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของปลานิล คล้ายกับการรายงานการใช้พืช

สมุนไพรหลายชนิดเสริมในอาหาร เช่น เห็ดกระดุม (*Agaricus bisporus*) ในปลาแคทแฟริกัน (*Clarias gariepinus*) (Harikrishnan *et al.*, 2018) สารสกัดจากผล Camu camu (*Myrciaria dubia*) และพืชสมุนไพร Cat's claw (*Uncaria tomentosa*) ในปลานิล (Yunis-Aguinaga *et al.* 2015; 2016) พบว่า ปลาแคทแฟริกัน ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว และค่า haematocrit index ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ( $P>0.05$ ) เช่นเดียวกับปลานิลที่ได้รับการเสริมสารสกัด และพืชสมุนไพรดังกล่าวในอาหาร ไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่อปริมาณเม็ดเลือดแดงและค่า haematocrit index เช่นกัน ( $P>0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวและ melanomacrophage มีค่าเพิ่มขึ้น ( $P<0.05$ ) ซึ่งคล้ายกับการรายงานในปลา ยี่สกเทศ (*Labeo rohita*) ที่ได้รับการเสริมสารสกัด *Hybanthus enneaspermus* โดยปลามีปริมาณเม็ดเลือดขาวและ neutrophil เพิ่มขึ้นเช่นกัน ( $P<0.05$ ) (Giri *et al.*, 2017)

การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ในขบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis) เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด phagocyte ประกอบด้วยเซลล์แมคโครฟาจ (macrophage) และนิวโตรฟิล (neutrophil) จะมีการเพิ่มปริมาณการใช้ออกซิเจนเป็นจำนวนมากในปฏิกิริยา respiratory burst (Secombes and Fletcher, 1992) เพื่อการผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide) และ ซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide) มากขึ้น ผลผลิตที่ได้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและทำลายเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (Verlhac *et al.*, 1996) superoxide dismutase เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญในระบบป้องกันในร่างกาย เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาผลาญภายในเซลล์ (Zahran *et al.*, 2014) จากผลการศึกษาในครั้งนี้ ปลานิลที่ได้รับกล้วยน้ำว้าเสริมในอาหาร มีผลทำให้ค่า nitroblue tetrazolium activity และค่า superoxide dismutase เพิ่มขึ้นสูงกว่าปลานิลกลุ่มควบคุม

วารสารเกษตรพระวรุณ 317

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562

สอดคล้องกับการรายงานในปลาชนิดที่ได้รับการเสริม  
 อบเชย (*Cinnamon nanoparticles*) (Abdel  
 Tawwab *et al.*, 2018) และโสมอินเดีย (*Withania  
 sominifera*) ในอาหาร (Zahrana *et al.*, 2018) ปลา  
 การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเพิ่มสูงขึ้นกว่าปลา  
 กลุ่มควบคุม ( $P<0.05$ ) โดยปลาที่ได้รับการเสริมโสม  
 อินเดีย มีการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้นในช่วง  
 ก่อนและหลังการได้รับเชื้อ *Aeromonas hydrophila*  
 โดยค่า nitroblue tetrazolium activity มีค่าเพิ่ม  
 ขึ้นในช่วงก่อนการได้รับเชื้อเมื่อเทียบกับปลา  
 กลุ่มควบคุม ( $P<0.05$ ) ส่วนค่าเอนไซม์  
 superoxide dismutase มีค่าเพิ่มสูงขึ้น  
 ภายหลังการได้รับเชื้อ ซึ่งคล้ายคลึงกับการ  
 รายงานในกุ้งก้ามกรามที่ได้รับการเสริมสารสกัดจาก  
 เปลือกกล้วย สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดย  
 ทำให้กุ้งมีค่า respiratory burst activity,  
 phagocytic activity และเอนไซม์ superoxide  
 dismutase มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ( $P<0.05$ )  
 (Rattanavichai and cheng, 2014; 2015;  
 Rattanavichai *et al.*, 2015) lysozyme เป็น  
 เอนไซม์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโต  
 ของแบคทีเรีย (bacteriolytic) โดยการทำลายผนัง  
 เซลล์ของแบคทีเรีย ความเข้มข้นของเอนไซม์  
 ในเลือดปลาจะมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างปลา  
 มีการติดเชื้อหรือถูกกระตุ้นจากสิ่งแปลกปลอม  
 (Magnadottir, 2010) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า  
 การใช้กล้วยน้ำว่าเสริมในอาหาร ค่า lysozyme  
 activity ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับปลา  
 กลุ่มควบคุม ซึ่งคล้ายกับการรายงานในปลา  
 beluga (*Huso huso*) ที่ได้รับการเสริมด้วย  
*Urtica doica* ในอาหาร ไม่พบความแตกต่างทาง  
 สถิติของค่า lysozyme activity (Binaii *et al.*,  
 2014) ในขณะที่การรายงานในปลาหมอเทศ  
 ที่ได้รับการเสริมเมล็ดของฟักทองป่น (*Cucurbita  
 mixta* (L.)) ในอาหาร ค่า lysozyme activity มี  
 ค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2-4 ( $P<0.05$ ) (Musthafa  
*et al.*, 2017) จากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า  
 การใช้กล้วยน้ำว่าเสริมในอาหารมีผลต่อการ  
 กระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในปลา  
 ชนิด โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการ

ทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวในการทำลาย  
 และแปลกปลอมเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า ปลาชนิดที่  
 ได้รับกล้วยน้ำว่าเสริมในอาหาร มีความต้านทาน  
 โรคสูงขึ้น โดยพิจารณาจากอัตราการรอดตาย  
 ภายหลังการติดเชื้อเป็นของ *S.agalactiae* เข้า  
 ทางช่องท้อง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานใน  
 ปลาหลายชนิดพบว่า ให้ผลในการเพิ่ม  
 ความสามารถในการต้านทานโรคต่อเชื้อ *S.  
 agalactiae* เช่น ปลาชนิดที่ได้รับการเสริมเห็ด  
 ถังเช่า (*Cordyceps militaris*) (Doan *et al.*,  
 2017) และขิง (*Zingiber officinale*) (Brum  
*et al.*, 2017) ปลาที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การรอดตาย  
 สัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 88.89 และ 100  
 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าปลาในกลุ่มควบคุม ตามลำดับ  
 ( $P<0.05$ ) ซึ่งคล้ายกับการรายงานการเสริม  
 โสมอินเดียในปลาชนิด (Zahrana *et al.*, 2018)  
 และเมล็ดฟักทองป่น (*Cucubita mixta*) ในปลา  
 หมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) (Musthafa  
*et al.*, 2017) ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อ  
*A. hydrophila* และลดอัตราการตายในปลา  
 ลงเช่นเดียวกัน ส่วนการรายงานในกุ้งก้ามกราม  
 ที่ได้รับการเสริมสารสกัดจากเปลือกกล้วยใน  
 อาหาร สามารถเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อ  
*Lactococcus garvieae* ทำให้กุ้งก้ามกรามมี  
 อัตราการรอดสูงขึ้น ( $P<0.05$ ) (Rattanavichai  
 and cheng, 2015; Rattanavichai *et al.*, 2015)  
 และช่วยเพิ่มความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย  
 ที่เป็นสาเหตุของการก่อโรคในกุ้งก้ามกราม  
 ได้แก่ *L. garvieae*, *Photobacteria damsella*,  
*Vibrio alginolyticus* และ *V. parahemolyticus*  
 (Rattanavichai and cheng, 2014)

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการใช้กล้วย  
 น้ำว่าเสริมในอาหารสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการ  
 ทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและความสามารถในการ  
 ต้านทานต่อเชื้อ *S.agalactiae* ของปลาชนิด ทำให้  
 ปลาที่มีอัตราการรอดสูงขึ้น ดังนั้นการใช้กล้วย  
 น้ำว่าเสริมในอาหารจึงอาจเป็นอีกทางเลือก  
 หนึ่งในการใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อ

กระตุ้นให้ปลานิลมีระบบภูมิคุ้มกันสูงขึ้น และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาใช้ในการเพิ่มผลผลิตและส่งเสริมสุขภาพของปลาให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การนำพืชสมุนไพรมาใช้เสริมในอาหารเพื่อการป้องกันและการรักษาโรคในปลานั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต้องคำนึงถึงปริมาณ ระยะเวลา และรูปแบบการใช้สมุนไพรที่เหมาะสมต่อชนิดของปลาและชนิดของโรคด้วย ซึ่งอาจให้ผลแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัย และขอขอบคุณ ตุลาฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์ปลานิลในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

References

- Abdel Tawwab, M., Ahmad, H.M., Seden, M.E.A. and Sakr, S.F.M. 2010. Use of green tea, (*Camellia sinensis* L.), in practical diet for growth and protection of Nile Tilapia, (*Oreochromis niloticus* L.), against *Aeromonas hydrophila* infection. J. World Aquacult. Soc. 41: 203–213.
- Abdel Tawwab, M., Fatma, S., Asmaa, S.A.E-N. and Mohamed, N.M. 2018. Antioxidative and immunostimulatory effect of dietary *cinnamon nanoparticles* on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), and its susceptibility to hypoxia stress and *Aeromonas hydrophila* infection. J. Fish. Shellfish. Immun. 74: 19–25.
- Abutbul, S., Golan-Goldhirsh, A., Barazani, O. and Zilberg, D. 2004. Use of *Rosmarinus officinalis* as a treatment against *Streptococcus iniae* in tilapia (*Oreochromis* sp.). J. Aquaculture. 238: 97-105.
- Acar, U., Kesbic, O.S., Yilmaz, S., Gultepe, N. and Turker, A. 2015. Evaluation of the effect of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae*. J. Aquaculture. 437: 282-286.
- Amend, D.F. 1981. Potency testing of fish vaccines, Int. Symp. Fish Biol. Serodiagn. Vaccines. Dev. Biol. Stand. 49: 447-454.
- Association of Official Analysis Chemists (A.O.A.C). 2000. Official Method of Analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists. Inc., Virginia.
- Benyapha, S. 2007. Effect of Dietary Supplementation of Row Banana Whole Fruit and Guava Leaf Power on Health and Immune in Broilers. M.S. Thesis. Khon Kean University, Khon Kaen. (in Thai)

- Binaii, M., Ghiasi, M., Mohammad, S., Farabi, V., Pourgholam, R., Fazli, H., Safari, R., Alavi, S.E., Taghavi, M.J. and Bankehsaz, Z. 2014. Biochemical and hemato-immunological parameters in juvenile beluga (*Huso huso*) following the diet supplemented with nettle (*Urtica dioica*), J. Fish. Shellfish. Immun. 36(1): 46-51.
- Braxhall, P.C. and Daisley, K.W. 1973. Routine hematological methods for use with fish blood. J. Fish Biology. 5: 771-781.
- Brum, A., Scheila, A.P., Marco, S.O., Edsandra, C.C., Francisco, C.M.C., José, L.P.M. and Mauricio, L.M. 2017. Effect of dietary essential oils of clove basil and ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae*. J. Aquaculture. 468: 235-243.
- Chensiri, R. 2011. Herbs Eat not sick. 1<sup>st</sup> edition. My best Books Publishing : Samutprakarn. 176 pp. (in Thai)
- Clauss, T.M., Dove, A.D. and Arnold, J.E. 2008. Hematologic disorders of fish. J. Vet Clin North Am Exot Anim Pract. 11: 445-462.
- De Pedro, N., Guijarro, A.I., Lopez-Patino, M.A., Martinez-Alvarez, M.J. and Delgado, R. 2005. Daily and seasonal variations in hematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. Aquac. Res. 36: 1185-1196.
- Diegane, N., Chen, Y.Y., Lin, Y.H., Vaseeharan, B. and Chen, J.C. 2007. The immune response of tilapia *Oreochromis mossambicus* and its susceptibility to *Streptococcus iniae* under stress in low and high temperatures. J. Fish. Shellfish. Immun. 22: 686-694.
- Doan, H.V., Seyed, H.H., Wanaporn, T., Chanagun, C. and Supamit, M. 2017. Effects of *Cordyceps militaris* spent mushroom substrate on mucosal and serum immune parameters, disease resistance and growth performance of Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*). J. Fish. Shellfish. Immun. 67: 78-85.
- Gabrial, N.N., Qiang, J., He, J., Ma, X.Y., Kpundeh, M.D. and Xu, P. 2015. Dietary *Aloe vera* supplementation on growth performance, some haemato-biochemical parameter and disease resistance against *Streptococcus iniae* in tilapia (GIFT). J. Fish. Shellfish. Immun. 44: 504-514.
- Giri, S.S., Jun, W.J., Venkatachalam, S. and Se, C.P. 2017. Evaluation of dietary *Hybanthus enneaspermus* (Linn F. Muell.) as a growth and haemato-immunological modulator in *Labeo rohita*. J. Fish. Shellfish. Immun. 68: 310-317.
- Harikrishnan, R., Adil, N., Mohamed, S.M., Anis, A., Ibrahim, A.A. and Chellam, B. 2018. Effect of *Agaricus bisporus* enriched diet on growth, hematology, and immune protection in *Clarias gariepinus* against *Flavobacterium columnare*. J. Fish. Shellfish. Immun. 73: 245-251.
- KornKan, P. 2011. Amazing fruits and vegetables against disease. Book 1. 1<sup>st</sup> edition. Local people Publishing: Bangkok. 150 pp. (in Thai)

- Magnadottir, B. 2010. Immunological control of fish diseases, Mar. Biotechnol. 12(4): 361–379.
- Mulero, V., Esteban, A., Munoz, J. and Meseguer, J. 1998. Dietary intake of levamisole enhances the immune response and disease resistance of the marine teleost gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). J. Fish. Shellfish. Immun. 8: 49–62.
- Musthafa, M.S., Abdul, R.J.A., Meenatchi, S.A.K., Bilal, A.P., Mohammad, K.Al-S., Chellam, B. and Ramasamy, H. 2017. Effect of *Cucurbita mixta* (L.) seed meal enrichment diet on growth, immune response and disease resistance in *Oreochromis mossambicus*. J. Fish. Shellfish. Immun. 68: 509-515.
- Nilubol, U. 2002. Developing of Prevention and Treatment for Diseases Occurring in Cage-cultured Tilapia in the Northeast Area. Research Report. Khon Kean University, Khon Kaen. (in Thai)
- Parry, R.M., Chandau, R.C. and Shahani, R.M. 1965. A rapid and sensitive assay of muramidase. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 119: 384-386.
- Pornpimol, S. 2010. Banana increase brain power. Restore youthfulness. 1<sup>st</sup> edition. Get idea Publishing: Bangkok. 160 pp. (in Thai)
- Prajuap, S. 2004. Effect of Dietary Supplementation of Banana (*Musa* spp.) Power on Productive Performance, Carcass Quality and disease Control in Broilers. M.S. Thesis. Khon Kean University, Khon Kaen. (in Thai)
- Quade, M. and Roth, J.A. 1997. A rapid direct assay to measure degranulation of bovine neutrophil Primary granules. Vet Immunol Immunopathol. 58: 239-248.
- Rattanavichai, W. and Cheng, W. 2014. Effect of hot-water extract of banana (*Musa acuminata*) fruit's peel on the antibacterial activity, and anti-hypothermal stress, immune respons and disease resistance of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium resenbergil*. J. Fish. Shellfish. Immun. 39: 326-335.
- Rattanavichai, W. and Cheng, W. 2015. Dietary supplement of banana (*Musa acuminata*) peels hot-water extract to enhance to growth, anty-hypothermal stress, immunity and disease resistance of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium resenbergil*. J. Fish. Shellfish. Immun. 43: 415-426.
- Rattanavichai, W., Chen, Y-N., Cheng, C.-C. and Cheng, W. 2015. The effect of banana (*Musa acuminata*) peels hot-water extract on the immunity and resistance of giant freshwater prawn, *Macrobrachium resenbergil* via dietary administration for a long term: Activity and gene transcription. J. Fish. Shellfish. Immun. 46: 378-386.
- Secombes, C.J. 1990. Isolation of Salmonid macrophage and analysis of their killing activity. In: Stolen, J.S, Fletcher, T.C.
- Secombes, C.J. and Fletcher, T.C. 1992. The role phagocyte in the protective mechanisms of fish.

- Annu. Rev. Fish Dis. 2: 53-71.
- Selvaraj, V., Sampath, K. and Sekar, V. 2005. Administration of yeast glucan enhances survival and some non-specific and specific immune parameters in carp (*Cyprinus carpio*) infected with *Aeromonas hydrophila*. J. Fish. Shellfish. Immun. 19: 293–306.
- Serrano, P.H. 2005. Responsible use of antibiotics in aquaculture. FAO.
- Stasiak, A.S. and Bauman, C.P. 1996. Neutrophil activity as a potential bioindicator for contaminant analysis. J. Fish. Shellfish. Immun. 6: 537-539.
- Talpur, A.D. and Ikhuanuddin, M. 2012. Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, Survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch). J. Aquaculture. 364-365: 6-12.
- Talpur, A.D., Ikhwanuddin, M. and Bolong, A-M.A. 2013. Nutritional effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on immune response of Asian sea bass *Lates calcarifer* (Bloch) and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection. J. Aquaculture. 400-401: 46-52.
- Talpur, A.D. 2014. *Mentha piperita* (Peppermint) as feed additive enhanced growth performance, survival, immune response and disease resistance of Asian sea bass *Lates calcarifer* (Bloch) against *Vibrio harveyi* infection. J. Aquaculture. 420-421: 71-78.
- Tewary, A. and Patra, B.C. 2011. Oral administration of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) acts as a growth promoter and immunomodulator in *Labeo rohita* (Ham.). J Aquacult. Res. Dev. 2(1): 1–7.
- Theeraporn, M., Nilubol, K., Penpun, S. and Bundit, T. 2005. Potential of oral vaccination to induce immune response and disease resistance against streptococcosis in Nile tilapia. KRU. Research Journal. (Graduate Studies). 5(1): 50-58. (in Thai)
- Verlhac, V., Gaudan, J.O.A., Schuep, W. and Hole, R. 1996. Influence of dietary Glucan and vitamin C on non-specific and specific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Aquaculture. 143: 123 –133.
- Wu, Y.R., Gong, Q.F., Liang, W.W., Chen, M. and He, R.J. 2013. Effect of *Sophora flavescens* on non-specific immune response of tilapia (GIFT-*Oreochromis niloticus*) and disease resistance against *Streptococcus agalactiae*. J. Fish. Shellfish. Immun. 34: 220-227.
- Yunis-Aguinaga, J., Gustavo, S.C., Paulo, F.M., Wilson, G.M., Julieta, R.E.de M., Flavio, R. de M. and Jo~ao, B.K.F. 2015. *Uncaria tomentosa* increases growth and immune activity in *Oreochromis niloticus* challenged with *Streptococcus agalactiae*. J. Fish. Shellfish. Immun. 47: 630-638.
- Yunis-Aguinaga, J., Dayanne, C.F., Silas, F.E., Gustavo, S.C., Paulo, F.M., Fausto, A.M-N., Jo~ao, B.K.F., Flavio, R. de M. and Julieta, R.E.de M. 2016. Dietary camu camu, *Myrciaria dubia*, enhances immunological response in Nile tilapia. J. Fish. Shellfish. Immun. 58: 284-291.

Zahran, E., Risha, E., Hamid, F.A., Mahgroub, H.A. and Ibrahim, T. 2014. Effect of dietary *Astragalus polysaccharides* (APS) on growth performance, Immunological parameters, digestive enzymes, and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). J. Fish. Shellfish. Immun. 38: 149-157.

Zahrana. E., Eman, A.A.E-G. and Engy, R. 2018. Dietary *Withania somnifera* root confers protective and immunotherapeutic effects against *Aeromonas hydrophila* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). J. Fish. Shellfish. Immun. 80: 641–650.

## โรคติดเชื้อปรสิตของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) ในจังหวัดมหาสารคามและ จังหวัดร้อยเอ็ด

ปณรัตน์ ผาดี<sup>1\*</sup> และ และผ่องศรี จุลวงศ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>2</sup>แผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด 45170

### บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดของปรสิตในกบนาในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 5 ฟาร์ม ในกบ 3 ระยะ คือ ลูกอ๊อด ลูกกบ และกบเนื้อ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2558 ถึงเดือนกรกฎาคม 2559 ทำการเก็บตัวอย่างกบป่วยทั้งหมด จำนวน 833 ตัว ซึ่งแยกเป็นกบระยะลูกอ๊อด ลูกกบ และกบเนื้อจำนวน 320, 330 และ 183 ตัว ตามลำดับ พร้อมทั้งศึกษา การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำต่อการติดเชื้อปรสิต ผลการศึกษาพบปรสิตในกบทั้ง 3 ระยะตลอดทั้งปี โดยพบการติดเชื้อ ปรสิตทั้งหมด 91.72% (764 ตัว) ซึ่งพบทั้งปรสิตภายนอกและปรสิตภายใน คิดเป็น 9.89 และ 90.11% ตามลำดับ โดย ปรสิตภายนอกพบโปรโตซัว 2 สกุล คือ *Epistylis* และ *Acineta* ส่วนปรสิตภายในโดยเฉพาะลำไส้ พบปรสิตกลุ่มโปรโตซัว 2 สกุล คือ *Opalina* และ *Balantidium* และปรสิตกลุ่มโรติเฟอร์ 4 สกุล คือ *Monostyla*, *Lecane*, *Philodina* และ *Brachionus* โดยพบว่า *Opalina* และ *Balantidium* มีการแพร่กระจาย ความชุกชุม และความหนาแน่นมากที่สุดในทุก ระยะ ทุกพื้นที่ และทุกฤดูกาล ส่วนชนิดที่มีความชุกชุมน้อยที่สุด คือ *Philodina* ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า โดยรวม คุณภาพน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกบ ยกเว้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าแอมโมเนียรวม และค่า ไนโตรท์ โดยสรุปจะเห็นว่า การเกิดโรคปรสิตในกบนั้นสามารถเกิดได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้ชนิดและความชุกชุมของปรสิตจะขึ้นอยู่กับ การจัดการการเลี้ยง คุณภาพน้ำ และฤดูกาล โดยเฉพาะหากน้ำที่ใช้เลี้ยงกบมีการสะสมของสารอินทรีย์และของเสียต่างๆ จะก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนของเชื้อโรคและส่งผลกระทบต่อ การเกิดโรค ในการป้องกันรักษาติดเชื้อปรสิตในกบอาจใช้ยากำจัดพยาธิ การฆ่าเชื้อภายในบ่อเป็นระยะๆ และสิ่งสำคัญที่สุดคือ การจัดการฟาร์มให้ถูกสุขลักษณะและจัดการคุณภาพน้ำภายในบ่อ เลี้ยงกบให้สะอาดและเหมาะสมอยู่เสมอ

**คำสำคัญ:** โรคปรสิตในกบ, ความชุกชุม, ปรสิตภายนอก และปรสิตภายใน

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: panaratana@hotmail.com

---

## Parasitic Infection of Common Lowland Frog (*Hoplobatrachus rugulosus*) in Maha Sarakham and Roi-et Provinces

---

Panarat Phadee<sup>1\*</sup> and Phongsri Julawong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Division of Fisheries, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44150 Thailand*

<sup>2</sup>*Division of Fisheries, Roi-et Collage of Agriculture and Technology, Roi-et, 45170 Thailand*

### Abstract

Studies on parasitic distribution of the common lowland frog from 5 farms in Maha Sarakham and Roi-et Provinces during August, 2015 to July, 2016. Totally 833 diseased frogs were collected and examined for parasitic infestation from 3 stages of frog (tadpole, young frog and adult frog at 320, 330 and 183 frogs, respectively). In addition, water quality analysis involving parasitic infection to frog was also carried out. The results revealed that all stages of frogs were infected by parasites throughout the year, in which 91.72% (764 frogs). Both ectoparasite and endoparasite found to affect the frogs at 9.89 and 90.11%, respectively. The ectoparasite found 2 genera of ciliate protozoa including *Epistylis* and *Acineta*, while endoparasite especially in intestine found 2 genera of ciliate protozoa including *Opalina* and *Balantidium* and 4 genera of parasitic rotifer including *Monostyla*, *Lecane*, *Philodina* and *Bracheonus*. The investigated shows that *Opalina* and *Balantidium* were the highest prevalence and abundance in each stages, areas and seasons. While the lowest one was *Philodina*. Water quality analysis showed optimum for aquatic animals, except the dissolved oxygen, total ammonia-N (NH<sub>3</sub>-N) and nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). In conclusion, parasitic infection of frogs could occur throughout the year. The types and prevalence of parasites were depending on culture management, water quality and season, especially the cumulative of organic matter and waste would increase number of pathogens and caused diseases outbreak. For parasitic treatment and prevention farmers could be treat with anti-parasites, periodically clean up cultured ponds using some chemicals, and importantly farm hygiene and water quality management are requires.

**Keywords:** Parasitic infection in frog, Prevalence, Ectoparasite and Endoparasite

---

\*  
corresponding author: E-mail: panaratana@hotmail.com

บทนำ

กบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) (Wiegmann, 1834) เป็นกบที่พบได้ทั่วไปตามทุ่งนาและแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงกบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และกบนาถือเป็นกบนิยมเลี้ยงมากที่สุด ทั้งการเลี้ยงเพื่อจำหน่ายลูกอ๊อด ลูกกบ และกบเนื้อ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น การเจริญเติบโตเร็ว ใช้ต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ และจัดได้ว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางสูง รวมทั้งราคาจำหน่ายค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำจืดชนิดอื่น (Sririkanonda, 2009; Phadee *et al.*, 2018) ประกอบกับในปัจจุบันกบในธรรมชาติมีจำนวนลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากรูปแบบการทำนาที่เปลี่ยนแปลงไป ที่นาถูกเปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์และอื่นๆ แต่ความต้องการบริโภคกบนากลับเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงกบมากขึ้น อีกทั้งตลาดต่างประเทศก็เปิดกว้างมากขึ้น จึงมีฟาร์มกบกระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทย (Srisa-ard, 2011) อย่างไรก็ตาม จากการที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกบส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในการเลี้ยง โดยเฉพาะการจัดการด้านโรค จึงมักก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโรคในกบมักเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อและโรคที่ไม่เกิดจากการติดเชื้อ โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากการติดเชื้อในกลุ่มแบคทีเรียและปรสิต ทำให้กบเป็นโรคและตายเป็นจำนวนมาก (Kanchanakhan, 1993) นอกเหนือจากนั้นแล้วสาเหตุโน้มนำที่มักจะทำให้กบมีการติดเชื้อโรค คือ การที่เลี้ยงกบอย่างหนาแน่นเกินไป สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม และมีของเสียสะสมในบ่อเลี้ยง ทำให้กบมีความต้านทานโรคลดลง รวมทั้งกบมักกินกันหรือทำร้ายกันเอง เมื่อกบเกิดบาดแผลบนผิวหนังจะทำให้กบได้รับเชื้อและแพร่กระจายไปทั่วร่างกายอย่างรวดเร็ว กบจึงป่วยและตายในระยะเวลาอันสั้น

โดยทั่วไปแล้วกบที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั้งระยะลูกอ๊อด กบเล็ก และกบเนื้อทั้งที่ได้มาจากทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติและจากฟาร์มเพาะเลี้ยงของเกษตรกร อาจมีการปนเปื้อนของปรสิตและเป็นปัญหาสำคัญต่อการเจริญเติบโต ความอุดมสมบูรณ์ สุขภาพของกบ และการเกิดโรค รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งมีรายงานชนิดของปรสิตที่มากในกบนา ได้แก่ *Opalina*, *Balantidium*, *Cosmocercidae*, *Sparganum*, *Haplometra*, *Glypthelmins* และ *Diplodiscus* (Sririkanonda, 2009; Chatmongkolkul *et al.*, 2007; Rasmitat *et al.*, 1989) นอกจากนี้ชนิดและความหลากหลายของปรสิตยังใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์น้ำหรือกบเจ้าบ้าน และยังสามารถใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศมลพิษทางเคมีในน้ำได้ (Dick, 1998; Khan, 1998, Sukgnern and Lertsuttichawal, 2016) การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิด และความชุกชุมของปรสิตในกบระยะต่างๆ ที่เลี้ยงในบ่อพลาสติกและบ่อซีเมนต์ในจังหวัดมหาสารคามและร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งในการทำให้เกิดการสูญเสียแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกบ เพื่อใช้ในการหาสาเหตุของการเกิดโรค แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเกิดโรคในกบ ตลอดจนแนวทางการการตายหรือการสูญเสียอันเนื่องมาจากถูกปรสิตเบียนแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกบต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

ทำการศึกษาสภาพการเลี้ยงและรูปแบบการจัดการฟาร์มเลี้ยงและเพาะพันธุ์กบในแต่ละพื้นที่ และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างกบนาที่มีอาการป่วยเพื่อศึกษาชนิดของปรสิตจากฟาร์มเพาะเลี้ยงกบในอำเภอเมืองมหาสารคาม จำนวน 1 ฟาร์ม อำเภอนาดูน จังหวัด

มหาสารคาม จำนวน 3 ฟาร์ม และอำเภอรวิชัยบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 1 ฟาร์ม ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 12 เดือน ระหว่างเดือนสิงหาคม 2558 ถึงเดือนกรกฎาคม 2559 โดยเก็บตัวอย่างกบ 3 ระยะ คือ ลูกอ๊อด (ระยะที่มีหาง) ลูกกบ (หลังจากหางหลุดจนถึงอายุ 45 วัน) และกบเนื้อ (ขนาดที่จำหน่ายเพื่อบริโภคในท้องตลาด) ระยะละ 10, 10 และ 3-5 ตัวต่อเดือนต่อฟาร์ม ตามลำดับ รวมตัวอย่างลูกอ๊อด ลูกกบ และกบโตเต็มวัย จำนวน 320, 330 และ 183 ตัวตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 833 ตัว โดยทำการศึกษาลักษณะอาการกบป่วยภายในฟาร์ม สังเกตอาการ พร้อมบันทึกการเปลี่ยนแปลงและลักษณะอาการป่วยที่เกิดขึ้นในแต่ละฟาร์ม แล้วนำมาตรวจหาปรสิตภายในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างกบป่วยทั้ง 3 ระยะ มาซังน้ำหนัก (ก.) และวัดความยาว (ซม.) แล้วทำการตรวจหาปรสิตภายนอก (Ectoparasite) จากผิวหนัง เหงือก (ระยะลูกอ๊อด) และรยางค์มาตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อด้วยวิธี Wet mount แล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40, 100 และ 400 เท่า ตามลำดับ และการตรวจหาปรสิตจากอวัยวะภายใน (Endoparasite) ของกบ ทำให้กบหมดความรู้สึกโดยการแช่ลงในกล่องบรรจุน้ำแข็ง แล้วนำมาตรวจหาปรสิตในอวัยวะภายใน คือ ตับและลำไส้ โดยทำการผ่าตัดเปิดช่องท้อง แล้วนำส่วนของตับไปทำ Wet mount และนำของเหลวจากลำไส้และทางเดินอาหาร 100 µL มาหยดลงบนแผ่นสไลด์ที่มีหยดน้ำ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (Cover glass) ไปตรวจหาปรสิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40, 100 และ 400 เท่า ตามลำดับ นับจำนวนปรสิตและจดบันทึกไว้พร้อมกับบันทึกภาพปรสิตที่พบ นำปรสิตไปเตรียมเป็นสไลด์กึ่งถาวรเพื่อใช้ในการจัดจำแนก ตามวิธีของ (Ergens, 1969) การจัดจำแนกชนิดปรสิตตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตามวิธีของ Sirikanjana (2003); Chatmongkolkul *et al.* (2007); Purivirojkul (2013); May (1989); Keppeler *et al.* (2010); Hossack *et al.* (2013) และ Comas *et al.*

(2014) นำข้อมูลการพบและจำนวนปรสิตมาทำการคำนวณหาค่าความชุกชุม (Prevalence, %) และหาค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของปรสิตแต่ละชนิด (Mean intensity) ตามวิธีการของ Bush *et al.* (1997) ดังนี้

$$\text{Prevalence of infection} = \frac{\text{จำนวนกบที่พบปรสิตแต่ละชนิด}}{\text{จำนวนกบทั้งหมด}}$$

$$\text{Mean intensity} = \frac{\text{จำนวนปรสิตแต่ละชนิดที่พบทั้งหมด}}{\text{จำนวนกบที่พบปรสิตแต่ละชนิด}}$$

### 3. การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีมาตรฐาน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) แอมโมเนีย (Ammonia) ไนไตรท์ (Nitrite) ความเป็นด่าง (Alkalinity) ความกระด้าง (Hardness) และอุณหภูมิ (Temperature) ด้วย Thermometer เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงกบ (APHA, AWWA and WPCF, 1998)

## ผลการวิจัย

### 1. ผลการศึกษาสภาพการเลี้ยงและลักษณะอาการของกบป่วย

สภาพการเลี้ยงและเพาะพันธุ์กบทั้ง 5 ฟาร์ม มีความแตกต่างกัน โดยฟาร์มเพาะเลี้ยงกบที่อำเภอมืองมหาสารคาม จะทำการเลี้ยงกบทั้ง 3 ระยะ ในบ่อซีเมนต์ที่อำเภอนาดูน จังหวัดมหาสารคาม มีการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ทั้งในบ่อซีเมนต์และบ่อดินที่ปูด้วยแผ่นพลาสติกที่มีส่วนการเลี้ยงลูกอ๊อด ลูกกบ และกบเนื้อจะทำการเลี้ยงในบ่อดินที่ปูด้วยแผ่นพลาสติกพื่อที่ขังน้ำลึกประมาณ 25-30 ซม. และที่อำเภอรวิชัยบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด จะทำการเลี้ยงกบทุกระยะในบ่อซีเมนต์ ทุกฟาร์มให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแก่กบทุกระยะ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นครั้ง

คราวโดยไม่มีกำหนดระยะเวลาแน่นอน ขึ้นกับความสะดวกของผู้เลี้ยง การเพาะพันธุ์กบสามารถทำได้เฉพาะช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน เนื่องจากกบไม่สามารถผสมพันธุ์วางไข่ในช่วงฤดูหนาว เกษตรกรจะสามารถจำหน่ายลูกอ๊อดและลูกกบได้ เพียงปีละ 7-8 เดือน อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ฟาร์มเลี้ยงกบจากอำเภอเมืองมหาสารคามได้เลิกกิจการระหว่างที่ทำการศึกษา และบางฟาร์มไม่มีตัวอย่างให้เก็บในบางเดือน จึงทำให้เก็บตัวอย่างกบได้ไม่ครบ 12 ครั้ง

การจัดการด้านโรคภายในฟาร์มของเกษตรกรพบว่า การเกิดโรคในกบสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดทั้งปี แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการป้องกันรักษาโรคภายในฟาร์ม เมื่อมีการตายเกิดขึ้นจะทำการกำจัดทิ้งและนำมาเลี้ยงใหม่ จากการศึกษาลักษณะอาการกบป่วยทั้ง 3 ระยะ จะเห็นว่า ลักษณะอาการของลูกอ๊อดและลูกกบที่ป่วยจะไม่กินอาหาร แยกฝูง ลอยตัวที่ผิวน้ำ สีลำตัวซีดกว่าปกติ บางตัวมีอาการตกเลือดตามลำตัว ลำตัวบวมน้ำ ในระยะที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างจากลูกอ๊อดเป็นลูกกบมักพบปัญหาการกัดกันหรือกินกันเอง จึงทำให้ลูกอ๊อดเกิดการติดเชื้อและตายเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะหากเกษตรกรไม่ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือคัดขนาดอย่างสม่ำเสมอ และไม่ทำที่หลบซ่อนตัวให้แก่ลูกกบ ส่วนโรคกบโตเต็มวัยหรือกบเนื้อ ลักษณะอาการส่วนใหญ่ที่พบ คือ มีผลตามลำตัว เท้าและปาก ตาโปน ตาเป็นฝ้า ท้องบวม ขาแดงหรือตกเลือดตามลำตัว มีอาการว่ายน้ำควงส่ววน (กระแตเวียน) ไม่สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ได้ เมื่อทำการผ่าตัดเปิดช่องท้องพบ มีก้อนสีขาวบริเวณตับ ปอด ม้าม มีน้ำในช่องท้อง ลำไส้บวมน้ำเมื่อเปิดลำไส้จะส่งกลิ่นเหม็นรวมทั้งสภาพน้ำที่เลี้ยงส่วนใหญ่ค่อนข้างมีคุณภาพต่ำ มีสีดำคล้ำ และส่งกลิ่นค่อนข้างแรง เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นเวลานาน

## 2. ผลการศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของปรสิตในกบนา

จากการศึกษาชนิดและความชุกชุมของเชื้อปรสิตในกบนา จากฟาร์มเลี้ยงและเพาะพันธุ์กบทั้ง 5 ฟาร์ม ระหว่างเดือนสิงหาคม 2558 ถึงเดือนกรกฎาคม 2559 ในกบทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ลูกอ๊อด ลูกกบ และกบเนื้อ ระยะละ 320, 330 และ 183 ตัว ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 833 นำมาตรวจหาปรสิตที่อวัยวะต่างๆ ทั้งภายนอกและภายใน พบกบติดเชื้อปรสิตทั้งสิ้น 764 ตัว คิดเป็นกบติดเชื้อทั้งหมด 91.72% (Fig. 1a) โดยแยกเป็นกบจากอำเภอนาคูน 1 นาคูน 2 นาคูน 3 อำเภอเมืองมหาสารคาม และอำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด 200, 202, 191, 65 และ 175 ตัว และพบการติดเชื้อปรสิตฟาร์มละ 24.68, 24.4, 22.58, 8.13 และ 20.21% ตามลำดับ กบบางตัวอาจมีการติดเชื้อปรสิตหลายชนิด ซึ่งพบกบมีการติดเชื้อที่อวัยวะภายนอก (Ectoparasite) 9.89% และติดเชื้อที่อวัยวะภายใน (Endoparasite) 91.11% (Fig. 1b) โดยปรสิตที่พบที่อวัยวะภายนอก เป็นกลุ่มโปรโตซัว 2 สกุล คือ *Acineta* อยู่ใน Subclass Suctorina และ *Epistylis* อยู่ใน Subclass Peritrichia ส่วนปรสิตที่พบในอวัยวะภายในบริเวณทางเดินอาหาร กบ พบกลุ่มโปรโตซัว 2 สกุล คือ *Opalina* และ *Balantidium* และพบกลุ่มโรติเฟอร์ในลำไส้ กบ จำนวน 4 สกุล ได้แก่ *Brachionus*, *Lecane*, *Monostyla* และ *Philodina* (Table 1) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโรติเฟอร์เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบกระจายในแหล่งน้ำทั่วไป แต่ในบางกรณีโรติเฟอร์เหล่านี้สามารถเป็นปรสิตที่เป็นอันตรายต่อเจ้าบ้านได้เช่นกัน เช่น โรติเฟอร์สกุล *Brachionus*, *Volvox*, *Lecane*, *Monostyla* และ *Philodina* เป็นต้น (May, 1989; Keppeler et al., 2010; Hra, 2011) จากการศึกษาครั้งนี้สามารถพบเชื้อปรสิตเหล่านี้ได้ตลอดทั้งปี แต่พบจำนวนไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับ *Opalina* และ *Balantidium* ซึ่งเชื้อปรสิตเหล่านี้อาจเข้าสู่ร่างกายกบทางปากจากการกินเข้าไป และเชื้อเหล่านี้มักไม่เป็นอันตรายถึงชีวิต จาก Table 1 จะเห็นว่า

วารสารเกษตรพระวรุณ 329

การแพร่กระจายของปรสิตในกบทั้ง 3 ระยะไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แต่พบระยะลูกอ๊อดมีการติดเชื้อปรสิตน้อยที่สุด (Fig. 1c) พบว่า ปรสิตที่มีความชุกชุมและความหนาแน่นมากที่สุด คือ สกกุล *Opalina* รองลงมา คือ สกกุล *Balantidium*, *Epistylis*, *Acineta*, *Lecane*, *Monostyla*, *Brachionus* และ *Philodina* ตามลำดับ (Fig. 1d) กบแต่ละระยะพบเชื้อคล้ายคลึงกัน ยกเว้นจะไม่พบ *Acineta* ในกบระยะลูกอ๊อด โดยเชื้อ *Epistylis* และ *Acineta* เป็นปรสิตภายนอกที่พบที่ ผิวหนังและรยางค์ เนื่องจากเป็นโปรโตซัวที่ต้องการออกซิเจน ส่วนเชื้ออื่นๆ พบที่ท่อทางเดินอาหาร โดยเฉพาะลำไส้ เมื่อพิจารณาจากขนาดและอายุของกบ จะเห็นว่า มีการติดเชื้อและการแพร่กระจายของ *Opalina* และ *Balantidium* มากที่สุดในกบทั้ง 3 ระยะ กบที่ติดเชื้อจะมีลักษณะอาการคล้ายกัน แต่จะเห็นได้ชัดในกบเนื้อ คือ ถึงแม้ว่าจะไม่ทำให้เกิดการตายแต่กบจะมีอาการชิวบวม ไม่กินอาหาร และเซื่องซึม หากอาการรุนแรงเมื่อเปิดช่องท้องจะพบลำไส้บวม น้ำ มีกลิ่นเหม็น และพบปรสิตจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Rasmitat et al. (1989) ที่ศึกษาปรสิตในทางเดินอาหารของกบนา (*Rana tigerina*) ที่อยู่ในธรรมชาติและในฟาร์มเลี้ยงกบ พบปรสิตมีจำนวนมากที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายและไส้ตรง 4 ชนิด ได้แก่ *Nyctotherus cordiformis*, *Opalina obtriquonoidea*, *Opalina hylaxena* และ *Balantidium duodeni* ที่พบตั้งแต่ 57.1, 52.4, 33.3 และ 4.8% ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Chatmongkolkul et al. (2007) ทำการศึกษาปรสิตในอวัยวะภายในของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) ตัวเต็มวัย จำนวน 74 ตัว ระหว่างเดือนตุลาคม 2549 ถึงกันยายน 2550 จากสวนสัตว์เปิดเขาเขียว จังหวัดชลบุรี และอำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว พบว่า กบนาที่มีการติดเชื้อพยาธิตัวกลม 3 สกกุล (*Cosmocercidae*, *Oswaldocruzia* และ *Rhabdias*) พยาธิหัวหนาม 2 สกกุล พยาธิใบไม้ 3 สกกุล (*Haplometra*, *Glypthelmins* และ *Diplodiscus*) พยาธิตัวดีดสกกุล *Sparganum* และโปรโตซัวในลำไส้ 2

สกกุล (*Opalina* และ *Balantidium*) และ Sririkanonda (2009) ทำการศึกษาการติดเชื้อปรสิตในกบนาจากฟาร์มเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดตรัง กระจับปี่ สตูล นครศรีธรรมราช และพัทลุง ระหว่างเดือนตุลาคม 2546 ถึงกุมภาพันธ์ 2548 พบ ปรสิต 3 สกกุล คือ *Opalina*, *Protoopalina* และ *Balantidium* ซึ่ง Tangtrongpaioj (1993) และ Lamlertdecha (1988) รายงานว่า สามารถพบ *Opalina* และ *Balantidium* ในกบตั้งแต่ระยะลูกอ๊อด จนถึงตัวเต็มวัยและมีการเพิ่มจำนวนในลำไส้ โดยการแบ่งเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว วงจรชีวิตจะเริ่มต้นจากลูกอ๊อด จะกิน Cyst ของ *Opalina* ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ เมื่อลูกอ๊อดมีเมตามอพอซิสเป็นลูกกบและกบโตเต็มวัย Cyst เหล่านี้จะเจริญจนถึงระยะ Trophozoit แล้วมีการเพิ่มปริมาณมากขึ้น โดยได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมนเพศของกบในระยะสืบพันธุ์ Cyst จะถูกขับออกมาปะปนกับอุจจาระของกบลงสู่แหล่งน้ำที่มันอาศัยอยู่ ทำให้มีการวนเวียนของวงจรชีวิตของ *Opalina* ภายในบ่อเลี้ยงกบ ส่วนการแพร่กระจายของเชื้อปรสิตในรอบปี พบว่า เดือนตุลาคมและกันยายนมีจำนวนและความหลากหลายชนิดมากที่สุด รองลงมา คือ เดือนเมษายน พฤษภาคม และ มีนาคม ตามลำดับ (Fig. 2) โดยเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน พบเชื้อปรสิต 8 สกกุล เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมพบเชื้อปรสิต 6 และ 5 สกกุล ส่วนเดือนที่พบเชื้อปรสิตน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคมและพฤษภาคม ที่พบปรสิต 3 สกกุล ส่วนเดือนสิงหาคม พฤศจิกายน มกราคม มีนาคม มิถุนายน และกรกฎาคม พบเชื้อปรสิต 4 สกกุล อีกทั้งยังพบว่า รูปแบบการจัดการฟาร์มมีผลต่อการติดเชื้อปรสิต เช่น ฟาร์มเลี้ยงและอนุบาลลูกกบในบ่อซีเมนต์ที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นระยะจะพบจำนวนการติดเชื้อปรสิตน้อยกว่าฟาร์มที่เลี้ยงในบ่อดินที่ปูด้วยแผ่นพลาสติกพีอี และไม่มีระบบการจัดการเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับ Sririkanonda (2009) ที่รายงานในพื้นที่แต่ละจังหวัดพบปริมาณและความหลากหลายของปรสิตแตกต่างกัน รวมทั้งรูปแบบการเลี้ยงที่เลี้ยงเชิงพาณิชย์ ความรู้ความชำนาญของเกษตรกรในการจัดการฟาร์มที่

เหมาะสม ลักษณะบ่อเลี้ยง เช่น บ่อซีเมนต์กบอาจกระโดดชนผนังบ่อทำให้เกิดแผลได้ อัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงสูง การคัดขนาดกบให้มีความใกล้เคียงกัน การพักบ่อ การตากบหรือฆ่าเชื้อโรค การใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงแบบให้เต็มที่อาจมีอาหารตกค้างเน่าเสียในบ่อ การใช้น้ำโดยไม่ผ่านการ

บำบัด และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยครั้ง มีผลต่อการติดเชื้อปรสิตเช่นเดียวกัน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลให้การเลี้ยงกบที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมจะทำให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด อ่อนแอ ภูมิคุ้มกันลดลง เกิดโรคได้ง่ายและอาจทำให้กบตายในที่สุด

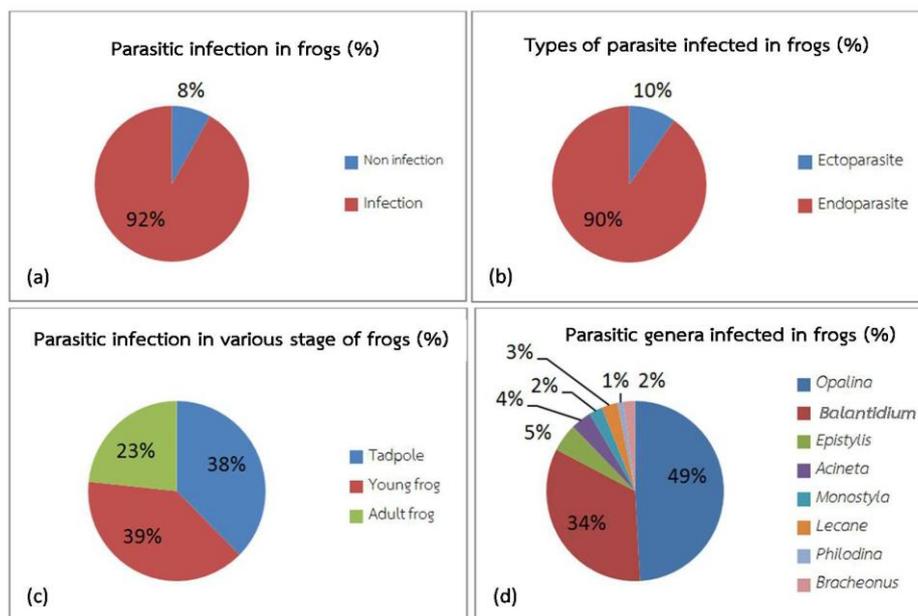


Fig. 1 Percentage of parasitic infection of frog in Maha Sarakham and Roi-et Provinces

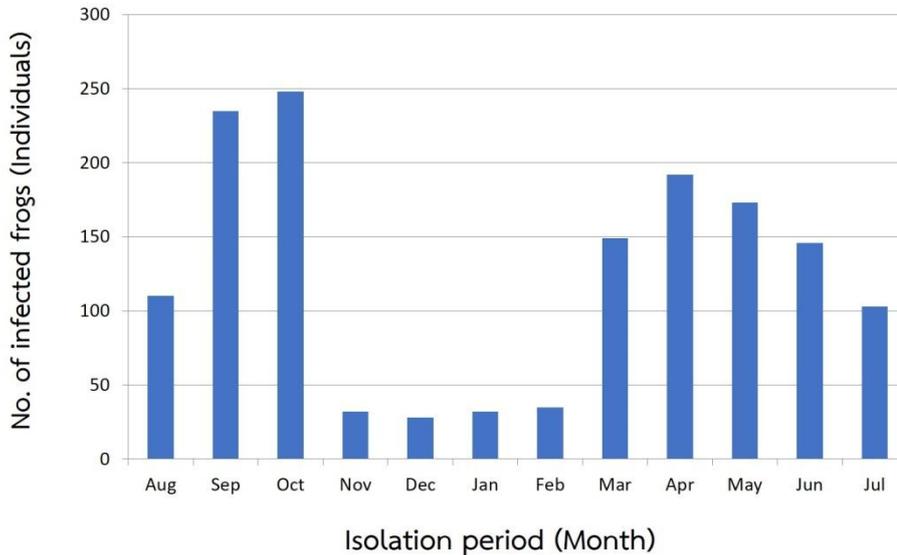


Fig. 2 Parasitic infection and isolation from frog farm annually

### 3. ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกบ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกบทั้ง 3 ระยะเวลา ของแต่ละฟาร์มพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่าความกระด้าง และค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเพียงค่าแอมโมเนียรวม (NH<sub>3</sub>-N) และค่าไนไตรท์ (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ของบางฟาร์มอยู่ในระดับที่อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (Table 2) จะเห็นว่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกบ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยระหว่าง 7.45-8.25 ซึ่งค่าต่ำสุดที่วัดได้ คือ 5.86 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26.9-30.5 °C ซึ่งฟาร์มกบจากอำเภอนาดูนมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง เนื่องจากเลี้ยงในบ่อเปิดโล่งและระดับน้ำที่เลี้ยงตื้น อย่างไรก็ตามหากอุณหภูมิของน้ำสูงเกิน 33°C และมีการเปลี่ยนแปลงเฉียบพลันอาจทำให้เกิดการติดเชื้อโรคได้ง่าย ค่าความกระด้างและค่าความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 49.54-106 และ 49.36-138.88 mg/L ตามลำดับ ซึ่งถือเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่ง Boyd

(1982) กล่าวว่า ความกระด้างของน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าสูงกว่า 20 mg/L และค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 50-300 mg/L การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.18-4.45 mg/L ขึ้นกับรูปแบบการจัดการฟาร์มของแต่ละฟาร์ม ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Sririkanonda (2009) ที่พบว่าฟาร์มเลี้ยงกบในพื้นที่ภาคใต้มีค่าระหว่าง 1.20-4.30 mg/L ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ควรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงกว่า 3 mg/L (Lohalaksanadet, 1998) แต่เนื่องจากกบสามารถหายใจทางผิวหนังและปอด รวมทั้งอาศัยอยู่บนบกได้ จึงสามารถรับออกซิเจนได้จากอากาศโดยตรง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำดังกล่าวจึงไม่มีผลต่อการดำรงชีวิตของกบมากนัก ส่วนปริมาณค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ระหว่าง 2.43-4.39 mg/L ซึ่งสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานความเหมาะสมที่ระดับ 0.02 mg/L (Jiwyam, 2001) ปริมาณแอมโมเนียในครั้งนี้อยู่สูงมาก เนื่องจากการให้อาหาร

สำเร็จรูปเลี้ยงกบในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้มีเศษอาหารเหลือตกค้าง รวมทั้งกบมีการปล่อยสิ่งขับถ่ายและเมือกออกมามาก ทำให้น้ำเน่าเสีย ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ตรวจพบ 2 ฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.11-0.23 mg/L ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Sririkanonda (2009) ที่พบว่าบ่อเลี้ยงกบในพื้นที่ภาคใต้มีค่า 0.20-0.50 mg/L แต่ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำควรต่ำกว่า 0.017 mg/L (Lohalaksanadet, 1998)

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำภายในบ่อเลี้ยงกบ พบว่า น้ำในบ่อเลี้ยงลูกอ๊อดที่ใช้เวลาเลี้ยง 18 วัน ส่วนใหญ่มีสีเขียวเข้มจากการให้อาหารเหลือมากจึงมีไนโตรเจนสูง ซึ่งระยะนี้มักไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ส่วนบ่ออนุบาลลูกกบซึ่งใช้เวลาเลี้ยงจากระยะลูกอ๊อดเป็นระยะลูกกบเป็นเวลา 7-10 วัน น้ำจะมีสีเขียวออกน้ำตาล มักมีการปล่อยแบบหนาแน่น ให้อาหารมากจึงเหลือมาก รวมทั้งลูกกบจะขับเมือกออกมามากทำให้น้ำเสียได้เร็ว มักมีกลิ่นคาว และมีค่าแอมโมเนียค่อนข้างสูงกว่าบ่อเลี้ยงลูกอ๊อด แต่เนื่องจากลูกกบสามารถขึ้นมาเกาะอยู่บนวัสดุเกาะที่เตรียมไว้ รวมทั้งระยะนี้สามารถหายใจทางผิวหนังได้ แอมโมเนียและไนโตรเจนจึงทำอันตรายลูกกบได้ไม่มากนัก ส่วนคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกบเนื้อ คุณภาพน้ำจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าระยะอื่นๆ และมีค่าแอมโมเนียและไนโตรเจนสูงกว่าระยะอื่นๆ เช่นกัน รวมทั้งน้ำในบ่อเลี้ยงจะมีสีน้ำตาลดำและส่งกลิ่นเหม็น หากไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นระยะเวลานาน ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรจะเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละครั้งหรือนานกว่านั้นขึ้นกับการเน่าเสียของน้ำ จึงทำให้เกิดการหมักหมมของของเสีย รวมทั้งก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคในบ่อเลี้ยงกบได้ง่าย เมื่อคุณภาพน้ำไม่ดีและมีอากาศแปรปรวน อุณหภูมิมีการขึ้นลงตลอดเวลา จะทำให้กบเครียดและอ่อนแอ กบจึงติดเชื้อได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Jiwyam (2001) กล่าวว่า อาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำที่ตกค้างภายในบ่อจะหมักหมมที่พื้นก้นบ่อ เมื่อถูกย่อยสลายจะเกิดแอมโมเนียขึ้นมา และถ้า

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562

ในน้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิมีค่าสูง จะส่งผลให้แอมโมเนียมีพิษสูงซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน หายใจลำบาก ทำให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด อ่อนแอ ขับเมือกออกมามาก และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค (Boyd, 1982) ดังนั้นจะเห็นว่า การติดเชื้อปรสิตในกบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม คุณภาพน้ำ รวมทั้งพื้นที่เลี้ยงขนาดของกบ และฤดูกาลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้อาจเกิดจากรูปแบบการจัดการฟาร์มแตกต่างกัน เช่น ฟาร์มที่ปล่อยให้มีการหมักหมมของของเสียในพื้นที่ก้นบ่อ จะพบกบมีการติดเชื้อมากกว่าฟาร์มที่มีการจัดการคุณภาพน้ำที่ดี

#### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาชนิดของปรสิตในกบนาในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดร้อยเอ็ด พบมีการติดเชื้อปรสิต 91.72% โดยพบทั้งปรสิตภายนอกและปรสิตภายในที่ 9.89 และ 90.11% ตามลำดับ ซึ่งปรสิตภายนอกพบโปรโตซัว 2 สกุล คือ *Epistylis* และ *Acineta* ส่วนปรสิตภายในโดยเฉพาะลำไส้ พบโปรโตซัว 2 สกุล *Opalina* และ *Balantidium* และปรสิตกลุ่มไรติเฟอร์ 4 สกุล *Monostyla*, *Lecane*, *Philodina* และ *Bracheonus* โดยพบว่า *Opalina* และ *Balantidium* มีการแพร่กระจาย ความชุกชุมและความหนาแน่นมากที่สุดในทุกๆ ระยะ ทุกพื้นที่ และทุกฤดูกาล ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ค่าความกระด้าง และค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกบ ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าแอมโมเนียรวม และค่าไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำเลี้ยงกบมีการสะสมของเสีย สารอินทรีย์ และก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคในบ่อเลี้ยงกบ ซึ่งจะส่งผลให้กบเกิดการติดเชื้อโรคได้ง่าย

วารสารเกษตรพระวรุณ 333

กิตติกรรมประกาศ

และเทคโนโลยีในการให้ทุนสนับสนุนงบประมาณสำหรับ  
วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกบ  
นิสิตสาขาวิชาประมง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในการ  
เก็บข้อมูลวิจัย และสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์

**Table 1** Parasitic infection and prevalence of various stages of frog

Frog stages	Sampled frogs/ Infected location	Infected frogs	Total parasites	Parasitic species	Prevalence (%)	Mean Abundance ±SD
All stages	833 / Skin	74	1464	<i>Epistylis</i> sp.	8.88	19.78 ± 2.85
		55	1045	<i>Acineta</i> sp.	8.4	19.00 ± 3.35
	Intestine	721	36458	<i>Opalina</i> sp.	86.55	50.01 ± 2.74
		492	14465	<i>Balantidium</i> sp.	59.06	29.40 ± 3.18
		43	625	<i>Lecane</i> sp.	5.16	14.53 ± 4.18
		36	358	<i>Monostyla</i> sp.	4.32	9.94 ± 2.81
		31	298	<i>Bracheonus</i> sp.	3.72	9.32 ± 3.36
		16	143	<i>Philodina</i> sp.	1.92	8.94 ± 2.45
Tadpole	320 / Skin	32	624	<i>Epistylis</i> sp.	10.00	19.50 ± 2.86
		246	11332	<i>Opalina</i> sp.	76.88	46.07 ± 3.37
	Intestine	179	5280	<i>Balantidium</i> sp.	55.94	29.49 ± 2.77
		29	395	<i>Lecane</i> sp.	9.06	13.62 ± 3.09
		19	190	<i>Monostyla</i> sp.	5.94	10.00 ± 4.12
		22	98	<i>Bracheonus</i> sp.	6.88	4.45 ± 2.79
		10	45	<i>Philodina</i> sp.	3.13	4.50 ± 2.63
Young	330 / Skin	29	584	<i>Epistylis</i> sp.	9.06	20.14 ± 2.88
		32	640	<i>Acineta</i> sp.	10.00	20.00 ± 3.62
	Intestine	282	16361	<i>Opalina</i> sp.	88.13	58.02 ± 2.88
		184	5410	<i>Balantidium</i> sp.	57.50	29.04 ± 3.05
		12	143	<i>Lecane</i> sp.	1.88	11.92 ± 4.07
		7	70	<i>Monostyla</i> sp.	2.19	10.00 ± 4.11
		5	82	<i>Bracheonus</i> sp.	1.56	16.04 ± 2.68
2	36	<i>Philodina</i> sp.	0.63	18.00 ± 2.74		
Adult	183 / Skin	13	256	<i>Epistylis</i> sp.	7.10	19.69 ± 2.93
		23	461	<i>Acineta</i> sp.	12.57	20.04 ± 2.55
	Intestine	153	8765	<i>Opalina</i> sp.	83.61	57.29 ± 2.98
		129	3765	<i>Balantidium</i> sp.	70.49	29.19 ± 3.42
		8	87	<i>Lecane</i> sp.	4.37	10.88 ± 3.86

Frog stages	Sampled frogs/ Infected location	Infected frogs	Total parasites	Parasitic species	Prevalence (%)	Mean Abundance ±SD
		10	98	<i>Monostyla</i> sp.	5.46	9.80 ± 3.97
		4	62	<i>Bracheonus</i> sp.	2.19	29.50 ± 2.45
		4	118	<i>Philodina</i> sp.	2.19	15.50 ± 3.01

**Table 2** Mean of water quality analysis in frog farms in Maha Sarakham and Roi-et Province

Farm locations	Water quality parameter*						
	pH	Temp.	DO	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Hardness	Alkalinity
Nadoon 1	8.24	28.2	2.18	4.39	0.11	106	138.88
Nadoon 2	8.25	29.3	3.20	3.45	0.23	65.33	112.94
Nadoon 3	8.01	30.5	3.60	2.64	0	49.54	86.25
Muang Maha Sarakham	7.26	26.9	4.45	2.68	0	58.86	117.78
Tawatburi, Roi-et	7.45	27.6	4.22	<b>2.43</b>	<b>0</b>	<b>73.78</b>	<b>49.36</b>
Optimal range**	6.5-9	25-32	3-5	<b>&lt;0.2</b>	<b>&lt;0.017</b>	<b>100-200</b>	<b>50-200</b>

Note\*: 1) Temp. = Temperature (°C)

2) DO = Dissolved oxygen (mg/L)

3) NH<sub>3</sub>-N = Total ammonia-Nitrogen (mg/L)

4) NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = Nitrite (mg/L)

5) Hardness (mg/L)

6) Alkalinity (mg/L)

Sources\*\*: Boyd (1982); Jiwyam (2001) and Lohalaksanadet (1998)

### References

- APHA, AWWA and WPCF. 1998. Standard Method for Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> Edition. American Public Health Association. Washington DC, USA.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publishing Co., New York.
- Bush, A.O., K.D. Lafferty, J.M. Lotz and A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.* 83: 575-583.
- Chatmongkolkul, M., P. Pariyanont and J. Settasi. 2007. Parasites of *Hoplobatrachus rugulosus* in areas of Plant Genetics Conservation Project under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess

- Mahachakri Sirindhon. Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)
- Comas, M., A. Ribas, C. Milazzo, E. Sperone and S. Tripepi. 2014. High levels of prevalence related to age and body condition: host-parasite interactions in a water frog *Pelophylax kl. Hispanicus*. *Acta Herpetologica* 9(1): 25-31.
- Dick, T.A. 1998. Fish parasites as indicators of freshwater ecosystem stability and change. *Parasitol. Internat.* 47: 43.
- Ergens, R. 1969. The suitability of ammonium picrate-glycerin in preparing slides of lower Monogonidea. *Folia Parasitol.* 16: 320.
- Hossack, B.R., W.H. Lowe, R.K. Honeycutt, S.A. Parks and P.S. Corn. 2013. Interactive effects of Wildlife, forest management, and isolation on amphibian and parasite abundance. *Ecol. Applic.* 23(2): 479-492.
- Hra, M. 2011. Seasonal and spatial distribution of *Brachionus* (Pallas, 1966; Eurotatoria: Monogonanta: Brachionidae), a bioindicator of eutrophication in lake EL-Manzalah, Egypt. *Biol. Med.* 3 (2): 60-69.
- Jiwyam, W. 2001. Principles of Water Quality and Water Analysis in Aquatic Animal Ponds. Chulalongkorn University Press, Bangkok. (in Thai)
- Keppeler, E. C., S.L. Silva de Souza, E. Souza da Silva, R.O.P. Serrano, R. Medeiros de Souza, I. Ítalo da Silva Dantas, J.F. Silvério and F.P. Madeira. 2010. Rotifera, Eurotatoria, Lecanidae, *Lecane monostyla* (DADAY, 1897): New occurrence for state of acre. *Ensaios e Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde* 14: 9-14.
- Kanchanakhan, S. 1993. Diseases in adult frogs. *J. Aquat. Anim. Dis. News* 3(2): 9-11. (in Thai)
- Khan, R.A. 1998. Parasites of fish as indicators of environmental stress. *Parasitol. Internat.* 47: 43.
- Lamlertdecha, S. 1988. Frog culture in Thailand. *J. Fish.* 41(2): 101-112. (in Thai)
- Lohalaksanadet, D. 1998. Guides to Water Qualities for Fisheries. Rajamangala University of Technology Srivijaya Trang Campus, Trang. (in Thai)
- May, L. 1989. Epizoic and parasitic rotifers. *Hydrobiologia* 196: 59-67.
- Phadee, P., K. Thaiso and P. Julawong. 2018. Final Report of Science and Technology Village project: Frog Culture Village. Office of the Permanent Secretary, Ministry of Science and Technology, Bangkok. (in Thai)
- Purivirojkul, W. 2013. Parasitology of Aquatic Animals. Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)
- Rasmitat, A., K. Wattanasermkij and P. Preeyanont. 1989. Types and quantities of protozoa in the frog (*Rana tigerina*) raised in earthen and cement ponds. Pp. 239-245. The Proceeding of The 27th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart University, Bangkok.
- Sirikanjana, P. 2003. Parasites of Aquatic Animal. 6th ed. Sky Word Advertising Partnership, Bangkok. 270 pp. (in Thai)

- Sukgnern, S. and T. Lertsuttichawal. 2016. Distribution of Monogeneans in Freshwater Fishes from Pakpanang Basin, Nakhon Sri Thammarat. J. Sc. Tech., Ubon Ratchathani Univ. 18(3): 76-87. (in Thai)
- Sririkanonda, S. 2009. Diseases of Cultured Frog (*Rana tigerina*) in Southern Part of Thailand. Prince Naradhiwas Univ. J. 1(3): 102-117. (in Thai)
- Srisa-ard, A. 2011. Guides to Raise Frogs. Naka Inter Media Com. Ltd, Bangkok. (in Thai)
- Tangtrongpairoj, J. 1993. Diseases and Disease Prevention of Frogs. J. Fish. Econ. 2(6): 35-37. (in Thai)
- Wiegmann, A.F.A. 1834. Herpetologia Mexicana, seu descriptio amphibiorum novae hispaniae , quae itineribus comitis de Sack, Ferdinandi Deppe et Chr. Guil. Schiede im Museum Zoologicum Berolinense Pervenerunt. Pars prima, saurorum species. Berlin, Lüderitz, iv + 54 pp.

## ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมในฤดูหนาว

วรุณเมธี วรเสริม<sup>1</sup>, เหล็กไหล จันทะบุตร<sup>1\*</sup> และ สำราญ พิมราช<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสม และเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการปฏิสนธิและอัตราการเพาะฟักไข่กบนาลูกผสม โดยการเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ในบ่อซีเมนต์ในช่วงฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) ไม่ควบคุมอุณหภูมิ 2) ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส 3) ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส 4) ควบคุมอุณหภูมิที่ 34 องศาเซลเซียส และ 5) ควบคุมอุณหภูมิที่ 36 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า การเลี้ยงกบนาลูกผสมที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อซีเมนต์ในช่วงฤดูหนาว ในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 องศาเซลเซียสไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตในด้านน้ำหนัก และอัตราการรอดตายของกบพ่อแม่พันธุ์แตกต่างกัน กบแม่พันธุ์เพศเมียที่เลี้ยงในสภาพที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวจะไม่มีไข่ออกไข่ ในขณะที่กบแม่พันธุ์เพศเมียที่เลี้ยงในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 องศาเซลเซียสมีการออกไข่ทั้งหมด จำนวนไข่ของแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 34 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มได้รับการปฏิสนธิมากที่สุด การเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30-36 องศาเซลเซียสมีอัตราการฟักอยู่ในช่วงระหว่าง 45.9-95.9 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสมในช่วงฤดูหนาวเพื่อการเพาะพันธุ์กบนาลูกผสมสามารถทำได้ และการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมควรอยู่ในช่วงระหว่าง 30-36 องศาเซลเซียส

**คำสำคัญ:** กบนาลูกผสม อัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อ อัตราการปฏิสนธิ และอัตราการฟัก

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: jantabood@hotmail.com

---

## Effect of Temperature on Reproductive Performance of Crossbred Frogs in the Winter Season

---

Wutmetee Woraserm<sup>1</sup>, Leklai Chantabut<sup>1\*</sup> and Sumran Pimratch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

### Abstract

The objectives of this study were to investigate the effect of temperature on growth and survival rate of crossbred frog parents and to study the effect of temperature on fertilization of crossbred frog eggs and hatching rate of crossbred frogs. Crossbred frog parents were raised in cement ponds in the winter season during November 2017 to February 2018. The experiment was laid out in a completely randomized design with three replications. The treatments consisted of untreated control (ambient), 30, 32, 34 and 36 °C. The results of raising crossbred frogs in cement ponds in the winter indicated that temperatures (of untreated control, 30, 32, 34 and 36 °C) were not significantly different for body weight and survival rate of parents. The female parent raised at untreated control in the winter season did not lay eggs, whereas female parents raised at 30, 32, 34 and 36 °C could lay eggs. The female parent raised at 34 °C tended to have the highest fertilized eggs. The parents raised at 30, 32, 34 and 36 °C had the hatching rates ranging from 45.9 to 95.9%. The results indicated that reproduction of crossbred frogs in the winter is possible and the temperature range of 30 to 36 °C is suitable for crossbred frog reproduction.

**Keywords:** crossbred frogs, feed conversion rate, fertilization rate and hatching rate

---

\*  
Corresponding author: E-mail: jantabood@hotmail.com

**บทนำ**

กบนาลูกผสม (*Rana tigerina* Weigmann) เป็นกบที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างกบนา x กบนา (*R. tigerina* x *R. rugulosa* Weigmann) เป็นกบที่มีขนาด คอขนาดใหญ่ ผิวสวย เจริญเติบโตเร็ว เป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่นิยมบริโภคเป็นอาหารกันมาอย่างช้านาน และมีการเพาะขยายพันธุ์เป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดใหม่ของประเทศไทย เนื่องจากเนื้อกบนาเป็นอาหารที่มีรสชาติอร่อยเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป อีกทั้งยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้อีกด้วย (Department of Fishery, 2018) ปัจจุบันกบนาถือได้ว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งเนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคทั้งในครัวเรือน ร้านอาหารและภัตตาคารรวมถึงการส่งออกไปยังต่างประเทศ ทั้งนี้เนื้อกบยังจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี (Mualmuangsong *et al.*, 2014)

จากสถิติผลการผลิตกบของกรมประมง พบว่าประเทศไทยมีผลผลิตในการเลี้ยงกบเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2556 มีผลผลิตจำนวน 1,782.67 ตัน มูลค่า 115,746,970 บาท (Department of Fisheries, 2015) เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2554 ที่มีผลผลิตจำนวนเพียง 578.87 ตัน มูลค่า 29,202,600 บาท (Department of Fisheries, 2013) นอกจากนี้ยังมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศฮ่องกง ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีการส่งออกกบไปยังประเทศฮ่องกง มีมูลค่าการส่งออกอยู่ที่ 141.67 ล้านบาท และอีกหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น มาเลเซีย สิงคโปร์ เยอรมัน ฝรั่งเศส และสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันมีการคำนึงถึงอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากกบเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง ไขมันต่ำ ส่วนของน่องกบมีโปรตีนสูงถึง 83 % ไขมัน 5.8% น้ำหนักแห้ง และมีการดอมีโนที่สำคัยสองชนิด คือ ไลซีน (Lysine) และเมทไธยโอนีน (Methionine) รวมทั้งยังมีวิตามินและแร่ธาตุ ได้แก่ ธาตุเหล็ก 2.1 มล./ 100 ก. และไนอาซีน 2.0 มล./ 100 ก. (Dani *et al.*, 1966)

ปัจจุบันเกษตรกรได้มีการเพาะเลี้ยงกบกันมากขึ้น มีผู้นักบนาเพาะขยายพันธุ์และเลี้ยงได้จนประสบความสำเร็จเพราะกบเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย ใช้เวลาน้อย ลงทุนต่ำ ดูแลรักษาง่ายและจำหน่ายได้ราคาคุ้มค่ากับการลงทุน ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นคือประมาณ 3-4 เดือนต่อรุ่นเท่านั้น และสามารถให้ความคุ้มค่าทางธุรกิจได้อย่างรวดเร็ว (Maisiri, 2011) อย่างไรก็ตาม การรวบรวมกบส่งขายไปยังต่างประเทศยังประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของกบ มีปัญหาการบาดเจ็บหรือตายในช่วงที่มีการขนส่งไปจำหน่าย ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก (Taksil, 2013) นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ในการขยายตลาดในส่วนของกบแช่แข็งไปขายยังต่างประเทศ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตกบในปริมาณที่สม่ำเสมอ และมีขนาดของน้ำหนักส่วนน่องกบที่ดีและมีคุณภาพ นอกจากนี้ตลาดต่างประเทศที่ต้องการสินค้าเกี่ยวกับกบเปิดกว้างมากขึ้น โดยพบว่ากบนาที่เป็นผลผลิตของเกษตรกรที่ทำการเพาะเลี้ยงได้สามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น (Department of Fisheries, 2015) ปัจจุบันปริมาณกบนาที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติมีจำนวนลดอย่างมาก อีกทั้งการเพาะพันธุ์กบนา ยังไม่สามารถเพาะพันธุ์ได้ตลอดปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากในฤดูหนาวกบนาไม่มีการจำศีลไม่ยอมกินอาหาร ไม่มีการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ ส่งผลทำให้กบนาลูกผสมไม่สามารถเพาะขยายพันธุ์ในช่วงฤดูหนาวได้ เกิดปัญหาเกี่ยวกับการผลิตลูกกบ (ลูกอ๊อด) และการผลิตกบเนื้อ ไม่สามารถส่งตลาดได้อย่างต่อเนื่องตลอดปีและไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตในด้านน้ำหนัก และอัตราการรอดตายของพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสม และ 2) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการปฏิสนธิ และอัตราการเพาะฟักของไข่กบนาลูกผสมในช่วงฤดูหนาว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรในการเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมนอกฤดู โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

เลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสมในบ่อซีเมนต์ บริเวณพื้นที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ในช่วงฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) ไม่ควบคุมอุณหภูมิ 2) ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °ซ 3) ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 °ซ 4) ควบคุมอุณหภูมิที่ 34 °ซ และ 5) ควบคุมอุณหภูมิที่ 36 °ซ

วิธีการทดลอง

1) การเตรียมบ่อทดลองเป็นบ่อกลมจัดเรียงบ่อทดลองไว้ในร่ม ทำความสะอาดบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 50 ซม. จำนวน 15 บ่อ โดยใช้น้ำล้างให้สะอาด แล้วตากบ่อให้แห้ง ในวงบ่อซีเมนต์กลมแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนด้วยตาข่ายในลอนเพื่อเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์แยกกัน ป้องกันไม่ให้กบพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เข้าหากันได้

2) การเตรียมกบทดลอง นำพันธุ์กบเพศผู้และกบเพศเมียจากครอกเดียวกันมาคัดเลือก คัดเอากบมีขนาดลำตัวและน้ำหนักใกล้เคียงกันมาใช้ในการทดลอง อาหารเลี้ยงกบเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป ลี้ยงจนอายุได้ 1 ปี จึงนำมาชั่งน้ำหนักของกบก่อนเข้าทำการทดลองด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยกบพ่อพันธุ์มีน้ำหนักเฉลี่ย 200 ก. กบแม่พันธุ์มีน้ำหนักเฉลี่ย 350 ก.

3) การเตรียมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยการติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิไว้บนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดที่ใช้ปิดปากบ่อซีเมนต์ เครื่องควบคุมอุณหภูมิแต่ละตัวจะมีตัวเซ็นเซอร์เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิภายในบ่อซีเมนต์ตลอดการทำงานและทำการติดตั้งหลอดไฟที่มีกำลังไฟ 40 วัตต์

220-240 โวลต์ ไว้ใต้ฟิวเจอร์บอร์ดพร้อมต่อสายเข้ากับเครื่องควบคุมอุณหภูมิตั้งอุณหภูมิให้แตกต่างกันโดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ ตามพริตเมนต์ที่กำหนด และใช้ฟิวเจอร์บอร์ดปิดปากบ่อซีเมนต์ไว้ทับด้วยอิฐแดงบนแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ป้องกันกบกระโดดออกจากบ่อซีเมนต์

4) การให้อาหารพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสม ในการทดลองให้อาหารกบใหญ่ ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหาร 1 ครั้งต่อวันในตอนเย็น โดยชั่งอาหารให้กบกิน 10 % ของน้ำหนักตัว ทำการบันทึกอาหารที่กบกินในแต่ละชุดการทดลองทุกวัน และเปลี่ยนน้ำให้สะอาดทุกวันในตอนเย็นก่อนให้อาหารกบ ใช้เวลาในการเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ 3 เดือน คือเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2561 แล้วทำการเพาะในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

5) การตรวจความพร้อมของกบพ่อแม่พันธุ์ สังเกตลักษณะของท้องเพศเมียมีขนาดใหญ่ขึ้น จากการชั่งน้ำหนัก และทำการบันทึกข้อมูล โดยแม่พันธุ์กบที่พร้อมจะมีท้องอูมเป่งและเมื่อนำมือสัมผัสข้างลำตัวจะมีตุ่มสีขาวมือแสดงว่าแม่พันธุ์มีความพร้อมในการผสมพันธุ์แล้ว ส่วนกบเพศผู้ทำการตรวจสอบความพร้อมโดยการสังเกตสีที่กล่องเสียงว่าเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือไม่ ร่วมกับการใช้นิ้วสอดใต้คางกบเพศผู้ หากกบเพศผู้ใช้ขาหน้ากอดรัดนิ้วแน่นแสดงว่ามีความพร้อม ทำการตรวจสอบทุกเดือน พร้อมทั้งบันทึกข้อมูล ในแต่ละชุดการทดลอง

6) การเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมโดยใช้พ่อแม่พันธุ์กบนา 4 ตัว แม่พันธุ์กบนา 4 ตัว ด้วยการกระตุ้นโดยการฉีดฮอร์โมน จัดบ่อเพาะขยายพันธุ์โดยจำลองบ่อเพาะพันธุ์แบบเลียนแบบธรรมชาติใส่ผักบุงบ่อละ 500 ก. พร้อมติดตั้งมินิสปริงเกอร์บนปากบ่อเพื่อทำฝนเทียม ก่อนทำการผสมพันธุ์ชั่งน้ำหนักพ่อแม่พันธุ์กบนา เพื่อคำนวณหาปริมาณฮอร์โมนที่จะฉีดให้พ่อแม่พันธุ์ ใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ Buserelin acetate ปริมาณ 10 ไมโครกรัม/กก. ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ Domperidone

ปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังจากฉีดฮอร์โมนแล้ว ปล่อยให้พ่อแม่พันธุ์ลงในบ่อเพาะในเวลา 18.00 น. ปล่อยให้พ่อแม่พันธุ์กินอาหารผสมพันธุ์กันเอง ตอนเช้าจับพ่อแม่พันธุ์ออกจากบ่อเพาะพันธุ์

### การเก็บข้อมูล

1) การเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักของกบพ่อแม่พันธุ์ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของแต่ละชุดการทดลอง

2) อัตราการรอดตาย นับจำนวนพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสมที่ปล่อยเริ่มต้น และจำนวนพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสมที่รอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อหาอัตราการรอดตาย (Everhart *et al.*, 1975)

$$\text{อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{พ่อแม่พันธุ์ที่เหลือรอด (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนพ่อแม่พันธุ์ทั้งหมด (ตัว)}}$$

3) อัตราการแลกเนื้อ บันทึกปริมาณอาหารที่ให้กินทั้งหมดในแต่ละชุดการทดลอง และทำการชั่งน้ำหนักกบพ่อแม่พันธุ์ทั้งหมดในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (Ungsethaphan *et al.*, 2011)

$$\text{อัตราการแลกเนื้อ} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ใช้ทั้งหมด(กก.)}}{\text{น้ำหนักกบที่จับได้ (กก.)}}$$

4) จำนวนไข่ทั้งหมด สุ่มตัวอย่างไข่กบด้วยวิธีหาความหนาแน่นของไข่กบในพื้นที่ขนาดกว้าง 30 ซม. ยาว 30 ซม. ให้ครอบคลุมในพื้นที่บ่อเพาะทำการสุ่มนับ 3 ครั้ง นำมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจำนวนไข่ที่ได้จากการสุ่มนำไปคูณด้วยขนาดพื้นที่ของบ่อเพาะจะได้ปริมาณไข่กบนาลูกผสมทั้งหมดในบ่อเพาะพันธุ์

5) อัตราการปฏิสนธิ ทำการนับจำนวนไข่กบนาลูกผสมระยะแกสตรูลา (Petcharat and Prompakdee, 2007) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิสนธิ (\%)} = \frac{\text{จำนวนไข่ระยะแกสตรูลา (ฟอง)} \times 100}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด (ฟอง)}}$$

6) อัตราการฟัก นับจำนวนลูกอ๊อดที่ฟักเป็นตัวและจำนวนไข่ที่เจริญถึงระยะแกสตรูลา นำมาหาคำนวณหาอัตราการฟักต่อไป เมื่อไข่ฟักเป็นตัวนับจำนวนลูกออกคมนาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์กับจำนวนไขกบนาทั้งหมดในบ่อเพาะฟัก (Petcharat and Prompakdee, 2007)

$$\text{อัตราการฟัก (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกออกคมนาทุกผสมที่ฟักเป็นตัว}}{\text{จำนวนไข่ที่เจริญถึงระยะแกสตรูลา}} \times 100$$

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Least significant difference (LSD) (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป Statistic 8

### ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า การเลี้ยงกบนาลูกผสมเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อซีเมนต์ในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์ ในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ ไม่มีผลทำให้อัตราการรอดตายของกบพ่อแม่พันธุ์แตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1)

ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักของกบพ่อแม่พันธุ์แตกต่างกัน ขณะที่อัตราการแลกเนื้อของกบพ่อแม่พันธุ์มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยที่กบแม่พันธุ์เพศเมียที่เลี้ยงในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิมียค่า

อัตราการแลกเนื้อสูงกว่าแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 32, 34 และ 36 °ซ ส่วนอัตราการแลกเนื้อของกบพ่อพันธุ์เพศผู้ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1)

กบแม่พันธุ์เพศเมียที่เลี้ยงในสภาพที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวจะไม่มีการออกไข่ ในขณะที่กบแม่พันธุ์เพศเมียที่เลี้ยงในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ มีการออกไข่ทั้งหมด การเลี้ยงกบแม่พันธุ์ในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 34 และ 36 °ซ มีแนวโน้มให้จำนวนไข่ทั้งหมดสูงเมื่อเทียบกับการเลี้ยงกบแม่พันธุ์ในชุดการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 30 และ 32 °ซ (Table 2)

จำนวนไข่กบของแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 34 °ซ มีแนวโน้มได้รับการปฏิสนธิมากที่สุด เท่ากับ 1,221.30 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 65.1 % รองลงมาคือ ในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 36 °ซ

จำนวน 1,134.70 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 45.9% ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 °ซ จำนวน 780.67 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 95.9% และ ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °ซ จำนวน 566.00 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 61.5% (Table 2)

การเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30-36 °ซ ทำให้มีอัตราการฟักอยู่ในช่วงระหว่าง 45.9-95.9% ซึ่งการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 °ซ มีแนวโน้มให้อัตราการฟักสูงที่สุด เท่ากับ 95.9% รองลงมาคือ การควบคุมอุณหภูมิที่ 34 °ซ และการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส มีอัตราการฟัก 65.1 และ 61.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การควบคุมอุณหภูมิที่ 36 °ซ มีแนวโน้มให้อัตราการฟักต่ำ เท่ากับ 45.9 % (Table 2)

**Table 1** Means for body weight, survival rate and feed conversion rate of Brood stock frog of frogs treated with different temperatures and reared in cement containers during November 2017 to February 2018

Treatment	Body weight (g/frog)				Survival rate (%)		Feed conversion rate (FCR)	
	Female		Male		Female	Male	Female	Male
	Initial	Final	Initial	Final				
Ambient	380.83	315.00	204.17	172.50	83.33	83.33	1.65a <sup>1/</sup>	3.06
30 °C	401.25	340.42	208.33	175.83	83.33	83.33	1.47ab	2.79
32 °C	361.67	361.67	192.50	192.50	100.00	100.00	1.34b	2.50
34 °C	384.17	384.17	202.50	202.50	100.00	100.00	1.26b	2.43
36 °C	385.00	385.00	203.33	203.33	100.00	100.00	1.25b	2.43
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

Means in the same column with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level by LSD.

ns= non significant

\* = significant at 0.05 probability level by LSD

**Table 2** Means for egg number/frog, total egg number, number of unfertilized eggs, number of fertilized eggs and hatching rate of hybrid frogs reared in cement containers in the winter during November 2017 to February 2018

Treatment	Egg number (eggs/frog)	Total egg number (eggs)	Number of unfertilized eggs (eggs)	Number of fertilized eggs (eggs)	Hatching rate (%)
Ambient	0	0	0	0	0
30 °C	306.77	920.33	354.33 (38.5)	566.00 (61.5)	61.5
32 °C	209.17	814.00	33.33 (4.1)	780.67 (95.9)	95.9
34 °C	469.17	1,876.70	655.33 (34.9)	1,221.30 (65.1)	65.1
36 °C	618.67	2,474.70	1,340.00 (54.1)	1,134.70 (45.9)	45.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

ns= non significant

Numbers in parentheses are the percentages of unfertilized eggs and fertilized eggs.

**วิจารณ์ผลการวิจัย**

กรมอุตุนิยมวิทยาในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคามประกาศว่าฤดูหนาวอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 จากการวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงฤดูหนาวระหว่างการทดลองพบว่า อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.1 °ซ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 19.7 °ซ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 28.9 °ซ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 17.8 °ซ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 30.6 °ซ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 19.1 °ซ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.2 °ซ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 19.0 °ซ เห็นได้ว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในช่วงฤดูหนาวอยู่ที่ 28.9-31.2 °ซ ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกันกับชุดการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °ซ และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ 32, 34 และ 36 °ซ ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 17.8-19.7 °ซ แสดง

ให้เห็นว่า อุณหภูมิที่ควบคุมภายในหน่วยทดลองที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสมช่วงฤดูหนาวมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกหน่วยทดลอง และจากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์กบนาลูกผสมในฤดูหนาวเห็นได้ว่าการเลี้ยงกบนาลูกผสมในช่วงฤดูหนาวเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการเพาะพันธุ์กบในช่วงฤดูหนาวนั้น พบว่าอัตราการรอดตายของกบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์โดยที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิกับอัตราการรอดตายของกบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด ระหว่าง 28.9-31.2 และ 17.8-19.7 °ซ ไม่มีผลทำให้อัตราการรอดตายของกบพ่อแม่พันธุ์แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักของกบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในช่วงฤดูหนาว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิกับกบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ โดยกบนาลูกผสมที่ใช้เป็นแม่พันธุ์มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 360-

วารสารเกษตรพระวรุณ 345

401 ก. และพ่อพันธุ์มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 192-208 ก. ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ กบนาเทศเมียที่ใช้เป็นแม่พันธุ์ควรมีน้ำหนักอยู่ในช่วงระหว่าง 200-400 ก. (Ambhanwong, 2005; Department of Fisheries, 2015) แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการแลกเปลี่ยนเห็นได้ว่ากบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิมีแนวโน้มให้ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนค่อนข้างสูงกว่ากบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 30-36 °ซ (Table 1) แสดงให้เห็นว่ากบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมินั้นมักจะใช้อาหารเพื่อนำไปสร้างพลังงานเพื่อการอยู่รอดในช่วงฤดูหนาว แทนที่จะนำอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต หรือนำไปใช้ในการสร้างไข่และการพัฒนาของไข่ให้พร้อมสำหรับการผสมพันธุ์ซึ่งสอดคล้องกับผลของการเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ในชุดการทดลองที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมินั้นกบแม่พันธุ์จะไม่มีการสร้างไข่หรือรังไข่ไม่มีการพัฒนาที่สมบูรณ์ ในขณะที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ 30, 32, 34 และ 36 °ซ นั้นกบแม่พันธุ์มีการสร้างไข่และมีการออกไข่ทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโต การสร้างไข่และพัฒนาการของไข่ ซึ่งเห็นว่ากบแม่พันธุ์มีการสร้างไข่และสามารถพัฒนาไข่ให้สมบูรณ์ได้ในช่วงอุณหภูมิที่ 30-36 °ซ ขณะที่กบพ่อแม่พันธุ์มีการสร้างน้ำเชื้อและพัฒนาอสุจิ (sperm) ให้แข็งแรงสมบูรณ์ดังนั้นจึงมีผลทำให้กบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ มีการออกไข่และปฏิสนธิให้ลูกกบในช่วงฤดูหนาว (Table 2) ขณะที่พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิไม่มีการออกไข่และปฏิสนธิซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า การเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ในชุดการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 34 °ซ มีแนวโน้มให้จำนวนไข่ทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ กบพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในชุดการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 36 °ซ ชุดการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 32 °ซ และชุดการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °ซ ตามลำดับ ขณะที่ชุดการทดลองที่เลี้ยงกบในสภาพไม่ได้

ควบคุมอุณหภูมิพ่อแม่พันธุ์ก็ไม่มีการออกไข่ นอกจากนี้ยังพบว่าการเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30-36 °ซ ทำให้มีอัตราการฟักของไข่ที่ปฏิสนธิอยู่ในช่วงระหว่าง 45.9-95.9%ซึ่งการเลี้ยงกบในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 32 °ซ มีแนวโน้มให้อัตราการฟักสูงที่สุดเท่ากับ 95.9% รองลงมาคือ การควบคุมอุณหภูมิที่ 34 °ซ และการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °ซ มีอัตราการฟัก 65.1 และ 61.5% ตามลำดับ ในขณะที่การควบคุมอุณหภูมิที่ 36 °ซ มีแนวโน้มให้อัตราการฟักต่ำจำนวนไข้กบมีจำนวนมากทำให้น้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์เข้าผสมกับไข่กบไม่เพียงพอ มีค่าเท่ากับ 45.9% จากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กบนาลูกผสมในช่วงฤดูหนาวเพื่อการเพาะพันธุ์ขยายกบนาลูกผสมสามารถทำได้ และการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมในฤดูหนาวควรอยู่ในช่วงระหว่าง 30-36 °ซ

**สรุปผลการวิจัย**

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์กบนาลูกผสมในฤดูหนาวสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การเลี้ยงกบนาลูกผสมเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อซีเมนต์ในช่วงฤดูหนาว ในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักและอัตราการรอดตายของกบพ่อแม่พันธุ์แตกต่างกัน ขณะที่อัตราการแลกเปลี่ยนของกบแม่พันธุ์มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยที่กบแม่พันธุ์เทศเมียที่เลี้ยงในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนสูงกว่ากบแม่พันธุ์ที่เลี้ยงโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 32, 34 และ 36 °ซ ส่วนอัตราการแลกเปลี่ยนของกบพ่อแม่พันธุ์เทศผู้ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ กบแม่พันธุ์เทศเมียที่เลี้ยงในสภาพที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวจะไม่มี

ออกไข่ ในขณะที่กบแม่พันธุ์เพศเมียที่เลี้ยงในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30, 32, 34 และ 36 °ซ มีการออกไข่ทั้งหมดการเลี้ยงกบแม่พันธุ์ในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 34 และ 36 °ซ มีแนวโน้มให้จำนวนไข่ทั้งหมดสูงเมื่อเทียบกับการเลี้ยงกบแม่พันธุ์ในชุดการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 30 และ 32 °ซ จำนวนไข่กบของแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 34 °ซ มีแนวโน้มได้รับการปฏิสนธิมากที่สุด เท่ากับ 1,221.30 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 65.1 % รองลงมาคือ ในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 36°ซ จำนวน 1,134.70 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 45.9 เปอร์เซ็นต์ ควบคุมอุณหภูมิที่ 32°ซ จำนวน 780.67 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 95.9 เปอร์เซ็นต์ และ ควบคุมอุณหภูมิที่ 30°ซ จำนวน 566.00 ฟองหรือคิดเป็นอัตราการปฏิสนธิ 61.5% การเลี้ยงกบพ่อแม่พันธุ์ที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 30-36 °ซ ทำให้มีอัตราการฟักอยู่ในช่วงระหว่าง 45.9-95.9 % ซึ่งการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 °ซ มีแนวโน้มให้อัตราการฟักสูงที่สุด เท่ากับ 95.9% รองลงมาคือ การควบคุม

อุณหภูมิที่ 34 °ซ และการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °ซ มีอัตราการฟัก 65.1 และ 61.5% ตามลำดับ ในขณะที่การควบคุมอุณหภูมิที่ 36 °ซ มีแนวโน้มให้อัตราการฟักต่ำเท่ากับ 45.9%

#### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เป็นอย่างยิ่งที่สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในงานทดลอง และขอบคุณนักศึกษาที่ช่วยเหลือในการเตรียมงานทดลองและเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

#### References

- Ambhanwong, S. 2005. Frog farming. Bangkok. Institute of Academic Resource, Chulalongkorn University.
- Dani, N.P., B. Baliga, S.B. Kadkol and N.Z. Lahiry. 1966. Proximate composition and nutritive value of leg meat of two edible species of frogs, *Rana hexadactyla* and *R. tigerina*. J. of Food Sci. and Techn. 3(2) : 109-110.
- Department of Fisheries. 2013. Statistics of fisheries in Thailand 2013. The center of information and communication, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. Document Number 7/2015.
- Department of Fisheries. 2015. Statistics of fresh water farm production 2013. Bangkok: Research and Statistical Analysis Group.
- Department of Fisheries. 2015 Frog farming. Bangkok: Ministry of Agriculture and Co-operatives.
- Department of Fishery. 2018. Frog farming. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. Limited.

- Everhart, W.H., W.E. Alfred and D.Y. William. 1975. Principles of Fishery Science. Cornell University Press, London. 288p. Ricker, W.E. 1958. Handbook of computations of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Board. Can. No.119. 300 p.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons: New York.
- Maisiri, S. 2011. Frog farming. Frog Club of Thailand: Bangkok.
- Mualmuangsong, P., S. Aditto and P. Suriya. 2014. Frog production and marketing in Muang distric, Loei province. Prawarun Agricultural Journal. Year 11, Volume1: 65-72.
- Petcharat., C and W. Prompakdee. 2007. Spiny eel breeding. Research and Development Researchers for Fresh Water Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. 23 pages.
- Taksil, Y. 2013. Techniques for commercial frog farming. Bangkok, Departments of Fisheries.
- Ungsethaphan, T., T. Pimpimol and T. Worapussu. 2011. Study on diet and stocking density in net cage culture of climbing perch (*Anabas testudineus*) fingerlings. Journal of Fisheries Technology Research. 5(2): 1-26.

## การใช้ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pudica*) เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการปลูกคื่นฉ่าย (*Apium graveolens* Linn.)

ชาติทอง โพร้ตง<sup>1\*</sup> และ อัมพิกา ปิ่นทอง<sup>1</sup>

สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุดรดิตถ์ 53000

### บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pudica*) เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการปลูกคื่นฉ่าย (*Apium graveolens* Linn.) เพื่อแก้ไขปัญหาคาดอินทรีย์วัตถุในดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดินซึ่งมีไมยราบและปอเทืองเป็นส่วนผสมในการทดลองซึ่งมีการวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีตำรับการทดลอง 5 ตำรับการทดลองจำนวน 4 ซ้ำดังนี้ ตำรับที่ 1 ดินธรรมชาติ (ชุดควบคุม) (F1) ตำรับที่ 2 ไมยราบตัดสับ (F2) ตำรับที่ 3 ไมยราบบดละเอียด (F3) ตำรับที่ 4 ไมยราบตัดสับผสมปอเทือง (F4) และตำรับที่ 5 ไมยราบบดละเอียดผสมปอเทือง (F5) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของ 1, 2 และ 3 ตำรับที่ 2 ไมยราบตัดสับ พบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุดเท่ากับ 2.27 % , 2.37 % และ 2.37 % ตามลำดับ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด รองลงมาคือตำรับที่ 3 ไมยราบบดละเอียด ตำรับที่ 4 ไมยราบตัดสับผสมปอเทือง ตำรับที่ 5 ไมยราบบดละเอียดผสมปอเทือง และตำรับที่ 1 ดินธรรมชาติ (ชุดควบคุม) ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุด พบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.35 % , 0.37 % และ 0.35 % ตามลำดับ และจากผลการเจริญเติบโตของต้นคื่นฉ่ายพบว่า ตำรับที่ 2 ไมยราบตัดสับ มีการเจริญเติบโตมากที่สุด และตำรับที่ 1 ดินธรรมชาติ (ชุดควบคุม) มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ไมยราบยักษ์, อินทรีย์วัตถุ, คื่นฉ่าย

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chattanong@hotmail.com

---

Using giant mimosa (*Mimosa pudica*) to increase the amount of organic matter in the soil for growing celery (*Apium graveolens* Linn.)

---

Chattanong Podong<sup>1\*</sup> and Aumpikha Phinthong<sup>1</sup>

Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology,  
Uttaradit Rajabhat University 65000, Thailand

**Abstract**

The research of the use of giant *Mimosa pudica* to increase soil organic matter for growing *Apium graveolens* Linn. The objective of this study was to increase the amount of organic matter in soils with mimosa grass and asterisks. The objective of this study was to increase the amount of organic matter in soil and a mixture of mulberry *Mimosa pudica* and tamarind was used in the experiments. Five experimental formulas were used. Formula 1 natural soil (Control) (F1), formula 2 mimosa sliced (F2), formula 3 mimosa grind (F3), formula 4 mimosa and Pho Teng sliced (F4), and formula 5 mimosa and Pho Teng grind (F5). The results showed that the organic matter content of 1, 2 and 3 formulas 2 and 2 were not significantly different. The organic matter contents were 2.27%, 2.37% and 2.37%, respectively. The third formulas were used as groundnuts. The fourth formulas were cut, mixed with 5% mulch, and groundnuts (control) with the lowest amount of organic matter. The organic matter content was 0.35%, 0.37% and 0.35%, respectively. As a result of the growth of celery, it was found that the second form of chopped mackerel was the most grown and the formula 1 was natural (Control unit) with minimal growth

**Keywords:** *Mimosa pudica*, Organic matter, growing *Apium graveolens* Linn

---

\*Corresponding author: E-mail: chattanong@hotmail.com

**บทนำ**

การใช้ทรัพยากรดินทางการเกษตรโดยไม่คำนึงถึงผลเสียทำให้ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่ขาดความอุดมสมบูรณ์เพราะการทำเกษตรกรรมที่ผิดวิธีเร่งเอาแต่ผลผลิตจนทำให้ปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินลดน้อยลง พืชไม่เจริญเติบโตอย่างที่ควรเป็น ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพหรือดิน เสื่อมโทรม (Chinnabut, 2000) ซึ่งมีหลายสาเหตุ เช่น การทำให้อาหารพืชหมดไปจากดิน การทำให้น้ำหมดไปจากดิน การที่ดินมีสมบัติทางกายภาพเลวลง การเกิดหรือมีสารพิษสะสมในดิน และการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน (Faculty of Agronomy, 2005) โดยในดินที่ใช้เพาะปลูกจะมีกระบวนการ 2 ด้านเกิดขึ้นควบคู่กันเสมอ คือ กระบวนการที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของดินมีผลทำให้ผลิตภาพดินลดลงและกระบวนการอนุรักษ์ดินซึ่งช่วยรักษาผลิตภาพดินเอาไว้หรือทำให้ดีขึ้นถ้ากระบวนการที่นำไปสู่ความเสื่อมของดินเกิดรุนแรงมากกว่าย่อมทำให้ผลิตภาพดินลดลง แต่ ถ้าการจัดการดินระบบการปลูกพืชมีกิจกรรมด้านการอนุรักษ์ พื้นฟูและแก้ไขปรับปรุงทรัพยากรดินอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้สิ่งแวดล้อมของสภาพดินที่ดีอยู่แล้วก็จะดีต่อไปหรือมีแนวโน้มที่จะดียิ่งขึ้น (Osotsapha *et al.*, 2008) ดังนั้นการปรับสภาพโครงสร้างของดินให้เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ทำให้มีช่องว่างสำหรับการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศได้ ซึ่งตามอุดมคติควรมีช่องว่างสำหรับน้ำและอากาศอยู่ราวครึ่งหนึ่งขององค์ประกอบดิน โดยทั่วไปการปรับปรุงดินให้มีช่องว่าง อาศัยการไถพรวนดิน แต่หากต้องการให้โครงสร้างดินมีช่องว่างในระดับที่เหมาะสมอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องอาศัยอินทรีย์วัตถุในดินในการสร้างเม็ดดินจนประกอบเป็นโครงสร้างดิน ดังนั้นการปรับปรุงบำรุงดินทางกายภาพ จึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มหรือรักษาระดับของอินทรีย์วัตถุในดินให้อยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ในกรณีของดินเนื้อละเอียดผิวดินแน่นที่บ่มการ

ระบายน้ำไม่ดี หากต้องการจัดการดินให้สามารถระบายน้ำได้ดีขึ้น การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นตัวแปรที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่อยู่ในดินเพราะเป็นตัวที่ชีวิตถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่อยู่ในดินซึ่งอินทรีย์วัตถุมีบทบาทที่สำคัญต่อคุณสมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์เป็นอย่างมาก อินทรีย์วัตถุเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งได้จากการย่อยสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกระทำของจุลินทรีย์เมื่อย่อยสลายจนถึงขั้นสุดจะได้สารฮิวมัสซึ่งเป็นสารอินทรีย์เป็นส่วนหนึ่งของอินทรีย์วัตถุในดินที่คงตัวมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง ทำให้ดูดซับน้ำได้ดี มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าสูง คือดูดยึดธาตุอาหารไว้ได้สูงเพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่ในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ไมยราบยักษ์จัดเป็นพืชตระกูลถั่วเป็นวัชพืชที่มีการกระจายอยู่ทั่วไปเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ไมยราบยักษ์จะช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจนแก่ดินช่วยรักษาระดับปริมาณธาตุอาหารพืชในดินปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกถ้าใช้เป็นปุ๋ยพืชสดหรือปลูกเป็นพืชคลุมดินจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของดินเพิ่มสัดส่วนของช่องอากาศในดินทำให้ดินร่วนซุยและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน อนุรักษ์ดินและน้ำรวมทั้งคลุมวัชพืชอื่นไม่ให้เกิดขึ้น (Land Development Department, 2002) การไถกลบไมยราบที่ยังสดอยู่และสีเขียวลงไปในดินขณะที่พืชนั้นเติบโตเต็มที่ก็คือในระยะออกดอกนั่นเอง เมื่อไถกลบพืชที่สดลงไปในดินแล้วและดินอยู่ในสภาพที่มีความชื้นเหมาะสมแก่การดำรงชีพของจุลินทรีย์ในดินก็จะช่วยย่อยสลายซากพืชที่ไถกลบนั้นให้เป็นอินทรีย์วัตถุต่อไป ดังนั้นแนวทางการเพิ่มอินทรีย์วัตถุและแร่ธาตุอาหารพืชให้แก่ดินได้ดีก็คือการใช้ไมยราบเป็นปุ๋ยพืชสดอย่างต่อเนื่องก็จะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มีปริมาณส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุและแร่ธาตุอาหารพืชและยังมีพืชตระกูลถั่วอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยม

มากในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดซึ่งก็คือปอเทืองเป็นพืชที่สามารถช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจนแก่ดินสามารถใช้บำรุงปรับปรุงดินได้ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนพืชตระกูลถั่วทั่วไป

โดยที่คืนฉ่ำย เป็นพืชล้มลุกมีอายุ 1 - 2 ปี ใบประกอบแบบขนนกออกตรงข้ามสีใบเป็นสีเขียวออกเขียว ใบย่อยเป็นรูปรีแกมมุม ขอบใบหยัก ก้านใบยาวแผ่ออกเป็นกาบ ดอกช่อสีขาว เป็นช่อดอกแบบซี่ร่ม (compound umbels) ผลมีขนาดเล็กมากเป็นสีน้ำตาล เป็นผักและสมุนไพรที่มีกลิ่นหอม นิยมใช้ในการปรุงอาหารที่ต้องการดับกลิ่นคาว หรือเพิ่มความหอมของน้ำซุป มีโพแทสเซียมสูง ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ช่วยลดความดันโลหิตสูง ช่วยขับปัสสาวะ รักษาโรคปวดข้อ (Sawatdekan, 2011) ปัญหาสำคัญที่พบในการผลิตคืนฉ่ำยคือ คืนฉ่ำยไม่สามารถเจริญเติบโตและได้ผลผลิตต่ำ เมื่อปลูกในดินเดิมที่ปลูกคืนฉ่ำยติดต่อกันเป็นเวลามากกว่า 1 ปี เนื่องจากในพื้นที่ดินเดิมจะมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของคืนฉ่ำย (Rice, 1984) วิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการปรับปรุงดินเพื่อให้เหมาะกับการปลูกคืนฉ่ำยในพื้นที่เดิมคือการเติมอินทรีย์วัตถุลงไปให้แก่ดิน (Department of Agricultural Extension ,1991)

ดังนั้นการศึกษาประสิทธิภาพของไมยราบยักษ์จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะใช้ไมยราบยักษ์ในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินเพื่อเป็นการปรับปรุงดินทางกายภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาคุณสมบัติของทรัพยากรดินไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาประสิทธิภาพของการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของไมยราบที่ได้จากการไถกลบแบบปุ๋ยพืชสดเพื่อนำผลการทดลองไปใช้เป็นแนวทางในการใช้ไมยราบเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการใช้ไมยราบยักษ์ เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการปลูกคืนฉ่ำยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

#### 1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 5 ตำรับๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ ตำรับที่ 1 (F1) คือ ดินธรรมชาติ (ชุดควบคุม) ตำรับที่ 2 (F2) คือ ไมยราบยักษ์ตัดสับ 150 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ 3 (F3) คือ ไมยราบยักษ์บดละเอียด 150 กรัมต่อกระถาง ตำรับที่ 4 (F4) ไมยราบยักษ์ตัดสับ 75 กรัมผสมปอเทือง 75 กรัมต่อกระถาง และ ตำรับที่ 5 (F5) คือ ไมยราบยักษ์บดละเอียด 75 กรัมผสมปอเทือง 75 กรัมต่อกระถาง ดำเนินการทดลองที่บ้านท่า ตำบลหาดกรวด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

#### 2. การเตรียมการปลูก

2.1 นำดินบริเวณพื้นที่ตำบลหาดกรวด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ มาวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุในดิน

2.2 เตรียมกระถางทดลอง ขนาด 10 นิ้ว จำนวน 15 กระถาง โดยมีระยะห่างระหว่างกระถาง 30 ซม.

2.3 ทำการผสมดินตามแผนการทดลองทั้งหมด โดยผสมลงดินที่มีปริมาณเท่ากันทั้งหมดกระถางละ 5 กิโลกรัม จากนั้นนำไปผึ่งแดดเป็นเวลา 14 วัน แล้วนำเมล็ดพันธุ์คืนฉ่ำยลงปลูกในกระถาง คลุมด้วยฟาง รดน้ำให้ชุ่ม

2.4 การปลูกคืนฉ่ำยหลังจากเตรียมดินในกระถางปลูกแล้ว ใช้พลั่วขุดที่ความลึกผิวดิน 2-3 ซม. โรยเมล็ดพันธุ์คืนฉ่ำยบางๆ ตามกระถางปลูกที่เตรียมไว้ กลบหน้าดินในกระถาง

2.5 หลังจากเมล็ดของคืนฉ่ำยเริ่มงอกได้ 2 สัปดาห์ สังเกตการณ์เจริญเติบโตของต้นคืนฉ่ำย ถอนต้นกล้าออกให้เหลือเพียง 5 ต้น วัดความสูงของต้น ความกว้างของใบทุกๆ 2 สัปดาห์ จนเมื่ออายุครบ 2 เดือน เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวนำต้นคืนฉ่ำยมาหั่นน้ำหนัสด

2.6 ทำการเก็บตัวอย่างดินในกระถางเป็นระยะ ในเดือนที่ 1, 2 และ 3 หลังจากทำการผสมตามแผนการ ทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุในดิน

2.7 โดยควบคุมทุกชุดการทดลองให้ได้ปริมาณ น้ำและแสงแดดที่เท่ากัน ทำการรดน้ำในปริมาณที่ทั่วถึง เท่ากันวันละ 2 ครั้ง คือเช้า 8.30 น.และ เย็น 17.00 น. โดยไม่ใส่ปุ๋ยใดเพิ่มเติม

### 3. การเก็บข้อมูล

3.1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 15 กระถาง โดยแต่ละกระถางจะสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 5 ซม. และ 10 ซม. จากนั้นนำ ตัวอย่างดินแต่ละกระถางมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มและบดให้ ละเอียดแล้วนำตัวอย่างดินมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มม. เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินโดยใช้วิธี Walkley & Black (Walkley and Black, 1934)

3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์วัตถุใน ดินหลังจากการผสมทุก 1 เดือน เป็นเวลา 3 เดือน

3.3 สังเกตการเจริญเติบโตของต้นคีนฉ่าย หลังจากเมล็ดงอก วัดความสูงของต้น ความกว้างและ ความยาวของใบทุกๆ 2 สัปดาห์ จนเมื่ออายุครบ 3 เดือน จากนั้นนำต้นคีนฉ่ายมาหาค่าน้ำหนักสด

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ ปริมาณ ของอินทรีย์วัตถุในแต่ละเดือนโดยใช้ ANOVA แบบ Tukey HSD เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลในกรณีที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ,ค่าความสูงของ ต้น ความกว้างของใบในหลายๆ 2 สัปดาห์และปริมาณ น้ำหนักของพืช

### ผลการวิจัย

การศึกษาการใช้ไมยราบยักษ์เพื่อเพิ่มปริมาณ อินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการปลูกคีนฉ่ายสามารถสรุป ผลได้ดังนี้

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562

Volume 16 Number 2 July – December 2019

### 1. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ผลการศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินตั้งต้นที่ ระดับความลึก 5 ซม. เท่ากับ 0.35 % และที่ระดับความ ลึก 10 ซม. เท่ากับ 0.33 % ผลพบว่าในเดือนที่ 1 ดินที่ ระดับความลึก 5 ซม. ตำรับที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 2.27 % ซึ่งเป็นตำรับที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ สูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.93 % ตำรับที่ 4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.87 % ตำรับที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.85 % ลำดับที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.35 % ตามลำดับ และพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุแตกต่างกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และพบว่า ในเดือนที่ 1 ดินที่ระดับความลึก 10 ซม. ตำรับที่ 2 มี ปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.25 % ซึ่งเป็นตำรับที่มี ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุดรองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.87 % ตำรับที่ 4 มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.85 % ตำรับที่ 5 มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.82 % และตำรับที่ 1 มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.33 % ตามลำดับ และพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงใน Fig 1 และ Table 1

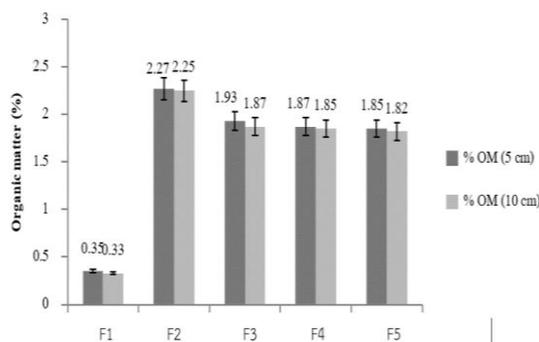


Fig.1 Organic matter in 1 month at different soil depths

วารสารเกษตรพระวรุณ 353

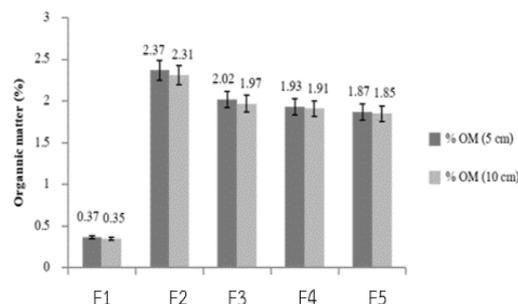
**Table 1** Organic matter in 1 month at different soil depths

Treatment	% OM (5 cm)	% OM (10 cm)
F1	0.35 <sup>a</sup> ±0.02	0.33 <sup>a</sup> ±0.05
F2	2.27 <sup>d</sup> ±0.10	2.25 <sup>c</sup> ±0.06
F3	1.93 <sup>c</sup> ±0.06	1.87 <sup>b</sup> ±0.05
F4	1.87 <sup>b</sup> ±0.05	1.85 <sup>b</sup> ±0.09
F5	1.85 <sup>b</sup> ±0.06	1.82 <sup>b</sup> ±0.08

**Remark:** a, b and c showed the mean values that were significantly different at p <0.05

จากผลการศึกษาค้นคว้าในเดือนที่ 2 ดินที่ระดับความลึก 5 ซม. ตำรับที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.37 % ซึ่งเป็นตำรับที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.02 % ตำรับที่ 4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.93 % ตำรับที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.87 % และตำรับที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.37 % ตามลำดับ และพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ที่ระดับความลึก 10 ซม. ตำรับที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.31 % ซึ่งเป็นตำรับที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.97 % ตำรับที่ 4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.91 % ตำรับที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.85 % และ ตำรับที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.35 % ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงใน Fig 2 และ Table 2



**Fig.2** Organic matter in 2 months at different soil depths

**Table 2** Organic matter in 2 months at different soil depths

Formula	% OM (5 cm)	% OM (10 cm)
1	0.37 <sup>a</sup> ±0.06	0.35 <sup>a</sup> ±0.02
2	2.37 <sup>e</sup> ±0.04	2.31 <sup>e</sup> ±0.09
3	2.02 <sup>d</sup> ±0.04	1.97 <sup>d</sup> ±0.06
4	1.93 <sup>c</sup> ±0.06	1.91 <sup>c</sup> ±0.09
5	1.87 <sup>b</sup> ±0.05	1.85 <sup>b</sup> ±0.09

**Remark:** a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

จากผลการศึกษาค้นคว้าในเดือนที่ 3 ดินที่ระดับความลึก 5 ซม. ตำรับที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.37 % ซึ่งเป็นตำรับที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.02 % ตำรับที่ 4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.99 % ตำรับที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.97 % และตำรับที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.35 % และพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดินที่ระดับความลึก 10 ซม. ตำรับที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.34 % ซึ่งเป็นตำรับที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มี

ปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.99 % ตำรับที่ 4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.93% ตำรับที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.91 % และตำรับที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.33 % ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกับตำรับที่ 1 (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงใน Fig 3 และ Table 3

Fig.3 Organic matter in 3 months at different

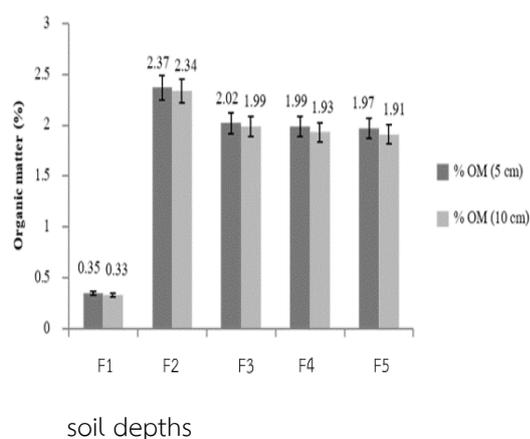


Table 3 Organic matter in 2 months at different soil depths

Formula	% OM (5 cm)	% OM (10 cm)
1	0.35 <sup>a</sup> ±0.02	0.33 <sup>a</sup> ±0.05
2	2.37 <sup>d</sup> ±0.04	2.34 <sup>d</sup> ±0.04
3	2.02 <sup>c</sup> ±0.04	1.99 <sup>c</sup> ±0.09
4	1.99 <sup>b</sup> ±0.09	1.93 <sup>b</sup> ±0.13
5	1.97 <sup>b</sup> ±0.06	1.91 <sup>b</sup> ±0.09

Remark: a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

## 2. การเจริญเติบโตและน้ำหนักของคื่นฉ่าย

จากผลการศึกษาคือจะพบว่า การเจริญเติบโตของต้นคื่นฉ่ายระยะที่ 1 พบว่า ตำรับที่ 4 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 2.96 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 0.8 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 0.78 ซม. รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 2.91 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 0.8 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 0.74 ซม. ตำรับที่ 3 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 2.73 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 0.72 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 0.72 ซม. ตำรับที่ 5 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 2.63 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 0.71 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 0.66 ซม. และตำรับที่ 1 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 2.56 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 0.67 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 0.66 ซม. ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีการเจริญเติบโตและน้ำหนักของคื่นฉ่ายแตกต่างกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Show the growth of celery root phase 1

Formula	Height of tree (cm)	Width Of Leaf (cm)	Length of leaf (cm)
1	2.56 <sup>a</sup>	0.67 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>
2	2.91 <sup>d</sup>	0.80 <sup>b</sup>	0.74 <sup>b</sup>
3	2.73 <sup>c</sup>	0.72 <sup>a</sup>	0.72 <sup>b</sup>
4	2.96 <sup>d</sup>	0.80 <sup>b</sup>	0.78 <sup>b</sup>
5	2.63 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>

Remark: a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

ผลการศึกษาคือจะพบว่า การเจริญเติบโตของต้นคื่นฉ่ายระยะที่ 2 พบว่า ตำรับที่ 2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดซึ่งมีความสูงของต้น เท่ากับ 6.98 ซม. ความ

กว้างของใบเท่ากับ 3.09 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.61 ซม. รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 6.52 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 2.79 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.47 ซม. ตำรับที่ 4 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 6.15 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 2.57 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.26 ซม. ตำรับที่ 5 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 5.32 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 2.52 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.25 ซม. และตำรับที่ 1 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 4.45 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 1.91 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.25 ซม. ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีการเจริญเติบโตและน้ำหนักของต้นคล้ายแตกต่างกันกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Show the growth of celery root phase 2

Formula	Height of tree (cm)	Width Of Leaf (cm)	Length of leaf (cm)
1	4.45 <sup>a</sup>	1.91 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>
2	6.98 <sup>d</sup>	3.09 <sup>d</sup>	2.61 <sup>d</sup>
3	6.52 <sup>e</sup>	2.79 <sup>c</sup>	2.47 <sup>c</sup>
4	6.15 <sup>c</sup>	2.57 <sup>b</sup>	2.26 <sup>b</sup>
5	5.32 <sup>b</sup>	2.52 <sup>b</sup>	2.25 <sup>b</sup>

Remark: a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

จากผลการศึกษาจะพบว่า การเจริญเติบโตของต้นต้นคล้ายระยะที่ 3 พบว่า ตำรับที่ 2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 10.16 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.66 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.15 ซม. รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 8.78 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.09 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.86 ซม. ตำรับที่ 4 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 8.12 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3 ซม.

ความยาวของใบเท่ากับ 2.78 ซม. ตำรับที่ 5 ซึ่งมีความสูงของต้น เท่ากับ 7.98 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 2.92 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.71 ซม. และ ตำรับที่ 1 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 6.25 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 2.62 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.22 ซม. ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีความสูงของต้นต้นคล้ายแตกต่างกันกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมแต่สำหรับความกว้างของใบพบว่า ตำรับที่ 3 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมและความกว้างของใบพบว่าตำรับที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงใน Table 6

Table 6 Show the growth of celery root phase 3

Formula	Height of tree (cm)	Width Of Leaf (cm)	Length of leaf (cm)
1	6.25 <sup>a</sup>	2.62 <sup>a</sup>	2.22 <sup>a</sup>
2	10.16 <sup>e</sup>	3.66 <sup>d</sup>	3.15 <sup>d</sup>
3	8.78 <sup>c</sup>	3.09 <sup>c</sup>	2.86 <sup>c</sup>
4	8.12 <sup>c</sup>	3.00 <sup>c</sup>	2.78 <sup>b</sup>
5	7.98 <sup>b</sup>	2.92 <sup>b</sup>	2.71 <sup>b</sup>

Remark: a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

จากผลการศึกษาจะพบว่า การเจริญเติบโตของต้นต้นคล้ายระยะที่ 4 พบว่า ตำรับที่ 2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดซึ่งมีความสูงของต้น เท่ากับ 14.51 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.86 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.55 ซม. รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 11.9 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.35 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.27 ซม. ตำรับที่ 4 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 10.64 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.4 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.25 ซม. ตำรับที่ 5 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 9.73 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.31 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.81 ซม. และ

ตำรับที่ 1 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 8.03 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.12 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 2.71 ซม. ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีการเจริญเติบโตและน้ำหนักของคื่นฉ่ายแตกต่างกับตำรับที่ 1 ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดง Table 7.

**Table 7** Show the growth of celery root phase 4

Formula	Height of tree (cm)	Width Of Leaf (cm)	Length of leaf (cm)
1	8.03 <sup>a</sup>	3.12 <sup>a</sup>	2.71 <sup>a</sup>
2	14.51 <sup>e</sup>	3.86 <sup>e</sup>	3.55 <sup>d</sup>
3	11.90 <sup>d</sup>	3.35 <sup>c</sup>	3.27 <sup>c</sup>
4	10.64 <sup>c</sup>	3.40 <sup>d</sup>	3.25 <sup>c</sup>
5	9.73 <sup>b</sup>	3.31 <sup>b</sup>	2.81 <sup>b</sup>

**Remark:** a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

จากผลการศึกษาจะพบว่า การเจริญเติบโตของต้นคื่นฉ่ายระยะที่ 5 พบว่า ตำรับที่ 2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 16.8 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 4.46 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.76 ซม. รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 15.5 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 4.26 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.6 ซม. ตำรับที่ 4 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 12.2 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.9 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.3 ซม. ตำรับที่ 5 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 11.74 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.8 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.3 ซม. และตำรับที่ 1 ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 10.06 ซม. ความกว้างของใบเท่ากับ 3.3 ซม. ความยาวของใบเท่ากับ 3.1 ซม. ตามลำดับและพบว่าตำรับที่ 2 3 4 และ 5 มีการเจริญเติบโตและน้ำหนักของคื่นฉ่ายแตกต่างกับตำรับที่ 1

ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดง Table 8.

**Table 8** Show the growth of celery root phase 5

Formula	Height of tree (cm)	Width Of Leaf (cm)	Length of leaf (cm)
1	10.06 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>
2	16.80 <sup>e</sup>	4.46 <sup>e</sup>	3.76 <sup>d</sup>
3	15.50 <sup>d</sup>	4.26 <sup>d</sup>	3.60 <sup>c</sup>
4	12.20 <sup>c</sup>	3.90 <sup>c</sup>	3.30 <sup>b</sup>
5	11.74 <sup>b</sup>	3.80 <sup>b</sup>	3.30 <sup>b</sup>

**Remark:** a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

จากการศึกษาน้ำหนักสดพืช มีน้ำหนักดังนี้ ตำรับที่ 2 มีน้ำหนักเท่ากับ 9.16 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 3 มีน้ำหนักเท่ากับ 9.10 กรัม ตำรับที่ 4 มีน้ำหนักเท่ากับ 5.93 กรัม ตำรับที่ 5 มีน้ำหนักเท่ากับ 4.8 กรัม และ ตำรับที่ 1 มีน้ำหนักเท่ากับ 3.42 กรัม ตามลำดับ ดังแสดง Table 9

**Table 9** Show fresh weight of plants of celery

Formula	Weight of plant (g)
1	3.42 <sup>a</sup>
2	9.16 <sup>d</sup>
3	9.10 <sup>d</sup>
4	5.93 <sup>c</sup>
5	4.85 <sup>b</sup>

**Remark:** a, b and c in column showed the mean values that were significantly different at p <0.05

**วิจารณ์ผลการวิจัย**

จากการศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุในตำรับที่ 2 ไมยราบตัดสับซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในเดือนที่ 1 , 2 และ 3 ที่ความลึก 5 ซม. พบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 2.27 % , 2.37 % และ 2.37 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่า (Land Development Department, 2002). พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง คือ 1.5-2.5 % และที่ความลึก 10 ซม. พบว่ามีปริมาณ อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.25% , 2.31 % และ 2.34 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (Land Development Department, 2002). ซึ่งพบว่าตำรับที่ 2 คือ ไมยราบตัดสับทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น สูงสุดในทุกกระยะ ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปาน กลาง คือ 1.5-2.5 % ซึ่งไมายราบจะช่วยปรับปรุงสมบัติ ทางเคมีของดิน ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของ ดิน โดยเพิ่มสัดส่วนของช่องอากาศในดินทำให้ดินร่วน ซุย โดยลดความหนาแน่นของดิน และเพิ่มความสามารถ ในการอุ้มน้ำของดิน (Chotchongmane, 2013). และจะ ทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารจากดินมาใช้ประโยชน์ได้ เต็มที่ การใช้ไมายราบเป็นพืชคลุมดินจะให้ผลดีมากในการ ปรับปรุงโครงสร้างของดิน (Kongkhasawat, 1994). โดยในด้านปฏิบัติ อินทรีย์วัตถุที่ยังคงสภาพเดิมอยู่มาก เช่น ชี้เลื่อย แกลบ และเปลือก/ชิ้นไม้ มีความเหมาะสม สำหรับใช้เป็นวัสดุคลุมดิน แต่หากให้คลุมผสมในดินจะ

กลับกลายเป็นผลเสียในแง่ของการทำให้เกิดการขาด ไนโตรเจนสำหรับพืช ในขณะที่สารที่ถูกย่อยยาก (เช่น peat moss/humic materials) เมื่อคลุกในดินใน กระถางปลูกกลับไม่ทำให้เกิดการขาดไนโตรเจนเพราะ จุลินทรีย์ย่อยสารกลุ่มนี้ได้เข้ามา เนื่องจากสารเหล่านี้ ผ่านการย่อยสลายมามากแล้วจนระดับ C/N มีค่าต่ำ (Sawatdekarn, 2011) อย่างไรก็ตาม การใส่อินทรีย์วัตถุ จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้จะไม่ มากเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีแต่จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็น ประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว (The Board set measures and documented soil and water conservation and management, 1992) แต่ทั้งนี้ต้อง ขึ้นกับลักษณะของเนื้อดินด้วย โดยพบว่า การใส่ อินทรีย์วัตถุลงในดินเหนียวจะทำให้ความหนาแน่นของ ดินลดลงและเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ การใส่อินทรีย์วัตถุ จะช่วยเพิ่มน้ำและอากาศลงในดินและทำให้ดินร่วนขึ้น (Akiyama *et al.*, 1974)

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย ราชภัฏอุตรดิตถ์ ผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรในพื้นที่ ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิจัย

### References

- Akiyama, Y., Verapattananirund, P. and Sasiprapa, V. 1974. Effect of organic material application to heavy clay paddy soil. Tropical agriculture Research Center- Japan and Department of Agriculture – Thailand. 3. 12 p. (in Thai).
- Chinnabut, N. 2000. Soil, water and fertilizer. Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi. 205-360 p. (in Thai).
- Chotchongmane, S. 2013. Thyme planting to improve soil fertility. National Corn and Sorghum Research Center. Insee Chantasathit Institute for Plant Research and Development. Kasetsart University. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. 1991. Institute for development and promotion of production factors. Field Ecology in Plant Improvement and Plant Production. 12 p. (in Thai)
- Faculty of Agronomy. 2005. Introduction to soil science. Department of soil science. Faculty of Agriculture. Kasetsart University. 10<sup>th</sup> edition. Kasetsart University Press. Bangkok. (in Thai)
- Kongkhasawat, K. 1994. The use of mimosa grass as a cover crop for maize production. Master of Science (Agriculture). Department of soil science. Chiang Mai University. Chiang Mai. (in Thai)
- Land Development Department. 2002. State officials' manual of improving soil with organic matter, organic matter and waste materials. Soil and water conservation division department of land development, Bangkok. (in Thai)
- Osotsapha, Y., Wongmaneerot, O and Hongprayoul, C. 2008. Fertilizer for sustainable agriculture. Department of soil science, Faculty of agriculture, Kasetsart University, Kamphaeng San Campus. (in Thai)
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy, 2<sup>nd</sup> ed., Orlando, Academic Press, 422 p.
- Sawatdekarn, S. 2011. Allelopathy Effects of six medicinal herbs on seed germination and growth in black gram (*Vigna mungo* Hepper.). The 49<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University. p 419- 428. (in Thai)
- Walkley, A. and 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 Sci. 37: 29–38.
- The Board set measures and documented soil and water conservation and management. 1992. Soil and soil management for soil improvement with organic matter Material. Department of land development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 438 p. (in Thai)

## ผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อย

เสาวคนธ์ เหมวงษ์<sup>1\*</sup> และ ปัทมา วิตยากร<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม อำเภอเมือง  
จังหวัดนครพนม 48000

<sup>2</sup>สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

### บทคัดย่อ

ดินปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบมีการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ในการเตรียมดินทำให้เกิดการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดินให้ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้ดินอัดแน่น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในระบบข้าวแฉ่ง โดยปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในสภาพแปลงทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เมื่ออ้อยอายุ 0-6 เดือนหลังปลูกประกอบด้วย 4 กรรมวิธี โดยวางแผนแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย เฝ้าใบอ้อย ใบอ้อยคลุมแปลง ซี้เถ้าขานอ้อย และ ถ่านแกลบ และช่วงที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก – อายุเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ split plot ประกอบด้วย main-plot คือ ชนิดของวัสดุอินทรีย์ (เฝ้าใบอ้อย ใบอ้อยคลุมแปลง ซี้เถ้าขานอ้อย และ ถ่านแกลบ) และ sub-plot คือ การใส่ปุ๋ยเคมี (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยเคมี) การเจริญเติบโตของอ้อยเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ซี้เถ้าขานอ้อยทำให้เพิ่มน้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของอ้อยสูงสุด (1,556 220 และ 1,776 กรัมต่อกอ ตามลำดับ) อิทธิพลของชนิดวัสดุอินทรีย์ พบว่า การเฝ้าใบอ้อยมีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำอ้อย (4.62 และ 2.60 กิโลกรัมต่อกอ) สูงกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์อื่นๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อย ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเมื่ออ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก ทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลำอ้อย (3.65 และ 2.01 กิโลกรัมต่อกอ ตามลำดับ) สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (3.05 และ 1.51 กิโลกรัมต่อกอ ตามลำดับ) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยทำให้ค่า pH และ EC ของดินเพิ่มขึ้นสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณ Ca และ CEC ในดินลดลงอาจเนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีเร่งการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้น คุณภาพของวัสดุอินทรีย์ซึ่งผ่านกระบวนการเผาไหม้ (ซี้เถ้าใบอ้อย ซี้เถ้าขานอ้อย และถ่านแกลบ) จะมีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารสูงในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของอ้อยโดยเฉพาะการใส่ซี้เถ้าขานอ้อย แต่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอสำหรับการให้ผลผลิตที่ดีเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยช่วงอ้อยเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก

**คำสำคัญ:** วัสดุอินทรีย์, อ้อย, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, การเจริญเติบโตและผลผลิต

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: saowakon@hotmail.com

---

## Effects of Organic Materials Managements on Soil Fertility, Growth and Yield of Sugarcane

---

Saowakon Hemwong<sup>1\*</sup> and Patma Vityakon

<sup>1</sup>*Program of Plant Science, Faculty of Agricultural and Technology,  
Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom 48000*

<sup>2</sup>*Program of Soil Science and Environment, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKane 40002*

### Abstract

Sugarcane planted in the Northeast is mainly sandy soils with low fertility as well as use heavy machinery for soil preparation. This practice is the cause of rapid decomposition of soil organic matter and result to soil compaction. This study aimed to study the effect of various organic materials on soil fertility, growth and yield of sugarcane under rainfed condition. Khon Kaen 3 sugarcane cultivars was planted under field condition and separated to 2 phases. First phase during 0-6 months after planting included 4 treatments in RCBD with 4 replications i.e. sugarcane burning, mulching, bagasse ash and rice husk charcoal and second phase during 6 months after planting – sugarcane harvesting in split plot design including main-plot were types of organic material (sugarcane burned residue, mulching, bagasse ash and rice husk charcoal) and sub-plot were chemical fertilizer applications (unfertilizer and fertilizer application). Growth of sugarcane during 6 months after planting showed that bagasse ash application has increased largely dry weight of sugarcane leave, stem and total (1,5 220 and 1,776 kg/hill, respectively). Effect of material types founded that sugarcane burning has fresh and dry weight of stem (4.62 and 2.60 kg/hill, respectively) higher than other organic materials but not different effect in soil fertility after sugarcane harvest. Effect of chemical fertilizer application on 6 months after planting, It resulted to fresh and dry weight of stem (3.65 and 2.01 kg/hill, respectively) higher than unfertilizer (3.05 and 1.51 kg/hill, respectively). Therefore, chemical fertilizer application treatment was significant increased soil pH and EC more than unfertilizer treatment. However, applying chemical fertilizer reduced the amount of Ca and CEC in the soil. This may be due to chemical fertilizers application induce the decomposition of soil organic matter. The quality of organic materials through the combustion process (sugarcane burned residue, bagasse ash and rice husk charcoal) are highly available nutrients during first growth stage of sugarcane specially bagasse ash application. However, these organic materials were not effective enough for higher yield when compared with fertilizer application at 6 months after planting

**Keywords:** Organic material, Sugarcane, Soil fertility, Growth and yield

---

\*Corresponding author: E-mail: saowakon@hotmail.com

**บทนำ**

ระบบการปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าร้อยละ 90 อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นระบบการปลูกอ้อยข้ามแล้ง ดังนั้น ผลผลิตที่ได้ในแต่ละปีจึงมีความแปรปรวนตามสภาพน้ำฝน และมักจะเพาะปลูกต่อเนื่องเป็นเวลานาน (monoculture) ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ดินต่ำ ประกอบกับเกษตรกรมักทำการเผาใบอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นการทำลายอินทรีย์วัตถุในดิน และเกิดการสูญเสียธาตุอาหาร รวมทั้งเป็นการสร้างมลพิษด้านอากาศอีกด้วย นอกจากนี้ การเพาะปลูกอ้อยมีการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่เป็นการทำลายอินทรีย์วัตถุในดินให้ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดดินอัดแน่น รากพืชไม่สามารถงอกไปหาน้ำ และธาตุอาหารได้ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อย การแก้ปัญหาที่ผ่านมามักจะทำการแก้ไขเกี่ยวกับวิธีการเขตกรรม การเตรียมดิน ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่เกิดความยั่งยืนในระบบการปลูกอ้อย เนื่องจากระบบการเตรียมดินปลูกอ้อยต้องพึ่งพาการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่เมื่อเวลาผ่านไปก็จะทำให้เกิดปัญหาเดิม

การปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินโดยการไถกลบซากพืช เช่น ปุ๋ยพืชสด ซากอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งต้องใส่ในปริมาณที่มากจึงจะเพียงพอในการปรับปรุงทั้งความจุในการเก็บรักษาน้ำในดิน และโครงสร้างของดินที่เสถียร (Piccolo *et al.*, 1996) ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ และเคมีด้วยจะทำให้ระบบการปลูกอ้อยข้ามแล้งมีประสิทธิภาพมากขึ้น การจัดการวัสดุอินทรีย์ที่เหลือจากการเกษตรเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของอ้อย

ถ่านชีวภาพเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจมีคุณสมบัติในการเก็บรักษาน้ำในดิน และอาจมีผล

ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำต่อพืชปลูก (Glaser *et al.*, 2002) รวมทั้งลดการกัดกร่อนของดิน (soil erosion) ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินทราย (sandy soil) ซึ่งมีความสามารถในการเก็บรักษาน้ำต่ำ เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุต่ำ และโครงสร้างของดินที่ไม่เหมาะสม (Piccolo *et al.*, 1996) ถ่านชีวภาพอาจไม่ได้แค่ปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของดิน แต่ยังมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น การรักษาน้ำในดิน การถ่ายเทอากาศ (soil aeration) และการเกาะกันของเม็ดดิน (aggregation) ที่ดี (Piccolo *et al.*, 1996) นอกจากนี้ การใส่ถ่านชีวภาพซึ่งมีโครงสร้างของรูพรุนขนาดเล็กช่วยเพิ่มปริมาณของน้ำที่เป็นประโยชน์ และลดการให้น้ำ (irrigation) แก่พืช รวมทั้งจะช่วยเพิ่มปริมาตรและลดความหนาแน่นของดินได้ งานวิจัยที่ผ่านมาให้ผลการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า การใส่ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนในข้าวรวมทั้งเพิ่มผลผลิตข้าวได้ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว นอกจากนี้ ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะการเพิ่มค่า CEC และ pH ของดินส่งผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้นหรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ (Hemwong and Cadisch, 2011; Hemwong and Chualsuna, 2011; Hemwong and Cadisch, 2012; Hemwong, 2014; Hemwong, 2016; Hemwong, 2018)

อย่างไรก็ตาม ชนิดของวัสดุอินทรีย์ และวิธีการจัดการที่แตกต่างกันมีผลทำให้ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยแตกต่างกันด้วย ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ต่างๆ ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในระบบข้ามแล้ง

**วิธีดำเนินการวิจัย**

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในสภาพแปลงทดลอง โดยศึกษาในแปลงทดลองสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม เพื่อทดสอบหาปริมาณธาตุอาหารในวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 ตั้งแต่อ้อยอายุ 0 – 6 เดือนหลังปลูก: วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomize Complete Block Design) มี 4 กรรมวิธีของวัสดุอินทรีย์ จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) เผาใบอ้อย 2) ใบอ้อยคลุมแปลง 3) ซี้เถ้าชานอ้อย และ 4) ถ่านแกลบ

ช่วงที่ 2 ตั้งแต่อ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก – อายุเก็บเกี่ยว: วางแผนการทดลองแบบ split-plot in RCBD โดยมี ชนิดของวัสดุอินทรีย์ เป็น main-plot และการใส่ปุ๋ยเคมี เป็น sub-plot จำนวน 3 ซ้ำ โดย main-plot (ชนิดของวัสดุอินทรีย์) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ดังนี้ 1) เผาใบอ้อย 2) ใบอ้อยคลุมแปลง 3) ซี้เถ้าชานอ้อย และ 4) ถ่านแกลบ ส่วน sub-plot (การใส่ปุ๋ยเคมี) ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และ 2) ใส่ปุ๋ยเคมี

**การเตรียมถ่านชีวภาพ และวัสดุอินทรีย์**

ถ่านชีวภาพที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นถ่านแกลบ เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและมีปริมาณมากในชุมชน วิธีการเผาเป็นการเผาแบบดั้งเดิม โดยใช้ปื๊บสังกะสีเจาะเป็นรูเล็กๆ รอบๆ ด้านบนเจาะเป็นรูต่อด้านแผ่นสังกะสีที่ม้วนเป็นท่อเพื่อให้เป็นที่ระบายของควันในระหว่างการเผา นำเศษฟางข้าวใส่เข้าไปในปื๊บแล้วจุดไฟ ตั้งปื๊บขึ้นพร้อมกับใส่แกลบโดยรอบหลังจากนั้นคอยเฝ้าสังเกตอยู่ตลอดเวลาโดยเกลี่ยแกลบอยู่เป็นระยะๆ ไม่ให้ไหม้จนกระทั่งแกลบไหม้ทั่วทั้งกอง (Fig. 1) จึงเอาปื๊บออกแล้วหยุดความร้อนด้วยการรดน้ำให้ชุ่ม ส่วนใบอ้อยที่ใช้เป็นส่วนเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย

นครพนม ซึ่งเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีทั้งส่วนของใบแห้งและยอดอ้อยที่ยังเขียวอยู่ โดยการศึกษานี้จะทำการจัดการซากอ้อย 2 วิธี คือ การใช้ซากอ้อยคลุมแปลง และการเผาซากอ้อย เถ้าชานอ้อยได้จากโรงงานน้ำตาลสหเรือง จังหวัดมุกดาหาร



Fig. 1 rice husk biochar production

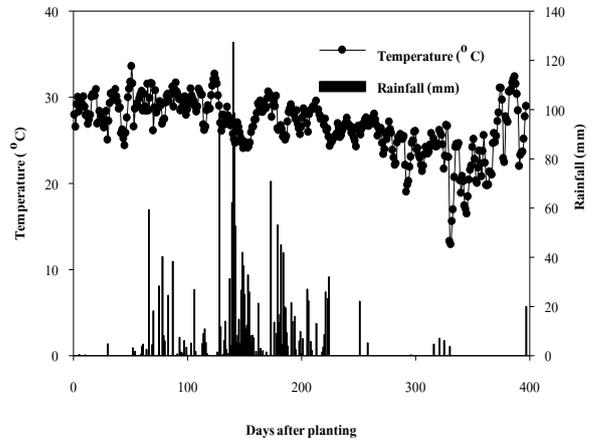
**การเตรียมแปลง การปลูก และการใส่สารอินทรีย์**

การวิจัยดำเนินการในแปลงทดลองทำการเตรียมแปลงโดยการไถตะ 1 ครั้ง ไถพรวน 1 ครั้ง และยกร่องปลูกลึกประมาณ 30 ซม. งานวิจัยนี้ใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งนิยมปลูกในบริเวณนี้ ระยะปลูก 1 x 0.5 ตร.ม. แถวละ 12 หลุม ปลูก 1 ท่อน (จำนวน 2 ตา) ต่อหลุม โดยใส่สารอินทรีย์ตามกรรมวิธีที่กำหนด ซึ่งซากอ้อยใส่ลงในแปลงอัตรา 800 กก./ไร่ ทั้งกรรมวิธีที่ซากอ้อยคลุมแปลง และเผาซากอ้อย ในกรรมวิธีที่ใช้ซากอ้อยคลุมแปลงนำซากอ้อยคลุมแปลงหลังปลูกอ้อยภายในร่องปลูก ส่วนการเผาซากอ้อยใส่ซากอ้อยลงในร่องปลูก จุดไฟเผาซากอ้อย และทิ้งไว้ให้เย็น 1 วัน นำท่อนพันธุ์อ้อยมาปลูกในร่องอ้อย และกลบด้วยดิน เช่นเดียวกันกับในกรรมวิธีใส่เถ้าชานอ้อยหรือถ่านแกลบทำการโรยลงในร่องปลูกอัตรา 800 กก./ไร่ วางลำอ้อยในร่องปลูกและกลบดิน หลังจากใส่สารอินทรีย์ทุกชนิดและปลูกอ้อยแล้วให้น้ำทุกวันๆ 1 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 6 เดือน แบ่งแถวออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี จำนวน 5 หลุม และส่วนที่

2 ใส่ปุ๋ยเคมี จำนวน 5 หลุม ทำการใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่

**การเก็บข้อมูล**

ทำการเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของสารอินทรีย์แต่ละชนิดก่อนการศึกษา ประกอบด้วย ค่า pH (1:2.5 น้ำ) EC (1:5 น้ำ) ปริมาณคาร์บอน โดยวิธี Walkey and Black method ใช้ 1 N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> เป็นตัวออกซิไดซ์ และไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี micro-Kjeldahl method ย่อยตัวอย่างในหลอดแก้ว Kjeldahl ด้วย H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> เข้มข้น บนเครื่อง automatic digestion analyzer Kjeldatherm Model KT-L20S (Gerhardt, Germany) และนำสารละลายที่ได้ไปกลั่น และนำไปไทเทรตปริมาณของไนโตรเจนด้วย 0.01 M HCl ตามวิธีของ McGill and Figueiredo (1993) และคำนวณสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูกทำการวัดความสูง (cm) จำนวนหน่อ/กอ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักทั้งหมด (ก./กอ) เมื่ออ้อยอายุ 12 เดือนหลังปลูก ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยโดยวัดจำนวนลำที่เก็บเกี่ยวได้ (ลำต่อกอ) ความสูง (ซม.) เส้นรอบวงลำ (ซม.) และค่าความหวาน (° brix) น้ำหนักแห้งลำต้น ใบ ยอด และทั้งหมด (ก./ต้น) ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index: HI) ข้อมูลดินทำการเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เพื่อวัดค่า pH EC ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca and Mg) และปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (cation exchange capacity: CEC) โดยสกัดด้วย 1 N ammonium acetate pH 7 (Simard, 1993; Cottenie, 1980) สภาพภูมิอากาศในระหว่างการศึกษาดังแสดงใน Fig.2



**Fig.1** Daily rainfall (mm) and average temperature (°C) during the experimental period (March 2015 – April 2016)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD (ช่วง 0- 6 เดือนหลังปลูก) และ Split-plot in RCBD (ช่วง 6-12 เดือนหลังปลูก) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรม Statistix 9 (Analytical Software, 2008)

**ผลการวิจัย**

จากการศึกษาการเปรียบเทียบการใช้วัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย พบว่า ชี้เถ้าใบอ้อยมีค่า pH และ ค่า EC (9.92 และ 5.05 mS ตามลำดับ) สูงกว่าชี้เถ้าขานอ้อย (9.41 และ 0.61 mS ตามลำดับ) และถ่านแกลบ (7.81 และ 0.36 mS ตามลำดับ) นอกจากนี้ใบอ้อยมีค่า C/N ratio สูง เมื่อเผาชี้เถ้าที่เหลือยังคงมีค่า C/N ratio สูง แต่ต่ำกว่าชี้เถ้าขานอ้อย (Table 1)

การเจริญเติบโตของอ้อยเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า ความสูงและจำนวนหน่อตอกอ ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) การใส่ขี้เถ้าขานอ้อยให้ น้ำหนักแห้งใบ (1,556 ก./กอ) น้ำหนักแห้งลำต้น (220 ก./กอ) และน้ำหนักแห้งทั้งหมด (1,776 ก./กอ) ของอ้อย สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.01$ ) ดังแสดงใน Table 2 ในขณะที่การเจริญเติบโตของอ้อยหลัง 6 เดือน หลังปลูก พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันไม่มีผล ต่อจำนวนหน่อตอกอ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของอ้อยเมื่อ อายุเก็บเกี่ยว พบว่าอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์การเผาใบ อ้อยมีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำอ้อย (4.62 และ 2.60 กก./กอ) สูงกว่าการใส่สารอินทรีย์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ( $P\leq 0.01$ ) (Table 4) ผล ของการใส่สารอินทรีย์ต่างชนิดกันไม่มีผลต่อคุณสมบัติ ทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อย ( $P>0.05$ ) อย่างไรก็ตาม มีแนวโน้มพบว่า การใช้ใบอ้อยคลุมแปลง และขี้เถ้า ขานอ้อย มีปริมาณ K ในดินต่ำสุด (89.76 และ 90.68 ppm ตามลำดับ)

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเมื่อ อ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีผล ให้จำนวนหน่อ/กอ และความสูงของอ้อย (6 หน่อ/กอ และ 326 ซม. ตามลำดับ) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี (5 หน่อ/ กอ และ 310 ซม. ตามลำดับ) มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.01$ ) (Table 3) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตอ้อยพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีให้น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้งลำอ้อย (3.65 และ 2.01 กก./กอ ตามลำดับ) สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (3.05 และ 1.51 กก./กอ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ดินหลังปลูกอ้อย พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำ ให้ดินมีค่า pH และ EC (5.60 และ 0.27 mS ตามลำดับ) สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (5.29 และ 0.22 mS ตามลำดับ) ในขณะที่ การไม่ใส่ปุ๋ยเคมีมีค่า Ca และ CEC สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P\leq 0.01$ ) ดังแสดงใน Table 5

**Table 1** Chemical properties of organic material using in this experimental

Treatment	pH	EC (mS)	Total C (%)	Total N (%)	C/N ratio
Sugarcane leaves	nd	nd	33.99	0.25	139.20
Sugarcane leaves ash	9.92	5.05	29.50	0.41	71.91
Bagasse ash	9.41	0.61	47.70	0.20	119.25
Rice husk biochar	7.81	0.36	30.67	1.04	29.93

**Table 2** Growth of sugarcane at 6 months after planting

Treatment	Tiller number/hill	Height (cm)	Dry weight (g/hill)		
			Leave	Stalk	Total
Sugarcane burned residue	2	253	1,350	174	1,524
Mulching	2	282	1,118	179	1,297
Bagasse ash	2	243	1,556	220	1,776
Rice husk biochar	2	268	1,074	183	1,256
LSD <sub>.05</sub>	1 <sup>ns</sup>	48 <sup>ns</sup>	199 <sup>**</sup>	29 <sup>*</sup>	197 <sup>**</sup>
C.V. (%)	22.22	9.12	7.81	7.74	6.74

\*\* = significant different at  $P \leq 0.01$ , \* = significant different at  $P \leq 0.05$ , <sup>ns</sup> = no significant different at  $P > 0.05$

**Table 3** Tiller number per hill of sugarcane after 6 months after planting

Treatment	Months after planting		
	7	8	10
<b>Organic material</b>			
Sugarcane burned residue	4	5	6
Mulching	5	5	6
Bagasse ash	4	5	6
Rice husk biochar	4	5	6
LSD <sub>.05</sub>	2 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	27.85	23.89	21.29
<b>Fertilization</b>			
Without fertilizer	3	4	5
With fertilizer	5	6	7
LSD <sub>.05</sub>	1 <sup>**</sup>	1 <sup>**</sup>	1 <sup>**</sup>
C.V.(%)	27.55	20.58	25.95

\*\* = significant different at  $P \leq 0.01$ , \* = significant different at  $P \leq 0.05$ , <sup>ns</sup> = no significant different at  $P > 0.05$

**Table 4** Yield of sugarcane at final harvest (12 months after planting)

Treatment	Tiller number/hill	Height (cm)	Millble cane number/hill	Girth (cm)	Brix (°brix)	Stalk fresh weight (kg/hill)	Stalk dry weight (kg/hill)	HI
<b>Organic material</b>								
Sugarcane burned residue	6	313	2	22	25	4.62	2.60	0.7
Mulching	6	336	2	24	25	2.48	1.27	0.7
Bagasse ash	6	301	2	22	24	3.06	1.53	0.7
Rice husk biochar	5	321	2	23	24	3.25	1.63	0.6
LSD <sub>.05</sub>	1 <sup>ns</sup>	38 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	0.94 <sup>**</sup>	0.45 <sup>**</sup>	0.05 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	18.33	8.57	22.82	10.49	2.74	19.85	18.52	5.55
<b>Fertilization</b>								
Without fertilizer	6	326	2	23	24	3.05	1.51	0.7
With fertilizer	5	310	2	22	24	3.65	2.01	0.6
LSD <sub>.05</sub>	1 <sup>**</sup>	14 <sup>*</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	0.21 <sup>*</sup>	0.30 <sup>**</sup>	0.03 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	15.54	4.68	14.43	4.41	2.22	15.55	18.22	5.02

\*\* = significant different at  $P \leq 0.01$ , \* = significant different at  $P \leq 0.05$ , <sup>ns</sup> = no significant different at  $P > 0.05$

**Table 5** Soil chemical properties after sugarcane harvest

Treatment	pH	EC (mS)	K	Ca (ppm)	Mg	CEC (me/100g)
<b>Organic material</b>						
Sugarcane burned residue	5.48	0.24	96.72	108.49	9.99	3.49
Mulching	5.39	0.26	89.76	105.05	9.94	3.63
Bagasse ash	5.45	0.22	90.68	109.37	12.21	3.36
Rice husk charcoal	5.47	0.24	97.95	114.03	11.19	3.47
LSD <sub>.05</sub>	0.18 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	15.59 <sup>ns</sup>	13.54 <sup>ns</sup>	1.04 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	1.92	17.43	11.77	8.77	16.69	13.45
<b>Fertilization</b>						
Without fertilizer	5.29	0.22	95.95	121.88	10.27	3.85
With fertilizer	5.60	0.27	91.61	96.59	11.39	3.12
LSD <sub>.05</sub>	0.19 <sup>**</sup>	0.04 <sup>*</sup>	15.59 <sup>ns</sup>	14.52 <sup>**</sup>	2.78 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>**</sup>
C.V.(%)	3.69	16.70	19.19	14.12	27.30	12.35

\*\* = significant different at  $P \leq 0.01$ , \* = significant different at  $P \leq 0.05$ , <sup>ns</sup> = no significant different at  $P > 0.05$

### วิจารณ์ผลการวิจัย

#### คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์

การเผาใบอ้อยเป็นการเผาแบบสมบูรณ์มากกว่าการเผาถ่านแกลบจึงมีปริมาณเถ้าสูงกว่าทำให้มีค่า pH สูงกว่าการเผาถ่านแกลบ (Hemwong, 2014; Hemwong *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตาม ค่า pH ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาด้วย Lehmann *et al.* (2011) ได้รายงานว่า การเพิ่มอุณหภูมิการเผาจาก 310 เป็น 850 °ซ ถ่านที่ผลิตจาก bagasse จะมี pH เพิ่มขึ้นจาก 7.6 เป็น 9.7 เช่นเดียวกับ Bagreev *et al.* (2001) รายงานว่า ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นจาก 61.7 เป็น 76.8 % เมื่อนำตะกอนจากน้ำเสียมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400 °ซ และ 800 °ซ ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม Singh *et al.* (2010) พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกระบวนการ pyrolysis เป็นสาเหตุให้ปริมาณเถ้าของถ่านลดลง อย่างไรก็ตาม ถ่านชีวภาพสามารถใช้ในการปรับปรุงดินได้อย่างดี เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นต่างโดยทั่วไป pH อยู่ระหว่าง 4 – 12 ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุดิบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (Bagreev *et al.*, 2001; Lehmann, 2007) นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่าถ่านแกลบมีปริมาณ C ลดลง แต่ปริมาณ N สูงกว่าเทียบกับสารอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งเห็นว่าถ่านชีวภาพเป็นสารอินทรีย์ที่มีปริมาณคาร์บอนที่สูง มีคุณสมบัติเป็น carbon sequester อย่างไรก็ตาม การเผาใบอ้อยรวมทั้งสารอินทรีย์อื่นๆ จะเพิ่มปริมาณธาตุอาหารบางชนิดสอดคล้องกับ Hemwong *et al.* (2009) ได้รายงานว่า ในหลังการเผาใบอ้อยปริมาณ C N และ S ใบอ้อยจะสูญเสียไปโดยผ่านกระบวนการ volatilization แต่จะมีปริมาณ K และ P สูง ธาตุอาหารที่อยู่ในเถ้าซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์เมื่อละลายน้ำจะทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้เลย อย่างไรก็ตาม หากพืชมีประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารต่ำก็อาจจะไม่เป็นประโยชน์ เช่น ในกรณีที่พืชยังมีระบบรากที่ยังไม่สมบูรณ์ หรือดูดใช้ธาตุอาหารได้ยังไม่

ประสิทธิภาพ หรืออายุยังน้อยอยู่ หรือการเกิดการสูญเสียของธาตุอาหารก่อนที่พืชจะสามารถดูดไปใช้ได้ (Hemwong *et al.*, 2009)

#### ผลของชนิดสารอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

การเผาใบอ้อยมีทั้งส่วนที่เป็นเถ้า และส่วนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่อ้อยสามารถนำไปใช้ได้ง่ายในรูปของเถ้า ในช่วงการเจริญเติบโต 6 เดือนหลังปลูกซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้เถ้าขานอ้อย ในขณะเดียวกันช่วงอายุหลัง 6 เดือนหลังปลูก เป็นช่วงฤดูฝนทำให้ خاکใบอ้อยที่เหลือจากการเผาที่ไม่สมบูรณ์ถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารเป็นประโยชน์ที่พอสำหรับการให้ผลผลิตอ้อยที่สูง อย่างไรก็ตาม การเผาใบอ้อยมีผลกระทบต่อปริมาณวัชพืชที่ขึ้นในแปลงอ้อยโดยเฉพาะช่วงรอบปลูกอ้อยใหม่ เนื่องจากการเผาใบอ้อยไปทำลายการพักตัวของเมล็ดวัชพืชทำให้ปริมาณวัชพืชสูงกว่าการใช้ใบอ้อยคลุมแปลง และการไถกลบใบอ้อย (Hemwong *et al.*, 2008) Giardina *et al.* (2000) แสดงให้เห็นว่าปริมาณ mineral N เพิ่มขึ้นอ้อยสามารถดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าโดยเฉพาะในช่วง 6 เดือนแรก หลังจากการเผาใบอ้อย เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางองค์ประกอบทางเคมี (thermal transformation) ขององค์ประกอบพืชที่ยังไม่เป็นประโยชน์ เช่น amide groups และกรดอะมิโน เป็นต้น ให้มาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อย่างไรก็ตาม เมื่ออ้อยอายุเก็บเกี่ยววิธีการใช้ใบอ้อยคลุมแปลงให้น้ำหนักแห้งอ้อยทั้งหมดสูงกว่าการใส่สารอินทรีย์อื่นๆ (Table 4) อาจเนื่องจากใบอ้อยซึ่งมีค่า C/N ratio สูง การย่อยสลายช้าทำให้ปริมาณธาตุอาหารยังไม่เป็นประโยชน์ช่วง 6 เดือนแรกแต่เริ่มเป็นประโยชน์ ช่วง 6 เดือนหลังปลูก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าใส่ใบอ้อยในการปลูกอ้อยเป็นสารอินทรีย์มีหน้าที่ช่วยกักเก็บธาตุอาหารโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งจะแตกต่างจากชี้เถ้าขานอ้อยและชี้เถ้าใบอ้อยซึ่งเป็นประโยชน์ช่วงแรกของ

การเจริญเติบโตและถูกชะไปกับน้ำฝนได้ง่ายทำให้ความเป็นประโยชน์จะลดลง Kleinman *et al.* (1995) ชี้ให้เห็นว่าในระหว่างการเผาซากใบอ้อยธาตุอาหารจะปลดปล่อยมาสู่ดินอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามธาตุอาหารเหล่านั้นจะเป็นประโยชน์ต่อพืชเพียงเวลาช่วงสั้นๆ นอกจากนี้ การเผาซากอ้อยที่มีปริมาณมากจะเป็นการปลดปล่อย ก๊าซ CO<sub>2</sub> และ NO<sub>x</sub> ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกปริมาณมากซึ่งทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Fearnside *et al.*, 1999)

#### ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

จากผลการศึกษา (Table 4) ชี้ให้เห็นว่า การไม่ใส่ปุ๋ยเคมีหรือการใส่สารอินทรีย์พร้อมปลูกมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ยังไม่เพียงพอในการเพิ่มน้ำหนักของลำอ้อยซึ่งสังเกตจากการการใส่ปุ๋ยเคมีช่วยในการเพิ่มจำนวนหน่อต่อกอในช่วง 7-10 เดือนหลังปลูก การใส่ปุ๋ยเคมีช่วงอ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูกช่วยในการเพิ่มการแตกกอ และการให้ผลผลิตภายหลังการให้ปุ๋ย สอดคล้องกับ Netsing *et al.* (2011) รายงานว่า การใส่กากน้ำตาลผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดี่ยว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยว มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนปล้องต่อลำ ค่า CCS (commercial cane sugar) ของอ้อยใกล้เคียงกัน Hemwong *et al.* (2009) ได้พบว่า การใส่ซากพืชตระกูลถั่วสามารถทดแทนเพียงการใส่ปุ๋ยรองพื้นแต่ไม่เพียงพอสำหรับการให้ผลผลิตอ้อยจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมีในช่วงหลังการเจริญเติบโต นอกจากนี้ การใส่สารอินทรีย์ต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นปุ๋ยรองพื้นได้เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีซึ่งมีความยืดหยุ่น ดังนั้นการมีแนวคิดพัฒนาการให้ปุ๋ยร่วมกับจำนวนครั้งที่ขึ้นกับตามความต้องการของพืชในรูปของการให้ปุ๋ยเพิ่มเติม (top dressing) หลังพืชงอกหรือเจริญเติบโตแล้ว (Giller *et al.*, 2002)

#### ผลของสารชนิดสารอินทรีย์ และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน

เนื่องจากใบอ้อยมีค่า C/N ratio สูงถึง 139.20 ทำให้เกิดกระบวนการ immobilization เมื่อมีการใช้ใบอ้อยคลุมแปลงและยังมีลักษณะเป็นชี้เถ้าซึ่งสามารถละลายน้ำได้ง่ายเมื่อฝนตกจึงมีการชะล้างไปจากหน้าดิน ในขณะที่การเผาใบอ้อย และถ่านแกลบมีค่า K สูงกว่า เนื่องจากยังมีส่วนที่ความร้อนจากกระบวนการเผาทำให้เปลี่ยนสารประกอบที่ไม่เป็นประโยชน์เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น และบางส่วนสามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น (Hemwong *et al.*, 2008) Hemwong *et al.* (2008) ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้ใบอ้อยคลุมแปลงมีการย่อยสลายช้ากว่าการใส่ถ่านใบอ้อยหลังใบอ้อย 98 วัน ใบอ้อยคงเหลือ 72 และ 27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีช่วงอ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยทำให้ค่า pH และ EC ของดินสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (Table 5) ชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเคมีช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในรูปของ inorganic ในดิน แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณ Ca และ CEC ในดินลดลง อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยเร่งการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดินส่งผลทำให้ค่า CEC ลดลง สอดคล้องกับ Ogbodo (2013) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีจำนวน 20 พาร์ม พบว่า ดินมีปริมาณค่า CEC ลดลงอย่างมากในทุกพาร์ม เช่นเดียวกับ Ayoola (2006) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มปริมาณ exchangeable Ca ในดินประมาณ 21 % นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (effective cation exchange capacity; ECEC) ถึง 16 % เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี

### สรุปผลการวิจัย

คุณภาพของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดิน มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยของชนิดของวัสดุอินทรีย์ และการจัดการ ซึ่งวัสดุอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการเผาไหม้ (ขี้เถ้าใบอ้อย ขี้เถ้าชานอ้อย และถ่านแกลบ) จะมีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารสูงในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของอ้อยโดยเฉพาะการใส่ขี้เถ้าชานอ้อย อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของอ้อยภายหลัง 6 เดือนหลังปลูก การใส่วัสดุอินทรีย์ที่เกิดการเผาไม่สมบูรณ์ (การเผาใบอ้อย และการใส่ถ่านแกลบ) จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อยมากกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ที่เผาสมบูรณ์ (ขี้เถ้าชานอ้อย) การใส่ปุ๋ยเคมีในช่วงอ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก มีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตอ้อยมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ส่งผลต่อความอุดม

สมบูรณ์ของดินบางประการลดลง ได้แก่ ค่า CEC และปริมาณ Ca อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ในระยะยาวเนื่องจากใบอ้อยมีค่า C/N ratio สูง การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้า ดังนั้น การจัดการวัสดุอินทรีย์ควรคำนึงถึงผลระยะยาวโดยเฉพาะพืชที่มีอายุยาวควรมีการให้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของพืช

### กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558 และกลุ่มวิจัยการจัดการอินทรีย์วัตถุของดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### References

- Analytical Software. 2008. User's Manual. Tallahassee: Software Analytical.
- Ayoola, O.T. 2006. Effects of fertilizer treatments on soil chemical properties and crop yields in a cassava-base cropping system. *Journal of Applied Science Research* 2(2): 1112-1116.
- Bagreev, A., Bandosz, T.J. and Locke, D.C. 2001. Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer. *Carbon*. 39: 1971-1979.
- Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations, FAO. *Soil Bulletin* 38/2 Rome: FAO.
- Fearnside, P.M., Graca, P.M.L., Filho, N.L.F., Rodrigues, J.A. and Robinson, J.M. 1999. Tropical forest burning in Brazilian Amazonian: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Para. *Forest Ecology Management*. 123: 65-79.
- Giardina, C. P., Sanford JR., R.L. and Døckersmith, I.C. 2000. Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash-and-burn clearing of a dry tropical forest. *Soil Science Society of America Journal*. 64(1): 399-405.

- Giller, K.E., Cadisch, G. and Palm, C. 2002. The north-south divide! Organic wastes, or resources for nutrient management?. *Agronomie*. 22: 703-709.
- Glaser, B., J. Lehmann and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology Fertility of Soils*. 35: 219–230.
- Hemwong, S. and S. Chualsuna. 2011. Using of charcoal to improve soil fertility for sweet waxy corn production. *J. of Agri*. 27(3): 259-266. (in Thai)
- Hemwong, S. and Cadisch, G. 2011. FSC Brief No.3: Charcoal amendment to improve soil fertility and rice production in NE Thailand. Stuttgart, Germany: Food Security Center, Hohenheim University.
- Hemwong, S. and Cadisch, G. 2012. Effect of biochar amendment on soil fertility and lowland rice yield in Nakhon Phanom Province, Northeast, Thailand. *Nakhon Phanom University Journal*: (in press). (in Thai)
- Hemwong, S. 2014. Effects of bamboo and rice husk biochar on yield and nitrogen use efficiency of Chainat 1 rice variety. *J. of Sci. & Tech., Ubon Ratchathani University*. 16(1): 69-75. (in Thai)
- Hemwong, S. 2016. Effect of rice husk charcoal and rock phosphate on shoot and growth of new planting para-rubber. *J. Sci. Technol MSU*. 35(2): 189-195. (in Thai)
- Hemwong, S. 2018. Effect of rice husk charcoal under chemical and organic-chemical paddy field on CH<sub>4</sub> emission, growth and yield of KDML 105 rice. *Journal of Agri. Research & Extension*. 35(1): 1-11. (in Thai)
- Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B. Limpinuntana, V., Vityakon, P. and Poltanothai, A. 2008. Dynamics of residue decomposition and N<sub>2</sub> fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. *Soil Till* 99: 84-97.
- Hemwong, S., Toomsan, B., Cadisch, G., Limpinuntana, V., Vityakon, P. and Poltanothai, A. 2009. Sugarcane residue management and grain legume crop effects on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. *Nutr Cycl Agroecosyst*. 83: 135-151.
- Kleinman, P.J.A., Pimentel, D. and R.B. Bryant. 1995. The ecological sustainability of slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystem & Environment*. 52: 235-249.
- Lehmann, J. 2007. A handful of Carbon. *Nature*. 447: 143–144.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A. Hockaday, W.C. and Crowley, D. 2011. Biochar Effects on Soil Biota – A Review. *Soil Biology and Biochemistry*. 43(9): 1812-1836.
- McGill, W.B. and Figueiredo, C.T. 1993. Chapter 22 Total nitrogen. Pp. 201-211. *In* M.R. Carter (ed). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers, N.W Florida, USA.
- Netsing, Y., Thongjoo, C. and Chaichana, R. 2011. Efficient use of by-product of monosodium glutamate (ami-ami) on growth and yield of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) planted in Kamphaeng Saen soil series. *Kamphaengsaen Academic Journal (Thailand)*. 9(3): 1-13. (in Thai)

Ogbodo, E.N. 2013. Impact of the use of inorganic fertilizers to the soils of the Ebonyi Stat Agro-Ecology, South-Eastern Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science*. 3(7): 33-38.

Piccolo, A., Zena, A. and P. Conte. 1996. A comparison of acid hydrolyses for the determination of carbohydrate content in soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 27(15-17): 2909-2915.

Simard, R. R. 1993. Ammonium acetate extractable elements, pp 39-43. In: R. Martin and S. Carter (eds.). *Soil Sampling and Method of Analysis*. Florida : Lewis Publishers.

---

**ผลของสีฝักและวัสดุปลูกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามฝักงอ**

---

**ครองใจ โสมิตรักษ์\***

สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

**บทคัดย่อ**

ครามเป็นพืชตระกูลถั่วที่เมล็ดมีการสุกแก่ไม่พร้อมกัน และเป็นพืชเศรษฐกิจที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมผ้า งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการทดลองประกอบด้วย 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสีฝักต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดคราม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 คือ ฝักคราม สีเขียวปนน้ำตาล กรรมวิธีที่ 2 คือ ฝักครามสีน้ำตาล และกรรมวิธีที่ 3 คือ ฝักครามสีดำ ผลการทดลอง พบว่า เมล็ดครามจากฝักครามสีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงสูงสุด คือ 35.75 และ 7.66 ตามลำดับ ส่วนเมล็ดครามจากฝักสีดำ ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำที่สุด คือ 22.00 ( $P < 0.05$ ) จึงได้นำเมล็ดครามจากฝักสีน้ำตาลไปศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคราม (การทดลองที่ 2) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 คือ พีทมอส (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 คือ ดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1(v/v) และกรรมวิธีที่ 3 คือ ดิน : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1(v/v) ผลการทดลอง พบว่า การใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด คือ 69.00 รวมทั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าคราม ทั้งด้านความสูง จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักสดสูงสุด คือ ความสูงของต้น 9.55 เซนติเมตร จำนวนใบ 6.30 ใบ ความยาวราก 9.99 เซนติเมตร และน้ำหนักสดของต้นกล้า 0.76 กรัมต่อต้น ( $P < 0.01$ )

**คำสำคัญ:** คราม วัสดุปลูก การงอก ต้นกล้า

---

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: krongjai@snru.ac.th

---

## Effect of Color Pod and Growing Media on Germination and Growth of Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) Seeding

---

Krongjai Somrug<sup>\*</sup>

*Department of Plant Science, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand*

### Abstract

Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) is family of Leguminosae and economic importance as a source of indigo dye. Indigo seed maturation is not simultaneously. These experiments were 2 experiments; experiment 1 was testing for germination and vigor seed of indigo from 3 different colors pod. Completed Randomized Design (CRD) was designed using 4 replications and 3 treatments as followed green-brown pod, brown pod and black pod. The results indicated that seed form brown pod showed highest germination and vigor seed were 35.75 % and 7.66 % and black pod with the lowest germination of 22.00 % ( $P<0.05$ ). Experiment 2 was investigated the various medias for germination and growth of Indigo seedling. The experiment was set as Random Complete Block Design (RCBD) with 3 treatments and 3 replications; treatment 1 peat-moss (control), treatment 2 soil : rice husk charcoal : manure (1:1:1, v/v) and treatment 3 soil : coir dust : manure (1:1:1, v/v). The results showed that germination and growth of indigo seedling with peat-moss gave significantly of germination, seedling height, leaves number, root height and fresh weight compared with other treatments ( $P<0.01$ ). The germination were 69.00 %, seedling height were 9.55 cm, leave of number were 6.30 leave /plant, root height were 9.99 cm and fresh weight were 0.76 g/plant

**Keywords:** *Indigofera tinctoria* L., Growing media, Germination, Seedling

---

\*Corresponding author: E-mail: krongjai@snru.ac.th

**บทนำ**

คราม เป็นพืชตระกูลถั่ว (Family Leguminosae) ที่สามารถขึ้นได้ในสภาพทั่วไป และใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน โดยเฉพาะการนำครามมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมย้อมสีผ้า กระดาษ รวมทั้งใช้เป็นยารักษาโรค (Aobchey *et al.*, 2007) และปุ๋ยพืชสดจากส่วนของใบ กิ่งก้าน และลำต้น ซึ่งสีของครามที่นำมาย้อมผ้าจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ความคงทน สีไม่ออกจาง และช่วยรักษาสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ สำหรับประเทศไทยมีการปลูกคราม และผลิตเนื้อครามเพื่อการส่งออกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดสกลนครมีการปลูกคราม และการย้อมผ้าครามมาเป็นระยะเวลายาวนาน โดยจังหวัดสกลนครได้มีการส่งเสริม และสนับสนุนให้แต่ละตำบลมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร และสร้างชื่อเสียงให้กับจังหวัดสกลนคร จากการเก็บข้อมูลของสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดสกลนคร พบว่า ปี พ.ศ. 2558 ผลิตภัณฑ์จากผ้าครามสามารถสร้างรายได้ให้กับจังหวัดสกลนคร คิดเป็นมูลค่าไม่น้อยกว่า 48 ล้านบาทต่อปี โดยช่องทางการจำหน่ายภายในประเทศ ร้อยละ 90 ส่วนร้อยละ 10 จำหน่ายออกนอกประเทศ คือ อังกฤษ และญี่ปุ่น เป็นตลาดหลัก (Srisamran *et al.*, 2015) จากความต้องการผ้าครามมีมากขึ้น ทั้งภายใน และภายนอกประเทศ ทำให้กลุ่มผู้ย้อมครามต้องมีการผลิตมากขึ้นตามไปด้วย แต่ปัจจุบันพบว่าการผลิตเนื้อครามยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด เนื่องจากต้องใช้ครามสดเป็นจำนวนมากที่จะนำมาทำเนื้อคราม โดยใบครามสดให้สีครามประมาณร้อยละ 0.4 หรือ ทั้งต้นของคราม คือ กิ่ง ใบแก่ ใบอ่อน ประมาณ 8 กิโลกรัม จะได้เนื้อครามประมาณ 1 กิโลกรัม และสามารถนำไปย้อมผ้าผ้ายืดได้ 200-300 กรัม (Saithong, 2000; Wiwacharn *et al.*, 2015) การปลูกครามเพื่อให้ได้ปริมาณเพิ่มขึ้น ระยะการเก็บเกี่ยว

เมล็ดคราม และการเพาะกล้าครามด้วยวัสดุปลูกที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งการปลูกครามเกษตรกรจะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เองจากส่วนที่เหลือจากการปลูกเพื่อทำเนื้อคราม และนำไปใช้ปลูกในรอบถัดไป ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ไม่เพียงพอสำหรับปลูก จึงต้องหาซื้อจากที่อื่นที่มีราคาค่อนข้างสูง ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกครามมีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น ถ้าเกษตรกรสามารถทำให้เมล็ดครามทุกเมล็ดงอกได้ และเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่แข็งแรง จะส่งผลให้ต้นครามมีการเจริญเติบโตที่ดีหลังย้ายปลูก มีความสม่ำเสมอของต้น ทำให้ผลิตเนื้อครามได้มากขึ้น รวมทั้งยังช่วยลดต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์

การปลูกพืช เมล็ดพันธุ์ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ หากเมล็ดพันธุ์ที่เลือกใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ดีเหมาะสมกับท้องถิ่นและเป็นเมล็ดที่มีคุณภาพสูงแล้ว ย่อมทำให้การดูแล และการจัดการผลิตในเวลาต่อมาง่าย และสะดวกขึ้น ผลผลิตย่อมได้รับสูงขึ้นตาม เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพได้มาจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์พืชในระยะเวลาที่เหมาะสม (Chanprasert, 1999) นอกจากระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมแล้ว วัสดุปลูก หรือการเพาะกล้าก่อนทำการย้ายปลูกลงแปลงมีความสำคัญเช่นกัน โดยวัสดุเพาะที่นิยมใช้ คือ พีทมอส เป็นวัสดุที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ แต่ประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตร และอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุเพาะกล้าที่ดี คือ น้ำหนักเบา โปร่ง มีการระบายน้ำที่ดี ถ่ายเทอากาศได้ดี ถ้าสามารถนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นมาใช้เป็นวัสดุเพาะกล้า จะเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า รวมทั้งลดการใช้เมล็ดได้ 4-5 เท่า ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมจะช่วยให้ต้นกล้ามีการงอกที่ดีเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ แข็งแรง พร้อมทั้งจะเจริญเติบโต และได้ผลผลิตที่ดี จึงได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเพาะกล้า ดังงานวิจัยของ Naemsai (2003) พบว่าวัสดุเพาะกล้าที่ให้ต้นกล้าแตกกว่า ผักกาดขาวปลี และสลัด มีอัตราการผลิตเจริญเติบโตดีที่สุด คือ ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก (1:1:0.5) และงานวิจัยของ Thowanna *et al.* (2008)

วารสารเกษตรพระวรุณ 377

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562

พบว่า พีทมอส, พีทมอสผสมแกลบเผา และพีทมอสผสมขุยมะพร้าว ในอัตรา 1:1 ให้อัตราการงอก และเปอร์เซ็นต์การงอกของมะเขือเทศสูงที่สุด คือ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเจริญของต้นกล้าที่ดี คือ พีทมอสผสมแกลบดิบ, พีทมอสผสมแกลบเผา ในอัตรา 1:1 และขุยมะพร้าวผสมแกลบเผา แกลบเผา และ filter cake (1:0.5:1:1) นอกจากนี้ วัสดุเพาะกล้าฟักข้าวที่ทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากที่ดีที่สุด คือ ดิน : ใบไม้ผุ : ขี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:2:2:1 (Kietnontapat and Aroonrungsikul, 2012) และงานวิจัยของ Tuyharn *et al.* (2013) พบว่า การใช้ใบไม้หมัก: กาบมะพร้าวสับ: แกลบเผา: ปุ๋ยคอก อัตรา 2:1:1:1 ให้การเจริญเติบโตของคะน้าที่ดีที่สุด เช่นเดียวกับ Sukhvibul *et al.* (2013) ได้แนะนำให้ใช้ดินผสมกับปุ๋ยคอก และแกลบเผา ในอัตรา 2:1:1 หรือ ขุยมะพร้าวผสมแกลบเผาและปุ๋ยคอก ในอัตรา 1:1:1 เพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะกล้าพริก และงานวิจัยของ Chumpookam *et al.* (2016) พบว่าการใช้ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก (2:1) ส่งผลให้ต้นกล้ามีลเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GQ2 มีการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งความกว้างของทรงพุ่ม ความสูงของต้น ความกว้าง และความยาวใบ จำนวนใบ รวมทั้งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้นำฝักครามที่มีสีแตกต่างกันไปศึกษาการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดคราม และศึกษาหาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเพาะกล้าครามเพื่อให้ได้ต้นครามที่มีคุณภาพสำหรับผลิตเนื้อครามต่อไป

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**การทดลองที่ 1 ผลของสีฝักครามต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดคราม**

**1.1 การวางแผนการทดลอง**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยนำฝักครามที่มีสีต่างกันจากต้นครามฝักงอก อายุ 170 วัน แล้วนำมาแกะเมล็ดไปทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงตามกรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดครามจากฝักสีเขียวปนน้ำตาล กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดครามจากฝักสีน้ำตาล และกรรมวิธีที่ 3 เมล็ดครามจากฝักสีดำ

**1.2 การตรวจสอบความงอกของเมล็ด**

โดยการสุ่มเมล็ดมาจากฝักของครามแต่ละสี แล้วนำมาเพาะบนกระดาษเพาะ ด้วยวิธีการเพาะแบบ between paper (BP) 100 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ แล้วนำไปวางไว้ในอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบความงอกที่ 4 และ 7 วันภายหลังเพาะ โดยนับจำนวนต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดสด เมล็ดแข็ง และเมล็ดตายตามหลักการประเมินของ ISTA (1993) แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอก ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความงอกจะเท่ากับเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ

**1.3 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ด**

ใช้วิธีการเพาะเมล็ดแบบ between paper (BP) จำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ 4 ซ้ำ วางไว้ในอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบจำนวนต้นกล้าปกติในแต่ละวัน นาน 7 วัน แล้วนำไปคำนวณหาความแข็งแรงของเมล็ดเป็นค่าดัชนีการงอกของเมล็ด (germination index: GI) ดังนี้

$$\text{ดัชนีการงอก} = \text{ผลรวมของ} \left[ \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}} \right]$$

**การทดลองที่ 2 ผลของวัสดุปลูกต่อความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคราม**

**2.1 การวางแผนการทดลอง**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completed Block Design; RCBD) จำนวน 3 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยนำเมล็ดครามจากฝักที่มีความงอก และความแข็งแรงดีที่สุด (ฝักสีน้ำตาล)

นำมาเพาะทดสอบในวัสดุปลูก ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 พีทมอส (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก (1:1:1) โดยปริมาตร และกรรมวิธีที่ 3 ดิน: ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก (1:1:1) โดยปริมาตร

## 2.2 การเตรียมวัสดุปลูก และการเพาะต้นกล้าคราม

การเตรียมวัสดุปลูกสำหรับเพาะต้นกล้าคราม โดยการนำวัสดุมาผ่านการร่อนด้วยตะกร้าพลาสติก เพื่อให้วัสดุเพาะกล้ามี่ขนาดเล็กลง แล้วนำไปผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นนำเมล็ดครามจากฝักสีน้ำตาลที่ผ่านการแช่น้ำ 1 คืน นำมาเพาะในถาดเพาะ จำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม วางไว้ในที่ร่มรำไร พร้อมกับรดน้ำทุกวัน เช้า- เย็น บันทึกผลการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยวัดความสูงของต้น และนับจำนวนใบของต้นกล้าคราม ทุก ๆ 7 วัน จนอายุครบ 28 วัน แล้วนำต้นกล้าครามไปชั่งน้ำหนักสด

## 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )

### ผลการวิจัย

#### การทดลองที่ 1 ผลของสีฝักครามต่อความงอก และ ความแข็งแรงของเมล็ดคราม

ฝักครามที่มีสีต่างกัน ได้แก่ ฝักสีเขียวปนน้ำตาล ฝักสีน้ำตาล และฝักสีดำ นำมาแกะเมล็ด พบว่า เมล็ดมีลักษณะเหลี่ยม โดยสีของเมล็ดครามจากฝักสีเขียวปนน้ำตาลจะมีสีเขียวมากกว่าสีน้ำตาล ส่วนฝักสีน้ำตาล และ ฝักสีดำ เมล็ดจะมีสีน้ำตาล และสีดำมากกว่าสีเขียว โดยสี

ของเมล็ดจะแปรผันตามสีของฝักคราม (Fig.1) เมื่อได้เมล็ดครามจึงนำไปเพาะทดสอบความงอก พบว่า เมล็ดครามที่ได้จากฝักสีน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากที่สุด รองลงมา คือ เมล็ดครามจากฝักสีดำ และฝักสีเขียวปนน้ำตาล พบเปอร์เซ็นต์ความงอก 35.75, 22.00 และ 20.00 ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า เมล็ดครามที่ได้จากฝักสีน้ำตาลจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดครามที่ได้จากฝักสีดำ และฝักสีเขียวปนน้ำตาล ( $P < 0.05$ ) (Table 1) ส่วนความแข็งแรงของเมล็ดคราม พบว่า ฝักครามที่มีสีน้ำตาลจะมีความแข็งแรงมากที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดครามจากฝักสีดำ และ เมล็ดจากฝักครามสีเขียวปนน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงของเมล็ด 7.66, 5.26 และ 4.01 ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า เมล็ดครามที่ได้จากฝักสีน้ำตาลจะมีเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดครามที่ได้จากฝักสีดำ และฝักสีเขียวปนน้ำตาล ( $P < 0.05$ ) (Table 1)

นอกจากนี้ พบว่า เมล็ดครามที่ได้จากฝักสีเขียวปนน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง 8.25 เมล็ดสดพร้อมงอก 39.50 และเมล็ดเสีย 27.25 สำหรับเมล็ดที่ได้จากฝักสีน้ำตาล พบเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง 36.25 เมล็ดสดพร้อมงอก 13.50 และเมล็ดเสีย 8.75 ส่วนเมล็ดที่ได้จากฝักสีน้ำตาล พบเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งมากที่สุด คือ 67.25 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเมล็ดสด พร้อมงอก และเมล็ดเสียพบน้อยที่สุด คือ 7.25 และ 3.25 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) (Table 1)



Fig.1 Green-brown pod of indigo (A) and seed (B), Brown pod (C) and seed (D), Black pod (E) and seed (F)

Table 1 Seed germination, germination index, hard seed, fresh seed and dead seed from different colors pod

Treatments	Germination (%)	Germination Index (GI)	Hard seed (%)	Fresh seed (%)	Dead seed (%)
Green-brown pod	20.00 <sup>b/1</sup>	4.01 <sup>b</sup>	8.25 <sup>c</sup>	39.50 <sup>a</sup>	27.25 <sup>a</sup>
Brow pod	35.75 <sup>a</sup>	7.66 <sup>a</sup>	36.25 <sup>b</sup>	13.50 <sup>b</sup>	8.75 <sup>b</sup>
Black pod	22.00 <sup>b</sup>	5.26 <sup>b</sup>	67.25 <sup>a</sup>	7.25 <sup>b</sup>	3.25 <sup>c</sup>
F-test	*	*	**	**	**
C.V. (%)	24.29	25.97	17.90	20.37	24.73

<sup>1/</sup> Means within a columns followed by the same letter do not different significantly to DMRT

\* = significant at P<0.05 \*\* = significant at P<0.01

**การทดลองที่ 2 ผลของวัสดุปลูกต่อความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคราม**

**2.1 การเพาะเมล็ดครามบนวัสดุปลูก**

การงอกของต้นกล้าครามในวัสดุปลูกพีทมอส (ควบคุม) มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุด คือ 69.00 % รองลงมาได้แก่ เมล็ดครามที่เพาะในดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) และ ดิน : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) มีเปอร์เซ็นต์การงอกของต้นกล้าคราม 56.00 และ 44.00 ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

**2.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าคราม**

การเจริญเติบโตของต้นกล้าครามในด้านความสูง จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักสดของต้นกล้าครามที่อายุ 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน พบว่า การ

เจริญเติบโตของต้นกล้าครามที่เพาะในพีทมอสมีความสูง จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักสดมากที่สุด โดยต้นกล้าที่อายุ 28 วัน มีความสูง 9.55 ซม. มีจำนวนใบ 6.30 ใบ ความยาวราก 9.99 ซม. และน้ำหนักสด 22.75 ก. ส่วนวัสดุปลูกที่ประกอบไปด้วยดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) พบว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าครามดีกว่าการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบไปด้วยดิน : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) (Fig. 2 และ Fig. 3) และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า การใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.01$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุปลูกจากดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) และดิน : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) (Table 3, Table 4 และ Table 5)

**Table 2** Seeding germination on different growing media

Treatments	Seeding germination (%)
Peat-moss (control)	69.00
Soil: rice husk charcoal: manure (1:1:1)	56.00
Soil: coir dust: manure (1:1:1)	44.00
F-test	ns
CV (%)	17.55

Means within a columns followed by the same letter do not differ significantly to DMRT.

ns = non- significant



Fig. 2 Indigo seeding at 28 day on peat-moss (A), soil: rice husk charcoal: manure (B) and soil: coir dust: manure (C)



Fig. 3 Indigo seeding at 28 day on soil : rice husk charcoal : manure (A), peat-moss (B) and soil: coir dust: manure (C)

Table 3 Seeding height of indigo at 14-28 day

Treatments	Seeding height (cm)		
	14 days	21 days	28 days
Peat-moss (control)	3.99 <sup>a/1</sup>	6.94 <sup>a</sup>	9.55 <sup>a</sup>
Soil : rice husk charcoal : manure (1:1:1)	1.92 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	3.91 <sup>b</sup>
Soil : coir dust : manure (1:1:1)	1.76 <sup>b</sup>	2.89 <sup>b</sup>	3.74 <sup>b</sup>
F-test	**	**	**
CV (%)	9.59	9.99	11.66

<sup>1/</sup> Means within a columns followed by the same letter do not different significantly to DMRT.

\*\* = significant at P<0.01

**Table 4** Number of leaves of indigo at 14-28 day

Treatments	Number of leaves per plant		
	14 days	21 days	28 days
Peat-moss (control)	3.84 <sup>a/1</sup>	5.62 <sup>a</sup>	6.30 <sup>a</sup>
Soil : rice husk charcoal : manure (1:1:1)	3.39 <sup>b</sup>	4.10 <sup>b</sup>	4.85 <sup>b</sup>
Soil : coir dust : manure (1:1:1)	3.41 <sup>ab</sup>	4.11 <sup>b</sup>	4.78 <sup>b</sup>
F-test	ns	**	**
CV (%)	5.51	4.43	4.76

<sup>1/</sup> Means within a columns followed by the same letter do not different significantly to DMRT

ns = non- significant, \*\* = significant at P<0.01

**Table 5** Root length and fresh weight of indigo seeding at 28 day

Treatments	Root length (cm)	Fresh weight (g/plant)
Peat-moss (control)	9.99	0.76 <sup>a/1</sup>
Soil : rice husk charcoal : manure (1:1:1)	8.57	0.15 <sup>b</sup>
Soil : coir dust : manure (1:1:1)	8.11	0.17 <sup>b</sup>
F-test	ns	**
CV (%)	14.59	17.93

<sup>1/</sup> Means within a columns followed by the same letter do not different significantly to DMRT

ns = non- significant, \*\* = significant at P<0.01

**วิจารณ์ผลการวิจัย**

การปลูกพืช เมล็ดพันธุ์ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ หากเมล็ดพันธุ์ที่เลือกใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ดี และเป็นเมล็ดที่มีคุณภาพสูงแล้ว ย่อมทำให้การดูแล การจัดการผลิตง่าย และสะดวกขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตย่อมได้รับสูงขึ้นตาม ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพได้มาจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์พืชในระยะเวลาที่เหมาะสม คือ เป็นจุดสมบูรณ์สูงสุดของเมล็ดพืชที่อยู่ในระยะที่เมล็ดยังอยู่บนต้น เรียกว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ระยะนี้เมล็ดจะมีความงอก และความแข็งแรงสูงสุด (Chanprasert, 1999) สำหรับครามเป็นพืชที่มีการสุกแก่ของเมล็ดแบบไม่พร้อมกัน โดยฝักบริเวณส่วนโคนต้นจะแก่ก่อน ขณะที่ฝักบนยัง

**ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562**

เขียวอยู่ ลักษณะของฝักอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวยเข้ม สีเขียวปนน้ำตาล สีนํ้าตาล และสีดำ ตามลำดับ (Teanglum, 2012) การเก็บเกี่ยวเมล็ดครามที่มีคุณภาพ เพื่อนำไปใช้สำหรับปลูกในฤดูต่อไปจึงเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่ง จากผลการทดลองนำเมล็ดครามจากฝักที่มีสีแตกต่างกัน ได้แก่ ฝักสีเขียวปนน้ำตาล ฝักสีน้ำตาล และฝักสีดำ พบว่า เมล็ดที่ได้จากฝักครามสีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงมากที่สุด แสดงว่าเมล็ดครามมีความสามารถในการงอกได้เร็ว และเก็บรักษาได้นานมากกว่าเมล็ดที่ได้จากฝักครามสีเขียวปนน้ำตาล และเมล็ดจากฝักครามสีดำ (Jaihan, 2008) ดังนั้น การเก็บเกี่ยวเมล็ดครามที่เหมาะสม ควรเก็บในระยะที่ฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากลักษณะ

โครงสร้างของเมล็ดครามมีเปลือกหนา เมล็ดแข็ง ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเยื่อหุ้มเมล็ด จึงส่งผลให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงต่ำ เรียกว่า เมล็ดมีการพักตัว ซึ่งการพักตัวของเมล็ด หมายถึง เมล็ดพันธุ์มีชีวิตแต่ไม่สามารถงอกได้ในสภาพแวดล้อม และปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ชนิดนั้น จึงจำเป็นต้องทำลายการพักตัว ดังนั้น การทดลองที่ 2 จึงได้นำเมล็ดครามจากฝักสีน้ำตาลมาผ่านการแช่น้ำ 1 คืน เพื่อให้สามารถซึมผ่านเข้าไปในเมล็ด (Duangpatra, 1986) และทำลายการพักตัวของเมล็ดก่อน จึงนำเมล็ดไปเพาะทดสอบการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามในวัสดุเพาะต่างชนิด ผลการทดลองพบว่าวัสดุเพาะที่ทำให้เมล็ดครามมีเปอร์เซ็นต์การงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามดีที่สุด คือ พีทมอส เนื่องจากพีทมอสมีคุณสมบัติที่ทั้งทางกายภาพ และเคมีที่เหมาะสมต่อการเป็นวัสดุเพาะกล้าที่ดี คือ มีน้ำหนักเบา สะอาด อุ่นน้ำ และระบายน้ำได้ดี มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต และสะดวกสำหรับการนำไปใช้ รองลงมาคือ ดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) และดิน : ชุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:1:1 (v/v) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thowanna *et al.* (2008) พบว่าการใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ ทำให้มะเขือเทศมีการงอกดีที่สุด คือ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเท่ากับ 99.46 รองลงมา คือ การผสมระหว่างพีทมอสกับชุยมะพร้าว อัตรา 1:1 ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเท่ากับ 98.92 และการใช้ชุยมะพร้าว : แกลบดำ : filter cake (1:1:1) ทำให้มะเขือเทศมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเท่ากับ 93.48 ตามลำดับ ส่วนการใช้ดิน : แกลบเผา : ปุ๋ยคอก และดิน : ชุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก เป็นส่วนผสมในวัสดุปลูกในอัตรา 1:1:1 (v/v) จากงานวิจัยนี้ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามจากการใช้วัสดุดังกล่าวมีความสูงของต้น จำนวนใบ และน้ำหนักสดของต้นกล้าต่ำกว่าการใช้พีทมอส เนื่องจากชุยมะพร้าว และแกลบเผาเป็นวัสดุที่มีการอุ้มน้ำที่ดี อาจทำให้วัสดุดังกล่าวมีการอุ้มน้ำที่มากเกินไป และการอัดตัว

กันแน่นจนเกินไป ทำให้มีช่องว่างสำหรับแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากพืชมีน้อย (Nuntagit, 1996) ซึ่งวัสดุปลูกที่ดี เมื่อนำมาใช้ควรมีอัตราส่วนของน้ำ และอากาศประมาณ 50:50 ไม่มีการอัดตัว ไม่มีการยุบตัวเมื่อเปียกน้ำ และเมื่อใช้ไปนานๆ รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก (Kietnontapat and Aroonrungsikul, 2012) ดังนั้น จึงอาจนำไปปรับใช้สำหรับการผสมเป็นวัสดุปลูกสำหรับเพาะกล้าครามต่อไป ดังงานวิจัยของ Tuyham *et al.* (2013) พบว่าการใช้ใบไม้หมัก: กาบมะพร้าวสับ: แกลบเผา: ปุ๋ยคอก อัตรา 2:1:1:1 โดยปริมาตร ทำให้คะแนนการเจริญเติบโต และผลผลิตดีที่สุด และงานวิจัยของ Kietnontapat and Aroonrungsikul (2012) พบว่าการใช้ใบไม้ผุมาเป็นส่วนผสมในวัสดุปลูกต้นกล้าผักขาว คือ ดิน : ใบไม้ผุ : ชี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยคอก อัตรา 1:2:2:1 ทำให้ต้นกล้าผักขาวมีความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักรากสดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่ไม่มีใบไม้ผุ คือ ดิน : ชี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยคอก อัตรา 2:3:1 และ ดิน : ชี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยคอก อัตรา 2:2:1 และงานวิจัยของ Nooprom (2016) พบว่า การใช้ทรายหยาบ : ชุยมะพร้าว : ชี้เถ้าแกลบ (1:1:1) ส่งผลให้ต้นกล้าคะน้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด รวมทั้งงานวิจัยของ Chumpookam *et al.* (2016) พบว่าการใช้ชุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก (2:1) ส่งผลให้ต้นกล้ามันเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GO2 มีการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งความกว้างของทรงพุ่ม ความสูงของต้น ความกว้าง และความยาวใบ จำนวนใบ รวมทั้งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งดีที่สุด

#### สรุปผลการวิจัย

เมล็ดจากฝักครามสีน้ำตาลเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงดีที่สุด คือ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 35.75 และเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงเท่ากับ 7.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเพาะกล้าคราม คือ พีทมอส ซึ่งทำ

ให้ต้นกล้าครามมีการงอกเท่ากับ 69.00 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งความสูง จำนวนใบและน้ำหนักทั้งต้นของกล้าครามที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 9.55 เซนติเมตร 6.30 ใบ และ 0.76 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ดังนั้น เมล็ดครามที่มีความเหมาะสมที่สุดในการเก็บเป็นเมล็ดพันธุ์ คือ ครามฝักแห้งที่มีฝักสีน้ำตาล และวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเพาะกล้าคราม คือ พีทมอส

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สำหรับทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- Aobchey, P., Sinchaikul S., Phutrakul S. and Chen, S.T. 2007. Simple Purification of Indirubin from *Indigofera tinctoria* Linn. And Inhibitory Effect on MCF-7 Human Breast Cancer Cell. *Chiang Mai J. Sci.* 34(3): 329-337.
- Chanprasert, W. 1999. *Field Crop Seed Technology*. 1st edition. Kasetsart University Publishing company. Bangkok. 276 pp. (in Thai)
- Chumpookam, J., Takaew, S. and Chanchula, N. 2016. Effect of growing media on the germination, survival and seeding growth of 'Vietnam GQ2' Mulberry. *Thai J. of Sci. and Tech.* 5(3): 283-295. (in Thai)
- Duangpatra, J. 1986. *Seed Testing and Analysis*. Agricultural B., Bangkok. 195 pp. (in Thai)
- Jaihan, P. 2008. Effects of cultivars, planting areas and harvesting ages on seed storage quality of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) Master of Science in Seed Technology. Mae Jo University, Chiang Mai. 103 pp. (in Thai)
- Kietnontapat, N. and Aroonrungsikul, C. 2012. Soil base media for the seeding growth and root emergence of Gac Fruit. *Agricultural Sci. J.* 43(2) (Suppl): 305-308. (in Thai)
- Naemsai, P. 2003. Effect of seeding media on the growth of vegetable seeding. Master of Science in Horticulture. Maejo University, Chiang Mai. 107 pp. (in Thai)
- Nooprom, K. 2016. Effect of substrate media from agricultural residues on germination and seeding growth of Broccoli (*Brassica aleracea* L. var. *italica*). *Proceedings of the 6th Phuket Rajabhat University National and Academic Conference*. K. Suwanpimol (Ed.). Phuket, Thailand. pp.1172-1177. (in Thai)

- Nuntagit, I. 1996. Soiless Culture. Faculty of Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabung, Bangkok. 146 pp. (in Thai)
- Saithong, A. 2000. Chemical from Indigo and pharmacological activity. [online]. [Accessed October 10, 2013]. Available from: URL: <http://kram.snru.ac.th/components/contents/view.php?id=147>. (in Thai)
- Srisamran, J., Wimolsujarit, B., Supama, Y., Srisawangwong, W., Saisupan, P. and Kattiyapathimech, N. 2015. Research and development on Indigo in Sakon Nakhon Province. Agriculture Research and Development Center, Department of Agriculture. Bangkok. 29 pp. (in Thai)
- Sukhvibul, N., Charoenkid, S., Yatharach, S., Kait-anan, K., Sangpatnate, S., Kaenhom, P. and Chai-ai, P. 2013. The technology of quality pepper production in the upper northern region. Office of Agricultural Research and Development Region 1. Department of Agriculture. Chiang Mai. 82 pp. (in Thai)
- Teanglum, A. 2012. A Study on Botanical characteristics of Indigo plant (*Indigofera tinctoria* L.) concerning its leaf yields, color quantity and dry dye. *Khon Kaen Agr. J.* 40(1): 47-52. (in Thai)
- Thowanna, C., Lapjit, C. and Techawongstien, S. 2008. Effect of substrate media on seeding growth of tomato. *Agricultural Sci. J.* 39(3) (Suppl): 281-284. (in Thai)
- Tuyharn, S., Praiswan, K., Jantasri, R. and Pimratch, S. 2013. Study of the suitable soil-based growing media for Chinese Kale (*Brassica alboglabra*). *Prawarun Agr. J.* 10(2): 117-124. (in Thai)
- Wiwacharn, P., Boonman, S., Yowabut, P., Sangsiri, C. and Kajonphol, T. 2015. Growing indigo (*Indigofera tinctoria* L.) in Mulberry fields with intercropping system for enhance income of Sericulture's farmer in Sakon Nakhon Province. Proceeding of the 53rd Kasetsart University Academic. Bang Khan, Bangkok.

## การศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของุ่นทำไวน์พันธุ์ ‘Syrah’ บนต้นตอของุ่นพันธุ์ต่างๆ

ศุภกร ศรีไทย\* นเรศ ศิริเกษร, อานัฐ ตันโซ และ ชินพันธ์ ธนารุจ

ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

### บทคัดย่อ

องุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ ‘Syrah’ เป็นองุ่นที่ได้รับความนิยมในการปลูกเพื่อผลิตไวน์พันธุ์หนึ่งของประเทศไทย แต่เนื่องจากยังพบว่า องุ่นมีปัญหาเรื่องการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ไม่มากและไม่มีความสม่ำเสมอ จึงได้ทำการศึกษาการใช้ต้นตอของุ่นสายพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของุ่นทำไวน์พันธุ์ ‘Syrah’ ให้ดีขึ้น โดยใช้กิ่งองุ่นพันธุ์ ‘Syrah’ เสียบยอดเสียบลิ้มกับต้นตอของุ่นสายพันธุ์ ‘5 BB’, ‘125 AA’, ‘1103 P’, ‘5 C’, ‘110 R’, ‘IAC 572’, ‘1613 C’ และมีกิ่งปักชำองุ่น พันธุ์ ‘Syrah’ เป็นตัวเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โดยทำการทดลองที่ ตำบลห้วยแก้ว อำเภอแม่อน จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ผลการทดลองพบว่า องุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ ‘Syrah’ ที่เสียบยอดบนต้นตอของุ่นพันธุ์ ‘5 BB’ มีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: องุ่นต้นตอ, องุ่นทำไวน์, การเสียบยอด

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sri\_srithai@hotmail.com

---

## Study Vegetative Growth and Yield Production of ‘Syrah’ Wine Grape on Different Rootstocks

---

Suphakorn Srithai<sup>\*</sup>, Naras Sirigasorn, Arnat Tancho and Chinnapan Thanarut

*Division of Horticulture, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand*

### Abstract

‘Syrah’ wine grape is popular planting in Thailand. But problem of ‘Syrah’ (cv.) is vegetative growths and yields production is not to high and stable. This research study different rootstock with ‘Syrah’ for more vegetative growths and yields better. Grafting ‘Syrah’ (cv.) on different rootstocks there are ‘5 BB’, ‘125 AA’, ‘1103 P’, ‘5 C’, ‘110 R’, ‘IAC 572’, ‘1613 C’ and ‘Syrah own root’ for standard check. Study at Sub district Mae on Chiang Mai. The results vegetative growths and yields production analysis found that ‘Syrah’ (cv.) grafted on ‘5 BB’ is better than another

**Keywords:** Rootstock, grapevine, grafting

---

\*  
corresponding author: E-mail: sri\_srithai@hotmail.com

บทนำ

องุ่นเป็นพืชที่อยู่ในสกุล *Vitis* ซึ่งในสกุลนี้แบ่งเป็น 2 สกุลย่อย (Sub-genus) คือ *Evitis* และ *Muscadinia* (Robinson, 1999) องุ่นเป็นไม้เลื้อยที่มีอายุยืน มีมือจับหรือหนวดเพื่อยึดเกาะ มีแหล่งกำเนิดในแถบอากาศอบอุ่น และยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศหนาวถึงเขตกึ่งร้อน โดยถิ่นกำเนิดขององุ่นคือเอเชียไมเนอร์ (Chinnapan, 2015) ซึ่งมีภูมิอากาศอบอุ่น อุณหภูมิระหว่าง 10 - 20 °ซ หรืออยู่ระหว่างเส้นแวง (Latitude) ที่ 20 - 51 องศาเหนือ และ 20 - 40 องศาใต้ เป็นภูมิอากาศแถบคอเคซัส (Caucasus) และเป็นแหล่งกำเนิดขององุ่นทำไวน์ชนิด *Vitis vinifera* (Nantakorn, 2003)

องุ่นพันธุ์ ‘Syrah’ เป็นองุ่นทำไวน์แดงที่มีผลสีแดงเข้มถึงดำ มีกลิ่นพริกไทย เครื่องเทศ และผลไม้ (Goldammer, 2018) เป็นองุ่นที่มีคุณภาพในการทำไวน์ที่ดี มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่หลากหลาย มีการเจริญเติบโตได้ดีและทนทานต่อโรคผลสีเข้ม มีแทนนิน (Tannin) สูง ซ่อและผลเล็ก แต่อ่อนแอต่อไรแดงและไรขาว และโรคราสีเทาซึ่งจะระบาดในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต อีกทั้งยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ในดินที่ไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ (Robinson, 1999)

สำหรับการปลูกองุ่นทำไวน์ในประเทศไทยได้มีรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2535 รัฐบาลไทยได้อนุญาตให้ประชาชนผลิตไวน์ได้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 ได้มีโรงงานไวน์แห่งแรกเกิดขึ้นที่ อำเภอกูเรือ จังหวัดเลย (Sukchoo and BoonSiri, 2006) และต่อมาได้มีการปลูกองุ่นทำไวน์และโรงงานผลิตไวน์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีไร่องุ่นสำหรับผลิตไวน์และโรงงานไวน์ขนาดใหญ่ประมาณ 7 แห่ง ซึ่งทุกแห่งมีการปลูกองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ ‘Syrah’ เป็นส่วนใหญ่

การขยายพันธุ์องุ่นปัจจุบันนิยมใช้วิธีการตัดตาหรือเปลี่ยนยอด เพราะสามารถคงลักษณะพันธุ์เดิมเอาไว้ได้ (Sanan, 1983) โดยจะใช้ต้นตอเพื่อให้มีระบบรากที่แข็งแรงและทนทานต่อปัญหาต่างๆ ในดิน ทั้งที่มีสาเหตุจากสิ่งมีชีวิต เช่น แมลงกัดกินราก *Phelloxera* ไส้เดือนฝอย และปัญหาที่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น สภาพดินที่ไม่เหมาะสม ดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง ดินด่าง ดินปูนหรือดินที่มีสภาพแห้งแล้งและชื้นและการระบายน้ำไม่ดี นอกจากนี้การใช้ต้นตอที่เหมาะสมยังช่วยในเรื่องของการปรับตัวของต้นพันธุ์ดีให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ เช่น สามารถปรับตัวให้เข้ากับอากาศร้อน หรือหนาว และที่สำคัญคือ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีได้ (Coombe and Dry, 1988) นอกจากนี้การใช้ต้นตออย่างส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ดีทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการออกดอกและการติดผล (Nilnond, 2012) แม้ว่าการนำต้นตอมาใช้ในการขยายพันธุ์จะมีข้อดีหลายประการ แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของอิทธิพลของต้นตอที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การให้ผลผลิต การสุกแก่ และคุณภาพของผล เช่น น้ำหนักช่อ น้ำหนักผล ขนาดผล สีผิว การให้ปริมาณน้ำต่อเนื้อ กลิ่น และคุณภาพองค์ประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรด - ด่าง ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ปลูก (Robinson, 1999) ดังนั้นการใช้ต้นตอที่มีความเหมาะสมกับต้นพันธุ์จึงมีความสำคัญมากต่อการผลิตองุ่นทำไวน์ จำเป็นต้องมีการทดลองก่อนการปลูกจริงในแต่ละพื้นที่ (Main *et al.*, 2002)

การปลูกองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ ‘Syrah’ ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ปลูกโดยใช้องุ่นต้นตอ 2 สายพันธุ์คือ ‘IAC 572’ และ ‘1613 couderc’ ใช้วิธีขยายพันธุ์ด้วยการตัดตาและการเปลี่ยนยอด ข้อดีของต้นตอพันธุ์ ‘1613 couderc’ คือ มีความสามารถในการเข้ากันได้ (compatibility) กับองุ่นสายพันธุ์ดีที่นำมาติดตาหรือเปลี่ยนยอดได้ดี (Galet, 1998) และเป็นองุ่นต้นตอที่มีการนำมาปลูกในประเทศไทยเป็นระยะเวลานานมากกว่า

60 ปี (Nilnond, 2012) ทำให้มีการปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศในประเทศไทยได้ดี แต่ข้อเสียขององุ่นต้นตอพันธุ์ '1613 couderc' คือ หลังจากทำการติดตาหรือเปลี่ยนยอดเป็นองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' เมื่อมีอายุประมาณ 5 ปี จะเริ่มมีปัญหาเรื่องผลผลิตลดลงและมีอัตราการตายของต้นเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องทำการปลูกซ่อมอย่างต่อเนื่อง ส่วนองุ่นต้นตอพันธุ์ 'IAC 572' มีข้อดีคือมีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง แต่ข้อเสียคือปริมาณการให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น การทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาลายพันธุ์ต้นตอองุ่นสายพันธุ์ใหม่ๆ เพื่อแก้ปัญหาการผลิตองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ดังกล่าว

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้ทำการทดลองที่ตำบลห้วยแก้ว อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการเสียบยอดองุ่นพันธุ์ 'Syrah' โดยวิธีเสียบลิ้มบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '5 BB', '125 AA', '1103 P', '5 C', '110 R', 'IAC 572', '1613 C' และกิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ 'Syrah' เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ใช้ระบบการจัดการค้ำแบบตัววาย (Y-shaped) ระยะปลูกระหว่างแถว 3 ม. ระหว่างต้น 1.50 ม. วิธีการจัดการทรงต้นทำโดยหลังจากที่องุ่นแตกตาแล้วทำการเลี้ยงดั้งให้ตั้งตรงแล้วทำการตัดยอดที่ระดับความสูง 110 ซม. เพื่อบังคับให้เกิดการสร้างแขนองุ่น (Arm) ซึ่งรูปแบบการจัดการค้ำแบบตัววาย ต้องการแขนทั้งหมด 4 แขน เมื่อได้แขนแล้วทำการดึงแขน (Arm) ออก 2 แขน ด้านซ้ายและด้านขวา แล้วทำการตัดยอดที่ความยาวข้างละ 75 ซม. เพื่อบังคับให้เกิดการสร้างกิ่งสมบุรณ์ (spur) (Fig.1) ทำการบันทึกการเจริญเติบโต จำนวนแขน จำนวนกิ่งสมบุรณ์ และพื้นที่ใบขององุ่นทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' บนต้นตอองุ่นพันธุ์ต่าง ๆ

หลังจากต้นองุ่นแตกกิ่ง (spur) ให้แล้วทำการเลี้ยวกิ่งองุ่นให้สมบูรณ์โดยมีการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

ทางระบบน้ำหยด เมื่อกิ่งองุ่น (spur) มีอายุได้ 120 วัน หรือกิ่งเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้ม (Fig.2) จึงทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อตรวจเช็คการให้ผลผลิต โดยทำการตัดแต่งกิ่งให้เหลือจำนวนตาที่เท่ากัน ทำโดยนับตาจากกิ่งสมบุรณ์ (spur) ที่แตกมาจากกิ่งแขน (Arm) จำนวน 6 ตาเท่ากัน ทุกกิ่ง หลังจากองุ่นแตกตาจึงทำการบันทึก จำนวนชอน้ำหนักช่อ และผลผลิตต่อต้น นำข้อมูลต่างๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Sirichai verion 6 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test

#### ผลการวิจัย

การให้แขน (Arm) พบว่าองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '110 R', '1103 P' และ '5 BB' มีการให้จำนวนแขนต่อต้นดีที่สุดที่ 4.00, 3.75 และ 3.50 แขน รองลงมาได้แก่องุ่นต้นตอพันธุ์ 'IAC 572', '5 C', '1613 C' และ กิ่งปักชำองุ่นทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' ที่ 3.25, 3.00, 2.75 และ 2.75 แขน/ต้น ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นตอองุ่นพันธุ์ '125 AA' ที่ 2.00 แขน/ต้น (Table 1)

กิ่งสมบุรณ์ (spur) พบว่า องุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '5 BB' มีการให้กิ่งสมบุรณ์ต่อต้นมากที่สุดที่ 15.00 กิ่ง/ต้น รองลงมาได้แก่ ต้นตอองุ่นพันธุ์ '110 R', '1103 P', กิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ 'Syrah', '5 C' และ '1613 C' ที่ 14.25, 13.00, 12.75, 11.50 , 12.75, 11.50 และ 10.50 กิ่ง/ต้น ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นตอองุ่นพันธุ์ '125 AA' ที่ 8.00 กิ่ง/ต้น (Table 1)

พื้นที่ใบ/ต้น (Leaf area) พบว่า องุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '5 BB', '110 R' และ '5 C' มีพื้นที่ใบมากที่สุด ที่ 17,725.55, 17,471.53 และ 16,955.37 ตร.ซม. ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับต้นตอองุ่นพันธุ์ 'IAC 572', กิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ 'Syrah', '1103 P',

'1613 C' และ '125 AA' ที่ 14,774.42, 13,654.03, 13,642.26, 11,273.47 และ 10,863.57 ตร.ซม. ตามลำดับ (Table 1)

จำนวนช่อ (Cluster) พบว่า องุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '110 R' และ '5 BB' มีจำนวนช่อ/ต้นมากที่สุด คือ 18.00 และ 17.75 ช่อ/ต้น ตามลำดับ รองลงมาคือต้นตอองุ่นพันธุ์ 'IAC 572', '1103P', '1613 C', '5 C' คือ 14.50, 14.00, 13.25 และ 10.75 ช่อ/ต้น ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ กิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ 'Syrah' และต้นตอองุ่นพันธุ์ '125 AA' คือ 5.75 และ 5.25 ช่อ/ต้น ตามลำดับ (Table 1)

น้ำหนักต่อช่อ พบว่าองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '5 BB' มีน้ำหนัก/ช่อมากที่สุดที่ 117.69 กรัม/ช่อ รองลงมาได้แก่ ต้นตอองุ่นพันธุ์ '125 AA' คือ 97.20 กรัม/ช่อ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับต้นตอองุ่นพันธุ์ '1103 P', '110 R', 'IAC 572', '5 C', '1613 C' และ กิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ 'Syrah' คือ 87.67, 85.48, 71.31, 71.12, 70.38 และ 49.84 กรัม/ช่อ ตามลำดับ (Table 1)

ผลผลิต/ต้น พบว่า ปริมาณผลผลิตองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอองุ่นพันธุ์ '5 BB' มีผลผลิตต่อต้นที่ดีที่สุด คือ 2,087.22 กรัม/ต้น รองลงมาคือ '110 R', '1103 P' และ 'IAC 572' ที่ 1,538.10, 1,227.66 และ 1,033.85 กรัม/ต้น ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับต้นตอองุ่นพันธุ์ '1613 C', '5 C', '125 AA' และกิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ 'Syrah' ที่ 932.53, 764.51, 510.30 และ 286.52 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 1)

### Training

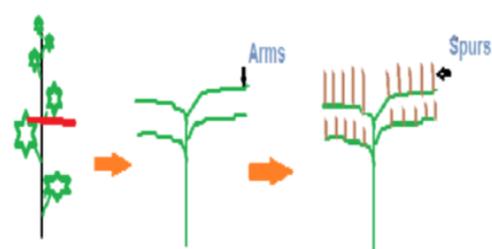


Fig.1 Y-shaped trellis system



Fig.2 Spur for pruning

**Table 1** Vegetative growth and yield analysis of grafted 'Syrah' on different rootstocks

Treatment Syrah on	Arm/plant (arm)	Spur/plant (spur)	Leaf area/plant (cm <sup>2</sup> )	Cluster No./plant (cluster)	weight/ Cluster (g)	Yield/plant (g)
5 BB	3.5 <sup>a</sup>	15.00 <sup>a</sup>	17,725.55 <sup>a</sup>	17.75 <sup>a</sup>	117.69 <sup>a</sup>	2,087.22 <sup>a</sup>
125 AA	2.00 <sup>b</sup>	8.00 <sup>b</sup>	10,863.57 <sup>c</sup>	5.25 <sup>b</sup>	97.20 <sup>ab</sup>	510.30 <sup>bc</sup>
1103 P	3.75 <sup>a</sup>	13.00 <sup>ab</sup>	13,642.26 <sup>b</sup>	14.00 <sup>ab</sup>	87.67 <sup>bc</sup>	1,227.66 <sup>abc</sup>
5 C	3.00 <sup>ab</sup>	11.50 <sup>ab</sup>	16,955.37 <sup>a</sup>	10.75 <sup>ab</sup>	71.12 <sup>cd</sup>	764.51 <sup>bc</sup>
110 R	4.00 <sup>a</sup>	14.25 <sup>ab</sup>	17,471.53 <sup>a</sup>	18.00 <sup>a</sup>	85.48 <sup>bc</sup>	1,538.10 <sup>ab</sup>
IAC 572	3.25 <sup>ab</sup>	10.00 <sup>ab</sup>	14,774.42 <sup>b</sup>	14.50 <sup>ab</sup>	71.31 <sup>cd</sup>	1,033.85 <sup>abc</sup>
1613 C	2.75 <sup>ab</sup>	10.50 <sup>ab</sup>	11,273.47 <sup>c</sup>	13.25 <sup>ab</sup>	70.38 <sup>cd</sup>	932.53 <sup>bc</sup>
Syrah own root	2.75 <sup>ab</sup>	12.75 <sup>ab</sup>	13,654.03 <sup>b</sup>	5.75 <sup>b</sup>	49.84 <sup>d</sup>	286.58 <sup>c</sup>
F-test	**	*	**	*	**	**
C.V. (%)	3.12	24.27	5.74	45.91	12.86	48.88

**Note:** Letters within columns indicate least significant differences at \*\* =  $p \leq 0.01$ , \* =  $p \leq 0.05$

### วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษา พบว่า ฝรั่งทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอฝรั่งพันธุ์ '5 BB', '5 C' และ '110 R' มีจำนวนแขน (Arm) ต่อด้าน จำนวนกิ่ง (spur) ต่อด้านและพื้นที่ใบต่อด้านมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างจากต้นตอฝรั่งสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าต้นตอฝรั่งพันธุ์ '5 BB', '5 C' และ '110 R' เป็นต้นตอฝรั่งที่มีความแข็งแรงสูง จึงส่งผลให้ฝรั่งต้นพันธุ์ 'Syrah' ที่นำมาเสียบยอด มีการเจริญเติบโตดีกว่า แตกต่างจากฝรั่งทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดอยู่บนต้นตอฝรั่งพันธุ์อื่นๆ และแสดงให้เห็นได้ว่าการใช้ต้นตอฝรั่งพันธุ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของฝรั่งทำไวน์ 'Syrah' ที่แตกต่างกันไป ทั้งทางด้าน การเจริญเติบโต การแตกกิ่ง การออกดอก และการให้ผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pool *et al.* (2005) ที่ทำการศึกษาการใช้ต้นตอฝรั่งจำนวน 20 สายพันธุ์กับฝรั่งทำไวน์พันธุ์ 'Chardonnay' พบว่า การใช้

ต้นตอฝรั่งพันธุ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของฝรั่งพันธุ์ 'Chardonnay' ต่างกัน สำหรับการให้ผลผลิตพบว่า ฝรั่งทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ มีปริมาณการให้ผลผลิตที่ดีกว่า กิ่งฝรั่งปักชำพันธุ์ 'Syrah' ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Li *et al.* (2016) ที่ทำการทดลองการใช้ต้นตอฝรั่งกับฝรั่งทำไวน์พันธุ์ 'Cabernet Sauvignon' โดยใช้ต้นตอฝรั่งจำนวน 7 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับกิ่งฝรั่งปักชำพันธุ์ 'Cabernet Sauvignon' พบว่า การให้ผลผลิตของฝรั่งพันธุ์ 'Cabernet Sauvignon' บนต้นตอฝรั่งมีปริมาณผลผลิตที่ดีกว่า และจากผลการทดลอง ฝรั่งทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' ที่เสียบยอดบนต้นตอฝรั่งพันธุ์ '5 BB' มีอัตราการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมากที่สุด เป็นผลมาจากความแข็งแรงของต้นตอฝรั่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตทำให้ฝรั่งต้นพันธุ์สามารถให้ผลผลิตมากขึ้นตามมาด้วย (Kurtural *et al.*, 2013) แต่ความแข็งแรงของต้นตอฝรั่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ จากงานวิจัยของ Main *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาการใช้

ต้นตอองุ่นจำนวน 4 สายพันธุ์ กับองุ่นทำไวน์พันธุ์ 'Chardonel' แตกต่างกัน 2 พื้นที่ พบว่า องุ่นทำไวน์พันธุ์ 'Chardonel' มีการให้ผลผลิตที่แตกต่างกันบนต้นตอองุ่นที่ต่างกันในพื้นที่ที่ต่างกัน จะเห็นว่าการใช้ต้นตอองุ่นกับองุ่นทำไวน์มีความสัมพันธ์กันในเรื่องการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตที่แตกต่างกันในพื้นที่ที่ต่างกัน จากข้อมูลที่ศึกษาจึงสรุปได้ว่าต้นตอองุ่นพันธุ์ '5 BB' มีความเหมาะสมกับองุ่นทำไวน์แดงพันธุ์ 'Syrah' ในพื้นที่อำเภอแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ เพราะมีการเจริญเติบโตและมีการให้ผลผลิตที่ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์คณะผลิตกรรมการเกษตร สาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้คำแนะนำการทำงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- Chinnapan, T. 2015. Grapes grape production techniques to improve quantity and quality. Division of Horticulture, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai. 1-74 (in Thai)
- Coombe, B. G. and Dry, P.R. 1988. Viticulture volume 1 resources. Australia: National Library of Australia.
- Galet, P. 1998. Grape varieties and rootstock varieties. France: Oenoplurimedia.
- Goldammer, T. 2018. Grape Grower's Handbook. [online]. [August 19, 2018]. Available form: URL: [http://wine-grape\\_growing.com/wine\\_grape\\_growing/wine\\_grape\\_varieties/wine\\_grape\\_varieties\\_european.htm](http://wine-grape_growing.com/wine_grape_growing/wine_grape_varieties/wine_grape_varieties_european.htm)
- Kurtural, S.K., Wessner, L.F. and Dervishian, G. 2013 Vegetative compensation response of a procumbent grapevine (*Vitis vinifera* cv. Syrah) cultivar under mechanical canopy management. Hort. Sci. 48(5): 576-583.
- Li, M.M., Yuan, J.W., Liu, C.J., Han, B., Huang, J.Z., Guo, Z.J. and Zhao, S.I. 2016. Effects of rootstock on the growth and berry quality of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevine in Changli zone, Hebei Province, China. The journal of applied ecology. 27(1): 59-63
- Main, G., Morris, J. and Striegler, K.l. 2002. Rootstock effects on chardonel productivity, fruit and wine composition. American Journal of Enology and Viticulture. 53: 37-40.
- Nantakorn, B. 2003. Vineyard manual. Suranaree University Printing: Nakornratchasima. 1-121. (in Thai)
- Nilnond, S. 2012. Grape production and wine making technology. Department of Horticulture. Faculty of Agriculture, Kasetsart University. Bangkok (in Thai)

Pool, B., Lerch, S., Howard, G., Johnson, T. and Weimann, D. 2005. Rootstock for planting or replanting New York vineyards. Dept. Hort. Sci. NY State Agricultural Experiment Station, Cornell University.

Robinson, J. 1999. Vines Grapes and Wines. London: Octopus Publishing Group Limited 1986.

Sanan, K. 1983. Principles and methods of plant propagation. Funny publishing: Bangkok. (in Thai)

Sukchoo, S. and BoonSiri, S. 2006. Wine Thai New Latitude Wine. [online]. [Accessed November 8, 2015]. Available form: URL: <http://info.gotomanager.com/news/details.aspx?id=53300> (in Thai)

---

## การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างต้นจอกกับฟางข้าวต่อผลผลิตเห็ดฟาง ที่เพาะในตะกร้าพลาสติก

---

อมรรัตน์ อุประป๋วย, อรพิน เสละคร, ธันวมาส กาศสนุก และ คงเดช พะสีนาม\*

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างต้นจอกกับฟางข้าวสำหรับใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) แบ่งออกเป็น 5 สิ่งทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ โดยใช้อัตราส่วนวัสดุเพาะแตกต่างกัน ได้แก่ 1) จอกแห้ง 100% 2) จอกแห้ง 75% : ฟาง 25% 3) จอกแห้ง 50% : ฟาง 50% 4) จอกแห้ง 25% : ฟาง 75% และ 5) ฟาง 100% ผลการวิจัยหลังจากเพาะเห็ดฟางเป็นเวลา 13 วัน และเก็บผลผลิตเป็นเวลา 15 วัน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้ฟางข้าว 100% ให้น้ำหนักรวมของดอกเห็ดฟางเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 740.46 กรัม จำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยสูงสุด 14.56 ดอกต่อตะกร้า น้ำหนักต่อดอกเฉลี่ย 12.81 กรัมต่อดอก และขนาดเส้นรอบวงเฉลี่ยมากที่สุด 12.44 เซนติเมตรต่อดอก ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** เห็ดฟาง ต้นจอก วัสดุเพาะ และ ผลผลิตของเห็ดฟาง

---

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: phasinam@psru.ac.th

---

## Study of Ratio between Water Lettuce and Rice Straw on Production Yield of Straw Mushroom (*Volvariella volvacea*) Grown in Plastic Basket

---

Amornrat Urapui, Orapin Selakorn, Thanwamas Kassanuk and Khongdet Phasinam<sup>\*</sup>

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

### Abstract

The objective of this study aimed to investigate the optimum ratio of cultivation material on production yield of straw mushroom grown in plastic basket. The experiment was conducted in complete randomized design (CRD) with 4 replications. The experiment consisted of 5 treatments as followed: 1) 100% water lettuce, 2) water lettuce and rice straw with ratio – 75 : 25, 3) water lettuce and rice straw with ratio – 50 : 50, 4) water lettuce and rice straw with ratio – 25 : 75 and 5) 100% rice straw. The incubation period was 13 days and harvest at 15 days. The result showed that 100% rice straw gave the highest of yield of fruiting body (740.46 g/basket), number of fruiting body/basket (14.56), yield of fresh weight (12.81 g/stage), and diameter of fruiting body (12.44 cm/stage). Statistical analysis showed significant different on cultivation using water lettuce and rice straw ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** Straw mushroom, Water lettuce, Cultivation material and Fruiting body

---

\* Corresponding author: E-mail: phasinam@psru.ac.th

บทนำ

เห็ดฟางหรือ Straw mushroom (*Volvariella volvacea*) เป็นเห็ดที่มีรสชาติอร่อยและสามารถประกอบอาหารได้หลากหลาย เป็นที่นิยมของผู้บริโภค และมีคุณค่าทางอาหารสูงเมื่อเทียบกับพืชผักชนิดอื่น (Tudses *et al.*, 2018; Zikriyani *et al.*, 2018) วิธีการเพาะเห็ดฟางมีหลายวิธี ได้แก่ การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูง การเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ย การเพาะในโรงเรือนปิด และการเพาะเห็ดฟางในตะกร้า เป็นต้น (Somsook, 2010) อย่างไรก็ตามวัตุดิบที่นำมาใช้ในการเพาะเห็ดฟางที่มีความเหมาะสม ควรเก็บอย่างดีโดยไม่เปียกชื้น และไม่เกิดเชื้อรา หากวัสดุเพาะมีความเหมาะสมจะส่งผลให้ได้ผลผลิตของเห็ดฟางดี และมีปริมาณของผลผลิตสูง โดยวัสดุที่นิยมใช้มาก คือ ฟางข้าว ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรมักจะเผาทำลายฟางข้าว ตอซังข้าว และเศษวัสดุเหลือใช้ในนา เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกฤดูกาลใหม่ อีกทั้งยังนำฟางข้าวไปเป็นอาหารสัตว์อีกด้วย (Inthata and Khankham, 2015) จึงส่งผลให้ฟางข้าวไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรในการเพาะเห็ดฟาง จึงทำให้ราคาต้นทุนการผลิตเห็ดฟางสูงขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับในบางพื้นที่มีการทำนาเพียงครั้งเดียว ทำให้การจัดหาฟางข้าวเพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟางมีความยากลำบากมากขึ้น จึงต้องมีการหาวัสดุอื่นเพื่อนำมาเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง โดยเลือกใช้วัสดุที่มีลักษณะใกล้เคียงกับฟางข้าว หาได้ง่าย และราคาไม่สูง

จอกหรือ Water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) เป็นวัชพืชน้ำขนาดเล็ก เจริญเติบโตติดกันเป็นกลุ่มลอยอยู่บนผิวน้ำ และก่อให้เกิดการตายของพืชน้ำอื่นๆ สุดท้ายแหล่งน้ำนั้นเกิดการเน่าเสีย ทำให้เกิดปัญหา (Chantiratikul *et al.*, 2007; Kumhomkul, 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้จอกร่วมกับฟางข้าวสำหรับใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง เพื่อหาอัตราส่วนที่

เหมาะสมของวัตถุดิบทั้งสองชนิด ซึ่งจะเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเพาะเห็ดฟางได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินงานวิจัย

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

2. วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ โดยแต่ละการทดลองใช้วัสดุจอกและฟางข้าว ดังนี้

- สิ่งทดลองที่ 1 จอก 100% : ฟางข้าว 0%
- สิ่งทดลองที่ 2 จอก 75% : ฟางข้าว 25%
- สิ่งทดลองที่ 3 จอก 50% : ฟางข้าว 50%
- สิ่งทดลองที่ 4 จอก 25% : ฟางข้าว 75%
- สิ่งทดลองที่ 5 จอก 0% : ฟางข้าว 100%

3. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.1 นำฟางข้าวไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. และนำจอกสดไปตากแดดเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อลดความชื้นให้เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดฟาง

3.2 หั่นผักตบชวาสดให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับการเพาะเห็ดฟาง

3.3 ฉีกก้อนเชื้อเห็ดฟางให้เป็นชิ้นเล็กๆ และนำมาคลุกเคล้ากับรำละเอียดปริมาณ 5 กรัมต่อหนึ่งก้อน จากนั้นทำการแบ่งเชื้อเห็ดออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน

3.4 ใส่วัสดุเพาะที่ผ่านการแช่น้ำไว้แล้ว ลงไปในตะกร้า ให้วัสดุมีความสูงจากก้นตะกร้า 10 ซม. และกดให้แน่น

3.5 ใส่ผักตบชวาที่หั่นแล้วรอบๆ ขอบตะกร้าเพาะเห็ด จากนั้นนำเชื้อเห็ดฟางมาโรยรอบๆ ทับบน

อาหารเสริม โดยเน้นโรยที่ขอบตะกร้าจนรอบตะกร้า จึงเสร็จสิ้นการโรยเชื้อเห็ดชั้นที่ 1

3.6 ทำชั้นที่ 2 ด้วยวิธีการตามข้อ 3.5 จากนั้นโรยอาหารเสริมและหัวเชื้อเห็ดให้ทั่วหน้าตะกร้า และปิดด้วยวัสดุเพาะเห็ดฟาง

3.7 นำตะกร้าเพาะเห็ดไปวางไว้บนชั้นในกระโจมเพาะเห็ด และรอจนเห็ดให้ผลผลิต

3.8 การดูแลรักษาในระหว่างการเพาะเห็ดฟางโดยการรดน้ำบริเวณรอบๆ ชั้นวางตะกร้าเพาะเห็ด เพื่อรักษาความชื้นภายในกระโจมเพาะ และทำการเปิดกระโจมเพื่อระบายอากาศร้อน เมื่อเกิดความร้อนมากเกินไป

#### 4. วิธีการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดฟาง ดังต่อไปนี้

4.1 จำนวนดอกเห็ดต่อตะกร้า โดยทำการเก็บดอกตูมในระยะรูปไข่

4.2 น้ำหนักต่อดอก (ก.) โดยการชั่งน้ำหนักดอกตูมในระยะรูปไข่

4.3 น้ำหนักดอกเห็ดรวมของแต่ละสิ่งทดลอง (ก.)

4.4 ขนาดเส้นรอบวงของดอกเห็ด (ซม.) โดยทำการวัดดอกตูมในระยะรูปไข่

#### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P \leq 0.05$ )

#### 1. จำนวนดอกเห็ดต่อตะกร้า

หลังจากเก็บผลผลิตเป็นระยะเวลา 15 วัน จำนวนดอกเห็ดต่อตะกร้ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้อัตราส่วนฟาง 100% จะให้จำนวนของดอกเห็ดฟางมากที่สุด เฉลี่ย 14.56 ดอกต่อตะกร้า รองลงมาคือ การใช้อัตราส่วนจอก 25% : ฟาง 75% เฉลี่ย 8.31 ดอกต่อตะกร้า และจอก 50% : ฟาง 50% เฉลี่ย 1.43 ดอกต่อตะกร้า ตามลำดับ ส่วนวัสดุเพาะเห็ดฟางที่ไม่ออกดอก คือ จอก 75% : ฟาง 25% และ จอก 100% ดังแสดงใน Fig. 1 และ Table 1

#### 2. น้ำหนักเห็ดฟางต่อดอก

จากการทดลองพบว่า หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกเห็ดฟางเป็นระยะเวลา 15 วัน น้ำหนักของเห็ดฟางต่อดอกมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้อัตราส่วนฟาง 100% จะให้น้ำหนักดอกเห็ดฟางมากที่สุด เฉลี่ย 12.81 ก./ดอก รองลงมาคือ จอก 25% : ฟาง 75% เฉลี่ย 6.96 ก./ดอก และ จอก 50% : ฟาง 50% เฉลี่ย 6.12 ก./ดอก ตามลำดับ ส่วนวัสดุเพาะเห็ดฟางสัดส่วนจอก 75% : ฟาง 25% และจอก 100% ไม่สามารถเก็บค่าได้ เนื่องจากเห็ดฟางไม่เจริญเติบโต ดังแสดงผลใน Fig. 2 และ Table 2

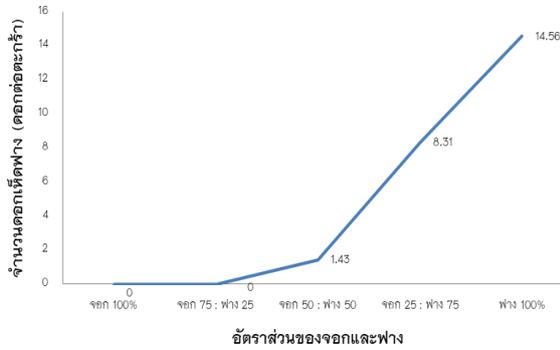


Fig. 1 The relationship between number of fruiting body per basket and different substrates

Table 1 The number of fruiting body per basket of straw mushroom cultivated in various growing media for 15 day

Treatment (water lettuce : rice straw)	Number of fruiting body per basket (g)
100% : 0%	0.00 d <sup>1/</sup>
75% : 25%	0.00 d
50% : 50%	1.43 c
25% : 75%	8.31 b
0% : 100%	14.56 a
F-test	*
CV (%)	27.16

Note: <sup>1/</sup> Means followed by the same letter within each column are not significantly different at P<0.05, according to DMRT

\* significantly at P<0.05

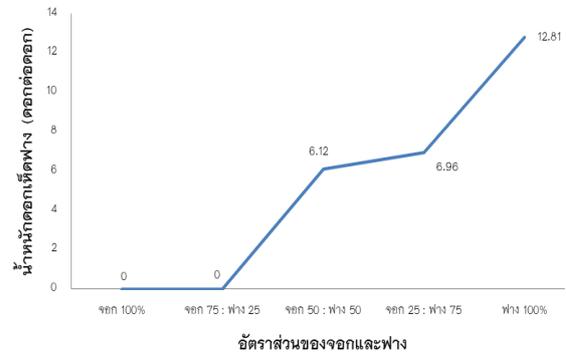


Fig. 2 The relationship between yield of fresh weight per stage in different substrates

Table 2 The weight per stage of harvesting of straw mushroom cultivated in various growing media for 15 day

Treatment (water lettuce : rice straw)	Weight per stage (g)
100% : 0%	0.00 c <sup>1/</sup>
75% : 25%	0.00 c
50% : 50%	6.12 b
25% : 75%	6.96 b
0% : 100%	12.81 a
F-test	*
CV (%)	21.81

Note: <sup>1/</sup> Means followed by the same letter within each column are not significantly different at P<0.05, according to DMRT

\* significantly at P<0.05

### 3. น้ำหนักรวมของดอกเห็ดฟางต่อตะกร้า

จากการเก็บผลผลิตเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าน้ำหนักรวมของดอกเห็ดฟางต่อตะกร้ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยการใช้อัตราส่วน ฟาง 100% ให้น้ำหนักรวมดอกเห็ดฟางมาก

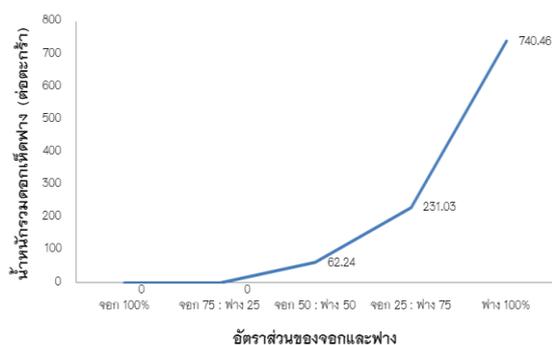
ที่สุดเฉลี่ย 740.46 ก. รองลงมาคือ การใช้อัตราส่วน จอก 25% : ฟาง 75% เฉลี่ย 231.03 ก. และการใช้อัตราส่วน จอก 50% : ฟาง 50% เฉลี่ย 62.24 ก. ตามลำดับ ส่วนวัสดุเพาะเห็ดฟางที่ไม่ออกดอกคือ จอก 75% : ฟาง 25% และจอก 100% ดังแสดงใน Table 3 และ Fig. 3

**Table 3** The weight per basket of straw mushroom cultivated in various growing media for 15 day

Treatment (water lettuce : rice straw)	Weight per basket (g)
100% : 0%	0.00 d <sup>1/</sup>
75% : 25%	0.00 d
50% : 50%	62.24 c
25% : 75%	231.03 b
0% : 100%	740.46 a
<b>F-test</b>	<b>*</b>
<b>CV (%)</b>	<b>21.81</b>

**Note:** <sup>1/</sup> Means followed by the same letter within each column are not significantly different at P<0.05, according to DMRT

\* significantly at P<0.05



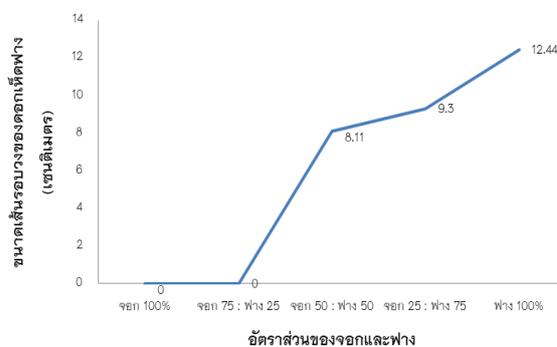
**Fig. 3** The relationship between yield of fresh weight per basket in different substrates

**Table 4** Effect of different substrates on diameter of fruiting body of straw mushroom

Treatment (water lettuce : rice straw)	Diameter of fruiting body (cm)
100% : 0%	0.00 d <sup>1/</sup>
75% : 25%	0.00 d
50% : 50%	8.11 c
25% : 75%	9.30 b
0% : 100%	12.44 a
<b>F-test</b>	<b>*</b>
<b>CV (%)</b>	<b>19.43</b>

**Note:** <sup>1/</sup> Means followed by the same letter within each column are not significantly different at P<0.05, according to DMRT

\* significantly at P<0.05



**Fig. 4** The relationship between diameter of fruiting body of straw mushroom in different substrates

#### 4. ขนาดเส้นรอบวงของดอกเห็ดฟาง

จาก Table 4 และ Fig. 4 แสดงวัสดุเพาะที่มีผลต่อขนาดเส้นรอบวงของดอกเห็ดพบว่าขนาดเส้นรอบวงของดอกเห็ดฟางมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยใช้ฟาง 100% ให้ขนาดของ

วิจารณ์ผลการวิจัย

เส้นรอบวงดอกเห็ดฟางมากที่สุด เฉลี่ย 12.44 ซม. (Fig. 5) รองลงมาคือ การใช้จอก 25% : ฟาง 75% เฉลี่ย 9.30 ซม. (Fig. 6) และการใช้จอก 50% : ฟาง 50% เฉลี่ย 8.11 ซม. (Fig. 7) ตามลำดับ ส่วนวัสดุเพาะเห็ดฟางที่ไม่สามารถวัดค่าได้คือ จอก 75% : ฟาง 25% และจอก 100%



Fig. 5 Characteristics of straw mushrooms (100% rice straw)



Fig. 6 Characteristics of straw mushrooms (water lettuce 25% : rice straw 75%)



Fig. 7 Characteristics of straw mushrooms (water lettuce 50% : rice straw 50%)

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างจอกกับฟางข้าวต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก โดยใช้วัสดุเพาะที่แตกต่างกัน หลังจากเก็บผลผลิตเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าให้ผลแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ฟาง 100% ให้จำนวนดอกเห็ดฟางน้ำหนักต่อดอก น้ำหนักรวมต่อตะกร้า และขนาดของเส้นรอบวงมากที่สุด เนื่องจากฟางข้าวมีธาตุอาหารประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Teeveeraphunya, 2010) จึงส่งผลให้ผลผลิตมากและดอกใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Somsook (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้วัสดุเพาะและวัสดุอาหารเสริมชนิดต่างๆ ร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ และน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก ด้วยการใช้ฟางข้าว ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาแล้ว และขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่า การเพาะด้วยฟางข้าวให้ผลผลิตสูงสุด 529.40 กรัมต่อตะกร้า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jitchuan (2017) ได้ทดลองวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถเพาะเห็ดฟางได้ โดยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 15 ชนิด ได้แก่ ฟางข้าว ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อยใหม่ เปลือกมันสำปะหลัง ขี้เถ้า ขี้เลื่อยเก่าที่ผ่านการเพาะเห็ดมาแล้ว ชังข้าวโพด ทะลายปาล์ม เปลือกถั่วเขียว ต้นกล้วย แกลบ ชานอ้อย และต้นข้าวโพด ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 16 วัน พบว่า วัสดุเพาะที่ให้น้ำหนักผลผลิตดอกเห็ดฟางมากที่สุดคือ ฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับ 492.67 กรัมต่อตะกร้า

สำหรับการใช้วัสดุเพาะเห็ดฟาง จอก 100% และจอก 75% : ฟาง 25% ทำให้เส้นใยไม่มีการเจริญเติบโต เนื่องจากวัสดุเพาะมีการเปียกชุ่มและเน่าเสีย ทำให้ไม่สามารถเกิดเส้นใยเห็ดฟางได้ ซึ่งจอกมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง 85 - 95% (Paiboon *et al.*, 2012) และมีการย่อยสลายได้เร็วด้วยเอนไซม์เมื่ออยู่ในอุณหภูมิสูง จึงส่งผลให้ไม่สามารถเกิดเส้นใยในวัสดุเพาะได้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง  
จอกกับฟางข้าวต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้า  
พลาสติก พบว่า การใช้ฟางข้าว 100% ให้จำนวนดอก  
เห็ดฟาง น้ำหนักต่อดอก น้ำหนักรวมต่อตะกร้า และ  
ขนาดของเส้นรอบวงมากที่สุด สำหรับอัตราส่วนของวัสดุ  
เพาะที่ไม่สามารถเกิดเส้นใยเห็ดได้ คือ การใช้จอก 100%  
และจอก 75% : ฟาง 25%

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ฟางข้าว 100% เป็น  
วัสดุเพาะเห็ดฟางดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่  
เหมาะสมสำหรับการใช้จอกเพื่อนำมาเป็นวัสดุเพาะเห็ด  
ฟางคือ จอก 25% : ฟาง 75% เพราะให้ผลผลิตเห็ดฟาง  
ดีที่สุตรงมาจากการใช้ฟางข้าว 100%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่  
ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

References

- Chantiratikul, A., Atiwetin, P. and Chantiratikul, P. 2007. Feasibility of Producing Selenium-Enriched Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.). Research Report of Mahasarakham University, Mahasarakham. (in Thai)
- Jitchuan, D. 2017. Study straw mushrooms seed from agricultural waste. B.Sc. Project, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. 142 pp. (in Thai)
- Tudsas, N., Toonputta, A., Chaemchamrat, S., Phungbunhan, K., Chanataepaporn, P., Tohwankaew, J., Wongsas, T. and Leangthitikanachana, S. 2018. Effects of Vermicompost on Quality of Paddy Straw Mushroom (*Volvariella volvacea*) by Short Stack. King Mongkut's Agricultural Journal. 36 (3): 81-90. (in Thai)
- Teeveeraphunya, S. 2010. Effect of crop residues from straw, sun hemp and mugbean to increase on Mushroom. Research Report of Phetchabun Land Development Station, Phetchabun. (in Thai)
- Inthata, S. and Khankham, C. 2015. Use of Rice Straw to Produce the Insulation Cement Board. Pawarun Agriculture Journal. 12 (1): 25-34. (in Thai)

- Somsook, S. 2010. Effect of Cultivation Substrate and Supplemented Materials Treated with Some Microorganism and Bioextracts on Production Yield of Straw Mushroom (*Volvariella volvacea* (Bull. ex Fr.) Sing.) Grown in Plastic Basket. Thai Science and Technology Journal. 18 (2): 17-36. (in Thai)
- Paiboon, P., Chucnnakorn, P. and Yingjajaval, S. 2012. Screening of High Cellulose Plants for The Ethanol Production [online]. [Accessed May 27, 2019]. Available from: URL: <http://www.cab.ku.ac.th/suntaree/pdf/55CelluloseFullRpt.pdf>. (in Thai)
- Kumhomkul, T. 2016. Feasibility Study of Using Water Hyacinth, Water lettuce and Cattail for Straw Mushroom Cultivation Material. EAU Heritage Journal Science and Technology. 10 (2): 61-73. (in Thai)
- Zikriyani, H., Saskiawan and Mangunwardoyo, W. 2018. Utilization of Agricultural Waste for Cultivation of Paddy Straw Mushrooms (*Volvariella volvacea* (Bull.) Singer 1951). International Journal of Agricultural Technology. 14 (5): 805-814.

---

ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อแมลงหีขาวยาสูบและ  
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

---

กัญชลิกา รัตนเชตฉาย<sup>1\*</sup>, ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์<sup>1</sup> และ ณัฐชัย จันทชุม<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

บทคัดย่อ

แมลงหีขาวยาสูบและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งซึ่งสร้างความเสียหายต่อมะเขือเทศและข้าว การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราทำลายแมลง *Beauveria bassiana* ในการเข้าทำลายแมลงหีขาวยาสูบและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ผลการทดลองในแมลงหีขาวยาสูบพบว่า ภายหลังจากฉีดพ่นเชื้อราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  spores/ml เป็นเวลา 6 วัน ทำให้ตัวอ่อนแมลงหีขาวยาสูบตาย 57.50% และทำให้ตัวเต็มวัยแมลงหีขาวยาสูบตาย 65.00% ในขณะที่ผลการทดลองในเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า ภายหลังจากฉีดพ่นเชื้อราที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  spores/ml เป็นเวลา 5 วัน ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตาย 47.50% และทำให้ตัวเต็มวัยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตาย 62.50% จากผลการทดลองสามารถเป็นแนวทางการพัฒนาการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีได้

คำสำคัญ: เชื้อราทำลายแมลง, *Beauveria bassiana*, แมลงหีขาว, เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

---

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kanchalika.ra@rmu.ac.th

---

## Efficacy of *Beauveria bassiana* Against Tobacco Whitefly and Brown Planthopper

---

Kanchalika Ratanacherdchai<sup>1\*</sup>, Taweessab Chaiyarak<sup>1</sup> and Nattachai Juntachum<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,  
Maha Sarakham 44000, Thailand

<sup>2</sup>Program in Research and Curriculum Development, Faculty of Education,  
Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

### Abstract

Tobacco whitefly and brown planthopper are one of the most important pests of tomato and rice. The objectives of this study were to test the efficacy of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* against tobacco whitefly and brown planthopper, the experiment conducted in nymph and adult stages of insect pests. The results of tobacco whitefly testing revealed that spore suspension of *B. bassiana* at concentration of  $1 \times 10^8$  spores/ml within 6 days of spraying showed 57.50% mortality in nymph stage and 65.00% mortality in adult stage. While, the results of brown planthopper testing revealed that spore suspension of *B. bassiana* at concentration of  $1 \times 10^8$  spores/ml within 5 days of spraying showed 47.50% mortality in nymph stage and 62.50% mortality in adult stage. It proved that *B. bassiana* become the promising entomopathogenic fungus as a biological agent against plant pest.

**Keywords:** Entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, Tobacco whitefly, Brown planthopper

---

\* Corresponding author: E-mail: kanchalika.ra@rmu.ac.th

**บทนำ**

แมลงศัตรูพืช จัดเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงหริวขาวยาสูบ จัดเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชในวงศ์พริกและมะเขือเทศ สามารถเข้าทำลายพืชได้หลายชนิด ทั้งพืชผัก ไม้ผล และไม้ดอก ในขณะที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลก็จัดเป็นศัตรูข้าวที่มีความสำคัญที่สุดในเอเชีย สามารถเข้าทำลายข้าวได้หลายสายพันธุ์ ลักษณะการเข้าทำลายพืชอาศัยของแมลงศัตรูพืชทั้งสองชนิดนี้คือ ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยสามารถเข้าทำลายพืชอาศัยได้โดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืช ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต นอกจากนี้ในขณะที่แมลงหริวขาวดูดกินน้ำเลี้ยงมักถ่ายของเหลวใส (Honey dew) ออกมาก่อนให้เกิดเชื้อราดำปกคลุมใบและส่วนต่างๆ ของพืชเป็นการลดประสิทธิภาพของการเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ในขณะที่ข้าวที่ถูกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเข้าทำลายจะมีอาการเหี่ยวและแห้งตาย (hopper burn) สร้างความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง นอกจากนี้พืชจะได้รับความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชโดยตรงแล้ว ทั้งแมลงหริวขาวและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลยังเป็นแมลงพาหะถ่ายทอดเชื้อไวรัสที่สำคัญ เช่น โรคใบหงิก โรคเขียวเตี้ย และโรคจุกอีกด้วย (Reissing *et al.*, 1986) ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช โดยทั่วไปเกษตรกรนิยมใช้สารฆ่าแมลงเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก สามารถหาซื้อได้ทั่วไป และสามารถลดการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชได้ผลอย่างรวดเร็ว แต่การใช้สารฆ่าแมลงนั้นหากเกษตรกรใช้สารเคมีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน จะทำให้แมลงศัตรูพืชเกิดการต้านทานสารเคมีได้ ทำให้การป้องกันกำจัดไม่ได้ผลเท่าที่ควร เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้การผลิตมีต้นทุนสูงขึ้น นอกจากนี้หากเกษตรกรไม่ปฏิบัติตามข้อแนะนำการใช้ยาอย่างเคร่งครัดมักจะก่อให้เกิดปัญหาตามมา เช่น อันตรายต่อตัวเกษตรกรผู้ใช้อเอง และ

สิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลให้ระบบนิเวศน์ถูกทำลาย ขาดความสมดุลของศัตรูธรรมชาติเนื่องจากการสารเคมีนอกจากจะสามารถทำลายแมลงศัตรูพืชได้โดยตรงแล้วยังสามารถทำลายแมลงที่เป็นศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชให้มีปริมาณลดลงตามไปด้วย ในภาวะปัจจุบันที่ผู้บริโภคให้ความใส่ใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น ผลผลิตทางการเกษตรที่มีความปลอดภัยไม่มีสารเคมีตกค้างจึงเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้นตามไปด้วย และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าของผลผลิตได้อีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามที่จำนำวิธีการควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชทดแทนการใช้สารเคมี เช่น การใช้น้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Remgrit *et al.*, 2016) ตลอดจนการใช้สารชีวภัณฑ์ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ คือ การใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Entomopathogenic fungi) เชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชนี้สามารถเข้าทำลายแมลงโดยทางเส้นใยทะลุผ่านผนังลำตัว เช่น เชื้อรา *Beauveria bassiana* เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* และเชื้อรา *Paecilomyces tenuipes* (Wraight, *et al.*, 2000) ซึ่งมีรายงานว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักแถบสาย แมลงหริวขาวเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยจักจั่นสีเขียวในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน (Patirupanusara and Noenplab, 2008; Kumpiro *et al.*, 2011; Bunsak *et al.*, 2015; Sukleard *et al.*, 2016)

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* ในการป้องกันกำจัดแมลงหริวขาวยาสูบศัตรูพืชสำคัญในมะเขือเทศและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลศัตรูข้าว เพื่อเป็นแนวทางในการใช้เชื้อราปฏิภักษ์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรเพื่อลดการใช้สารเคมี ซึ่งเป็นวิธีการที่ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมถึงรักษาสมดุลธรรมชาติในระบบนิเวศน์ไม่ให้ถูกทำลาย เป็นแนวทางในการพัฒนาการเกษตรเพื่อความยั่งยืนได้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูพืชในห้องปฏิบัติการ

1) การเพิ่มปริมาณแมลงหริ่ขาวยาสูบศัตรู  
มะเขือเทศ

ทำการเลี้ยงแมลงหริ่ขาวยาสูบเพื่อเพิ่มปริมาณ  
ในโรงเรือน โดยใช้ต้นมะเขือเทศที่ปลูกในกระถางอายุ  
ประมาณ 1 เดือน เป็นพืชอาศัย วางต้นมะเขือเทศในกรง  
ตาข่ายขนาด 40 × 50 × 60 เซนติเมตร ปล่อยแมลงหริ่  
ขาวตัวเต็มวัยเข้าไปในกรงและเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิห้อง  
ความชื้นสัมพัทธ์ 60±10% เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการ  
เปลี่ยนถ่ายต้นมะเขือเทศเพื่อตรวจนับปริมาณไข่และแยก  
เลี้ยงไว้ในกรงตาข่าย นำไข่ที่ได้มาเลี้ยงต่อบนต้นมะเขือ  
เทศต้นใหม่ จนกระทั่งฝักเป็นตัวอย่างอ่อนและเจริญเข้าสู่ตัว  
อ่อนระยะที่ 2 เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

2) การเพิ่มปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลศัตรู  
ข้าว

ทำการเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อเพิ่ม  
ปริมาณในโรงเรือน โดยใช้ต้นข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ปลูก  
ในกระถางอายุประมาณ 1 เดือน เป็นพืชอาศัย วาง  
กระถางต้นข้าวในกรงตาข่ายขนาด 40 × 50 × 60  
เซนติเมตร ปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวเต็มวัยเข้าไป  
ในกรงและเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์  
60±10% เพื่อให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวางไข่ และคัด  
แยกตัวเต็มวัยออก ประมาณ 7 – 8 วัน จะได้ตัวอย่าง  
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria*  
*bassiana* ที่มีต่อแมลงศัตรูพืชในสภาพห้องปฏิบัติการ

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana*  
ที่มีต่อแมลงศัตรูพืชในสภาพห้องปฏิบัติการ ทำโดยเลี้ยง  
เชื้อรา *B. bassiana* โอลิโกลิที่ได้รับความอนุเคราะห์  
จาก บริษัท อะโกรไบโอเมท จำกัด บนอาหารเลี้ยงเชื้อ  
Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง  
เมื่ออายุ 10 วัน นำเชื้อรามาทำสปอร์แขวนลอยในน้ำ

กลั่นน้ำเชื้อที่ผสม Tween 80 ความเข้มข้น 0.02%  
นับจำนวนสปอร์ด้วย Haemocytometer เพื่อคำนวณหา  
ความเข้มข้นสปอร์ของเชื้อรา ปรับความเข้มข้นให้ได้  
1 × 10<sup>8</sup> spores/ml เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบกับแมลง  
ศัตรูพืชต่อไป

1) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา  
*Beauveria bassiana* ที่มีต่อแมลงหริ่ขาวยาสูบศัตรู  
มะเขือเทศ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา  
*Beauveria bassiana* ที่มีต่อตัวอย่างอ่อนและตัวเต็มวัยของ  
แมลงหริ่ขาวยาสูบศัตรูมะเขือเทศ โดยวางแผนการ  
ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized  
design, CRD) จำนวน 3 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (Control)

กรรมวิธีที่ 2 เชื้อรา *B. bassiana* ความเข้มข้น  
1 × 10<sup>8</sup> spores/ml

กรรมวิธีที่ 3 สารเคมีฆ่าแมลง White oil (67%  
EC) อัตรา 100 ml/ น้ำ 20 L

นำแมลงหริ่ขาวตัวอ่อนวัย 2-3 และตัวเต็มวัย  
อย่างละ 40 ตัว/กรรมวิธี ใส่จานเลี้ยงเชื้อที่รองด้วย  
กระดาษกรอง แล้วรองจานเลี้ยงเชื้อด้วยแผ่นโฟม นำเข้า  
ตู้เย็นในช่องแช่แข็ง นาน 5-7 นาที เพื่อให้แมลงหยุดการ  
เคลื่อนไหว แล้วนำมาพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา  
*B. bassiana* และสารเคมีฆ่าแมลงตามกรรมวิธี หลังจากนั้น  
นั้นนำแมลงที่พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราและสารเคมี  
ฆ่าแมลงแล้วใส่ไว้บนต้นมะเขือเทศในกระถางที่ครอบด้วย  
หลอดพลาสติกใสที่มีช่องระบายอากาศทำด้วยผ้าตาข่าย  
ไนลอน ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 – 30°C) ความชื้น  
สัมพัทธ์ 60±10% หลังจากพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อ  
ราและสารเคมีฆ่าแมลงตรวจนับจำนวนแมลงตายทุกวัน  
เป็นเวลา 7 วัน นำแมลงหริ่ขาวที่ตายมาตรวจดูด้วยกล้อง  
จุลทรรศน์สเตอริโอเพื่อตรวจสอบว่าเป็นเชื้อราชนิด  
เดียวกันกับที่พ่น คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การตายของ  
ตัวอ่อนแมลงหริ่ขาว

## 2) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ศัตรูข้าว

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (Control)

กรรมวิธีที่ 2 เชื้อรา *B. bassiana* ความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  spores/ml

กรรมวิธีที่ 3 สารเคมีฆ่าแมลง บูโพรเฟนซิน (10% WP) อัตรา 25 g/น้ำ 20 L

นำเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวอ่อนวัย 2-3 และตัวเต็มวัย อย่างละ 40 ตัว/กรรมวิธี ใส่จานเลี้ยงเชื้อที่รองด้วยกระดาษกรอง แล้วรองจานเลี้ยงเชื้อด้วยแผ่นโฟม นำเข้าตู้เย็นในช่องแช่แข็ง นาน 5-7 นาที เพื่อให้แมลงหยุดการเคลื่อนไหว แล้วนำมาพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *B. bassiana* และสารเคมีฆ่าแมลงตามกรรมวิธี หลังจากนั้นนำแมลงที่พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราและสารเคมีฆ่าแมลงแล้วใส่ไว้บนต้นข้าวในกระถางที่ครอบด้วยหลอดพลาสติกใสที่มีช่องระบายอากาศทำด้วยผ้าตาข่ายไนลอน ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ) ความชื้นสัมพัทธ์  $60 \pm 10\%$  หลังจากพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราและสารเคมีฆ่าแมลงตรวจนับจำนวนแมลงตายทุกวันเป็นเวลา 7 วัน นำเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ตายมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอเพื่อตรวจสอบว่าเป็นเชื้อราชนิดเดียวกันกับที่พ่น คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละ

กรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

### ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

#### การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อแมลงหีขาวยาสูบศัตรูมะเขือเทศ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* กับแมลงหีขาวยาสูบศัตรูมะเขือเทศ ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เชื้อรา *B. bassiana* สามารถทำให้ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหีขาวยาสูบตาย 57.50 และ 65.00% ตามลำดับ ภายใน 6 วัน หลังสัมผัสเชื้อรา *B. bassiana* (Table 1) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนกับตัวเต็มวัย พบว่าตัวอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การตายน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะตัวอ่อนของแมลงหีขาวยาสูบมีการลอกคราบเปลี่ยนวัย ทำให้สปอร์ของเชื้อราหลุดออกจากตัวแมลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Huadprasit and Wangkeeree (2017) ที่ได้ทำการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *B. bassiana* ในการเข้าทำลายเพลี้ยจักจั่น *Matsumuratettix hiroglyphicus* พาหะนำโรคใบขาวอ้อย พบว่าสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *B. bassiana* ที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  spores/ml ทำให้ตัวอ่อนตาย 10-30% ในขณะที่ตัวเต็มวัยตาย 10-30% โดยหลังจากแมลงหีขาวยาสูบสัมผัสเชื้อรา *B. bassiana* มีผลทำให้เกิดอัตราการตายสะสมของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากวันที่ 1 ถึงวันที่ 6 มีลักษณะเป็นแบบ Sigmoid curve (Fig. 1)

จากผลการผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* กับแมลงหีขาวยาสูบศัตรูมะเขือเทศ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าแมลง (White oil 67%EC) พบว่า เชื้อรา *B. bassiana* มีเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนของแมลงหีขาวยาสูบสูงกว่าการใช้ White oil โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง

สถิติ แต่อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยของแมลงหริวขาวยาสูบจากการใช้ เชื้อรา *B. bassiana* และ White oil ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 1) เนื่องจาก White oil ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันปิโตรเลียมสามารถป้องกันกำจัดแมลงหริวขาวได้เฉพาะระยะที่เป็นตัวเต็ม (Sahaya and Angmani, 2012)

**Table 1** Effect of spraying conidia suspension of *Beauveria bassiana* at  $1 \times 10^8$  spores/ml on tobacco whitefly mortality in the laboratory

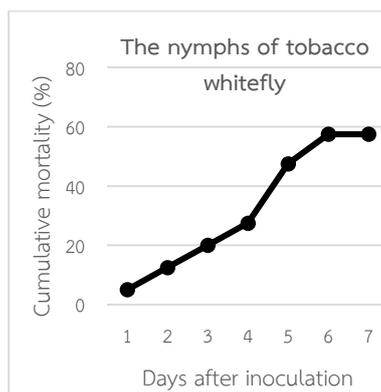
Treatment	Whitefly mortality (%)	
	Nymph	Adult
Control	2.50 <sup>b</sup>	7.50 <sup>b</sup>
<i>B. bassiana</i>	57.50 <sup>a</sup>	65.00 <sup>a</sup>
White oil	2.50 <sup>b</sup>	80.00 <sup>a</sup>
CV (%)	51.22	18.26

<sup>a,b</sup> Average of four replications. Means followed by the same letter in a column were not significantly different by DMRT at  $P=0.01$ .

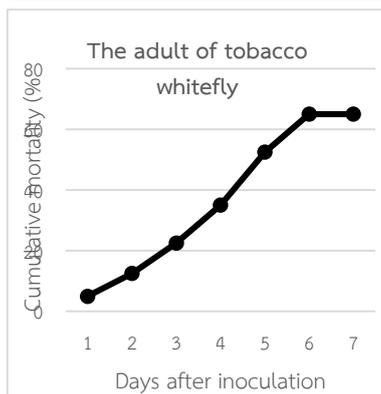
**การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลศัตรูข้าว**

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* กับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลศัตรูข้าว ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เชื้อรา *B. bassiana* สามารถทำให้ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตาย 47.50 และ 62.50% ตามลำดับ ภายใน 5-6 วัน หลังสัมผัสเชื้อรา *B. bassiana* (Table 2) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนกับตัวเต็มวัย พบว่าตัวอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การตายน้อยกว่าซึ่งเป็นไปทันท้องเดียวกันกับแมลงหริวขาวยาสูบ ดังนั้นประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชของเชื้อรา

นอกจากจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้าทำลายที่รุนแรงแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับชนิดและลักษณะของแมลงที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันอีกด้วย



a



b

**Fig. 1** Trend of cumulative mortality (%) of tobacco whitefly on 1-7 days after contacted to *Beauveria bassiana* at the concentration of  $1 \times 10^8$  spores/ml: a. nymph, b. adult

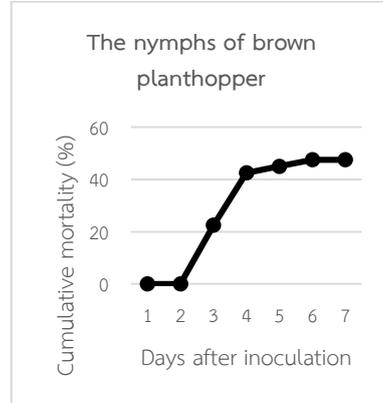
โดยหลังจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสัมผัสเชื้อรา *B. bassiana* มีผลทำให้เกิดอัตราการตายสะสมของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากวันที่ 1 ถึงวันที่ 6 มีลักษณะเป็นแบบ Sigmoid curve (Fig. 2) โดยพบว่า การตายของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ย

กระโดดสีน้ำตาลเริ่มขึ้นหลังจากสัมผัสเชื้อ 2-3 วัน เป็นต้นไป และเพิ่มขึ้นอย่างเรื่อยๆ จนในวันที่ 5 หลังสัมผัสเชื้อ พบว่า ตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงที่สุด และคงที่จนถึงวันที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Patirupanusara and Noenplab (2008) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยจักจั่นสีเขียว พบว่า การตายของตัวอ่อนแมลงจะเริ่มขึ้นหลังจากได้รับเชื้อราประมาณ 2-3 ขึ้นไป และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนตัวเต็มวัยจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสัมผัสเชื้อไปแล้ว 5 วัน โดยก่อนตาย แมลงจะเกาะนิ่งอยู่กับที่ หรือตกลงไปในน้ำ เนื่องจากมีอาการเป็นอัมพาต เนื่องจาก เชื้อรา *B. bassiana* ผลิตสารพิษที่สำคัญ ได้แก่ Beauvericin ทำให้แมลงเป็นอัมพาต โดยสารพิษไปรบกวนหรือขัดขวางการสื่อสารประสาทของแมลง นอกจากนี้ยังสร้างเอนไซม์ต่างๆ มาย่อยสลายเนื้อเยื่อแมลง สำหรับแมลงที่ตายเนื่องจากเชื้อราจะพบมีเชื้อราเจริญออกมาจากลำตัวของแมลงหลังจากนั้นก็สร้างสปอร์สีขาวขึ้นปกคลุม

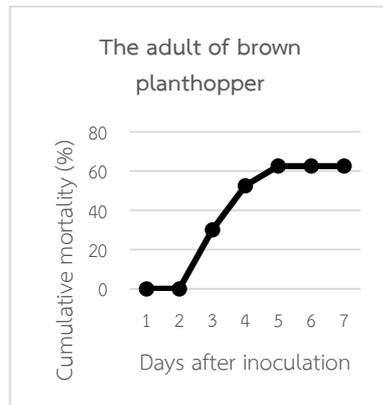
**Table 2** Effect of spraying conidia suspension of *Beauveria bassiana* at  $1 \times 10^8$  spores/ml on brown planthopper mortality in the laboratory

Treatment	Brown planthopper mortality (%)	
	Nymph	Adult
Control	5.00 <sup>c</sup>	2.50 <sup>c</sup>
<i>B. bassiana</i>	47.50 <sup>b</sup>	62.50 <sup>b</sup>
	92.50 <sup>a</sup>	97.50 <sup>a</sup>
CV (%)	14.63	12.69

<sup>a,b,c</sup> Average of four replications. Means followed by the same letter in a column were not significantly different by DMRT at  $P=0.01$ .



a



b

**Fig. 2** Trend of cumulative mortality (%) of brown planthopper on 1-7 days after contacted to *Beauveria bassiana* at the concentration of  $1 \times 10^8$  spores/ml: a. nymph, b. adult

จากผลการผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* กับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลศัตรูข้าว เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าแมลง (โพรเพซิน 10% WP) พบว่า การใช้เชื้อรา *B. bassiana* มีเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใช้สารเคมีฆ่าแมลง ซึ่งมีรายงานว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมประชากร

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดีในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีอัตราการตาย 92-100% ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 หลังพ่นสาร แต่ในบางพื้นที่ก็พบอัตราการตายเพียง 22.7-62.7% เท่านั้น (Soinark *et al.*, 2013) แต่อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีในการฆ่าแมลงก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และนอกจากนี้ยังทำให้แมลงมีการพัฒนาการดื้อทานต่อสารฆ่าแมลง เช่น การเพิ่มการกำจัดปริมาณสารพิษหรือการดักจับสารพิษ การย่อยสลายสารพิษ การกลายของยีนเป้าหมายที่บริเวณของสารออกฤทธิ์ และการต้านทานแบบข้ามกลุ่มของสารฆ่าแมลงในกลุ่มเดียวกันหรือคนละกลุ่ม (Suraporn, 2019) ซึ่งกลไกเหล่านี้ทำให้แมลงเพิ่มศักยภาพในการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงมากขึ้น ผลกระทบจากการที่แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลงส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณการใช้สารฆ่าแมลง เกิดการตกค้างของสารพิษในระบบนิเวศ ผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค

### สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ เชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลทจาก บริษัท อะโกรไบโอเมท จำกัด มีประสิทธิภาพในการควบคุมตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหริ้วขาวยาสูบศัตรูมะเขือเทศ และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลศัตรูข้าว โดยทำให้แมลงหริ้วขาวยาสูบศัตรูตายตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 6 หลังสัมผัสเชื้อรา และทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายภายใน 5 วันหลังสัมผัสเชื้อรา ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางการพัฒนาการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท อะโกรไบโอเมท จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อรา *Beauveria bassiana* สำหรับใช้ในการทดลอง และให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำการวิจัย และขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### References

- Bunsak, A., Pongprasert, W., Buranapanichpan, S. and Kulsarin, J. 2015. Screening on Potential *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin for Controlling Brown Planthopper in Paddy Field. J. Agr. 31(3): 291-299. (in Thai)
- Huadprasit, J. and Wangkeeree, J. 2017. Efficacy of *Metarhizium* and *Beauveria* to Control the Leafhopper Vector, *Matsumuratettix hiroglyphicus*, of Sugarcane White Leaf Disease. J Sci. Technol. 25(3): 467-478. (in Thai)
- Kumpiro, S., Kulsarin, J., Chanbang, Y. and Thungrabeab, M. 2011. Efficacy of Entomopathogenic Fungi in Controlling Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood. J. Agr. 27(1): 49-57. (in Thai)

- Patirupanusara, P. and Noenplab, A.N.L. 2008. Pathogenicity of Entomopathogenic Fungi on Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*) and Green Leafhopper (*Nephotettix virescens*). Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops. 19-21 February 2008. Museum Commemoration Agriculture, Pathum Thani, Thailand. pp. 144-154. (in Thai)
- Reissig, W.H., Heinrichs, E.A., Litsinger, J.A., Moody, K., Feidler, L., Mew, T.W. and Barrion, A.T. 1986. Illustrated Guide to Integrated Pest Management in Rice in Tropical Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Rerngrit, T., Norahim, U., Athinuwat, D. and Chuaboon, W. 2016. Efficacy of Wood Vinegar Wettable Powder Formulation for Control Brown Planthopper in Organic Rice Production. Proceedings the 8<sup>th</sup> Science Research Conference, 30-31 May 2016. University of Phayao, Phayao, Thailand. pp. 2-7. (in Thai)
- Sahaya, S. and Angmani, P. 2012. Field Trial on Effectiveness of Some Insecticides for Controlling White Fly and Leaf Miner on Holy Basil, Sweet Basil and Hairy Basil. [Accessed August 5, 2019]. Available from: URL: <http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=926>. (in Thai)
- Soinark, V., Pongprasert, W., Buranapanichpan, S. and Tanasinchayakul, S. 2013. Efficacy of Some Insecticides on Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stal)) in Lower Northern Thailand. J. Agr. 29(3): 231-238. (in Thai)
- Sukleard, N., Kulsarin, J., Buranapanichpan, S. and Pongprasert, W. 2016. Efficacy of Fungi Bioinsecticides on Striped Flea Beetle Control in Baby Pak Choi in Highland of Chiang Mai Province. J. Agr. 32(2): 171-180. (in Thai)
- Suraporn, S. 2019. Mechanism of Insecticide Resistance to Insect. Prawarun Agr. J. 16(1): 34-48. (in Thai)
- Wright, S.P., Carruthers, R.I., Jaronski, S.T., Bradley, C.A., Garza, C.J. and Galaini-Wright, S. 2000. Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for Microbial Control of the Silverleaf Whitefly, *Bemisia argentifolii*. Biol. Control 17: 203-217.

---

## Sunflower Sprout: Nutraceuticals for Metabolic Syndrome

---

Catthareeya Sukwan<sup>1\*</sup>, Varavut Tanamool<sup>2</sup>, Suthida Chanlun<sup>3</sup> and Pittaya Papirom<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Program of Veterinary Technology, Faculty of Sciences and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000*

<sup>2</sup>*Program of Chemistry, Faculty of Sciences and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000*

<sup>3</sup>*Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002*

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the efficacy of sunflower sprout (SFS) as potential nutraceutical for metabolic syndrome in mice. The mice were divided into 6 groups of 5 each: Low fat diet (LF), Reference diet (RD), High fat diet (HF), HF containing SFS in the amount of 2% (HF+SFS2%), 8% (HF+SFS8%) and 16% (HF+SFS16%), respectively. The experiment revealed the most significant bodyweight increase of  $5.56 \pm 0.10\%$  ( $P < 0.05$ ). Various servings of SFS (2%, 8% and 16%) did not affect the plasma triglyceride level ( $P > 0.05$ ), whereas the SFS did significantly decreased the total cholesterol level ( $P < 0.05$ ). The experiment also resulted in a rise of HDL and a reduction of LDL in the LF group and the HF groups that received SFS (2%, 8%, and 16% SFS). Hence, a significant decrease of TC:HDL ratio was observed in these 4 mentioned groups when compared to the HF group that did not receive SFS ( $P < 0.05$ ). The fasting blood glucose levels observed in the HF groups that were fed with complete doses of SFS had comparable value to the LF group. Additionally, liver enzymes (SGOT and ALP) were observed to be on the physiological range of healthy mice, which indicates SFS does not exhibit any sign of adverse effect on the liver function or general health. This outcome suggests the supplementation of SFS of at least 2% in feed can benefit the circulating lipid and glucose levels.

**Keywords:** Sunflower sprout, Metabolic syndrome, Lipid and Glucose

---

\* Corresponding author: E-mail: Catthareeya.s@nrru.ac.th

## ทานตะวันงอก: โภชนบำบัดเพื่อการควบคุมโรคทางเมตาบอลิก

แคทเธีย สุวรรณ<sup>1\*</sup>, วราวุธ ธนะมูล<sup>2</sup>, สุธิดา จันทรลุน<sup>3</sup> และ พิทยา ภาภิรมย์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>โปรแกรมวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย 30000

<sup>2</sup>โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย 30000

<sup>3</sup>ภาควิชาพยาธิชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย 40002

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของทานตะวันงอกในการเป็นโภชนบำบัดเพื่อการควบคุมโรคทางเมตาบอลิกในหนูเมาส์ โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยหนูเมาส์จำนวน 5 ตัว กลุ่มทดลองได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันต่ำ (LF) อาหารมาตรฐาน (RD) อาหารไขมันสูง (HF) เพียงอย่างเดียว และอาหารไขมันสูง (HF) ที่มีส่วนประกอบของทานตะวันงอก ร้อยละ 2 (SFS2%) 8 (SFS8%) และ 16 (SFS16%) ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า หนูในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียวมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก ร้อยละ  $5.56 \pm 0.10$ ) การเสริมทานตะวันงอกในอาหารไขมันสูง (SFS2%, SFS8% และ SFS16%) ไม่มีผลต่อค่าไตรกลีเซอไรด์ แต่มีผลต่อค่าคอเลสเตอรอลรวม ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงพร้อมทั้งเสริมทานตะวันงอกในสูตรอาหารมีค่าลิโปโปรตีนชนิด HDL เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีค่า LDL อยู่ในระดับต่ำ จากข้อมูลดังกล่าวส่งผลให้สัดส่วนระหว่างค่าคอเลสเตอรอลรวมต่อค่าลิโปโปรตีนชนิด HDL (TC:HDL Ratio) อยู่ในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว ( $P < 0.05$ ) ระดับน้ำตาลในซีรัมที่ตรวจได้ในทุกกลุ่มที่ได้รับทานตะวันงอกยังมีปริมาณเทียบเคียงกับกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันต่ำ ( $P > 0.05$ ) และพบว่าเมื่อตรวจค่าพารามิเตอร์การทำงานของตับ (เอนไซม์ SGOT and ALP) ของหนูทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูง แต่อย่างไรก็ตาม ระดับเอนไซม์ทั้งสองชนิดมีค่าอยู่ในช่วงปกติของหนูสุขภาพดี จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าการเสริมทานตะวันงอกในสูตรอาหาร ตั้งแต่ ร้อยละ 2 ภายในสูตรอาหาร ไม่มีผลข้างเคียงต่อสุขภาพ และมีผลเชิงบวกต่อการควบคุมระดับคอเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในร่างกาย

**คำสำคัญ:** ทานตะวันงอก โรคทางเมตาบอลิก ไขมัน กลูโคส

\*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: Catthareeya.s@nrru.ac.th

## Introduction

Metabolic syndrome (MS) is a disease originated from metabolic abnormalities such as obesity, cardiovascular disease, and diabetes mellitus. MS is increasingly becoming more problematic in Thailand and around the world (Wasant *et al.*, 1999). The issue becomes a norm due to contemporary lifestyle and increasing trend of fast-food consumption, which people are consuming food products that are low in essential nutrients and fiber while containing high saturated fat and sodium. These aforementioned factors induce the population of all ages to MS (Aekplakorn *et al.*, 2015). There are many remedies against these health problems such as surgery or other medicinal treatments. Regardless, these methods all involve substantial cost in addition to potential negative side effects or other ineffective outcome. Therefore, nutraceuticals or functional food has become a popular method to control or reduce the effects of MS (Davi *et al.*, 2010; Cicero, Tartagni and Ertek, 2014).

Sunflower (*Helianthus annuus L.*) is a plant that is abundant in essential nutrients, to include the seed that is concentrated with proteins and essential fats (Fowler, 2010; Guo *et al.*, 2017). Additionally, the seed and other parts of the plant have other health benefits, such as the extract being used as anti-bacterial agent, anti-fungal agent, anti-oxidant agent, anti-aging agent, and anti-cancer agent (Ashrafi *et al.*, 2008; Sankaranarayanan *et al.*, 2008). Currently,

there is increasing consumption of the sprout due to its higher nutritional value with limited anti-nutritive compounds such as trypsin inhibitor, phytic acid, pentosan and tannin (Sarwar Gilani *et al.*, 2012). Comparing to the seed, the sprout contains higher nutritional values, particularly, amino acid, vitamins, minerals, and enzymes (Marton *et al.*, 2010). Interestingly, the amount of  $\alpha$ -linolenic acid in the sprout, which is unsaturated fatty acid that affects the metabolism to burn fats, increases by 10 times when compared to that of the seed (Kuo *et al.*, 2004; Márton *et al.*, 2010; Chon, 2013).

Previous literatures advocated that sunflower seed and sunflower sprout (SFS) compose various bioactive components, including phenolic compounds (cynarin), tannins, saponins, glycosides, alkaloids, phytosterols, tocopherols, l-ascorbic acid, anti-oxidant enzymes, carotenoids, chlorogenic acid, caffeic acid, quinic acid, linoleic acid, arachidonic acid, 11S globulin peptides and helianthosides, which possess a wide range of remedial effects, especially to antihypertensive and hypoglycemic activities (Gaikwad *et al.*, 2014; Guo *et al.*, 2017; Zeka *et al.*, 2017). These evidences imply the consumption of sunflower seed or SFS is a worthwhile alternative for those desires to sustain general health and reduce the risk of cardiovascular diseases, heart disease, and abnormal metabolisms. Regardless, there is no conclusive scientific *in Vivo* experiment to recommend the proper amount of consumption to gain the medicinal benefit of SFS against MS. Therefore, the purpose of the study is to

further investigate and explore the possibility of utilizing SFS as nutraceuticals or functional food to reduce the factors associated with the progression of MS and its complications.

## Materials and Methods

### 1. Plant materials

According to previous report by Thanamool and Chatkon (2017), 7-days-old SFS can exhibit an impressive amount of nutritional value that includes high total phenolic compounds, anti-oxidant activities and soluble fiber as compared to SFS germinated with different duration. 7-days-old SFS also contains a high amount of polyunsaturated (PUFAs) fatty acids such as  $\alpha$ -linolenic acid (C18:2n6c; 1.83%) and oleic acid (C18:1; 0.19%), which considered as functional food and can be essential to a healthy diet (Tanamool and Chatkon, 2017). Consequently, 7-days-old SFS was used throughout this study.

SFS was cultivated and harvested at the Agricultural Training and Research Center, NRRU, Nakhonratchasima Province, Thailand. The plant was cleaned, chopped into small pieces and dried in a hot air oven at 50 °C. Diced pieces were powdered and stored at -20°C until use.

### 2. Animals and diets

The protocol to handle the animals followed the guideline provided by the Laboratory Animal Research Council of Thailand and Laboratory Animals published by the US National Institutes of Health (1996). The experiment was conducted under strict compliance according to the advice of the Institutional Animal Care and Use Committee of NRRU, Thailand. 5-weeks-old male mice were randomly selected into six groups of 5 each, and they were allowed a period of 7-day acclimatization prior to the experiment. The first 2 groups were fed with low fat diet (LF), reference diet (RD), and remaining 4 groups were fed with high fat diet (HF) containing SFS in the amount of 0%, 2%, 8% and 16%, respectively. These diet plans were customized according to the recommendation of the National Research Council (1995). The amount of fat in each experimental group was designed as described by Kalupahana and colleagues (2011). The animals were housed at the temperature of  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . The humidity level was between 45-50%, and lighting control of 12-hr dark/light cycle was maintained. The animals were offered full access to food and water at all times. The experiment was conducted for 90 consecutive days.

### 3. Serum biochemical parameter analysis

Blood samples were collected at the end of the experiment by cardiac puncture. All mice were fasted overnight before the blood collection and they were euthanized by CO<sub>2</sub> asphyxia. Blood samples were centrifuged at 1500g (4°C) for 15 minutes to separate the serum. The serum samples were stored at -80°C until assay was performed. The serum concentration of triglycerides (T), total cholesterol (TC), high density lipoprotein (HDL), low density lipoprotein (LDL) and fasting blood glucose (FBG) were determined using enzymatic colorimetric method as described Chien and colleague (2016). Serum glutamic oxaloacetic transaminase (SGOT) and Alkaline phosphatase (ALP) were also determined in order to evaluate the hepatic activity.

### 4. Statistical analysis

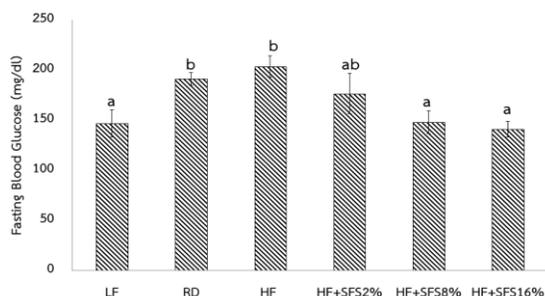
Statistical analysis was performed using one-way ANOVA, followed by the inspection of the differences of the mean values between the diet groups by Scheffe's *post hoc* test using SPSS Windows program version 11 (SPSS Institute, Inc., Chicago, IL, USA). A probability level of less than 5% ( $P < 0.05$ ) was considered statistically significant.

## Results

This experiment supplemented SFS in feed at the amount of 2%, 8%, and 16% (dry weight) in the groups with HF diet plan. The initial average weight of the mice was  $50.90 \pm 2.04$  grams. During the experiment, food and water consumption rate did not differ between the groups. The experiment result revealed the amount of weight-gained of mice fed with SFS (at 2%, 8%, and 16%) was lower than the group that received a HF diet without SFS supplementation. Regardless, the amount of weight-gained of all HF-groups that received SFS supplement is still higher than the group that received the LF diet.

### Effects of SFS on fasting blood glucose (FBG) level

It is generally accepted that HF diet can influence metabolic complications, to include diabetes. As result, this study measures the amount of FBG level in mice. The measurement illustrates the group that received HF-only diet has more FBG level than all other groups ( $P < 0.05$ ). All the groups that received SFS in addition to their HF diet have a lower level of serum FBG level than the group that received HF-only diet. Finally, the group that received SFS supplement of 8% and 16% have similar FBG level of those received LF diet ( $P > 0.05$ ) as illustrated in fig. 1.



**Fig. 1** Effects of SFS supplementation on FBG level in mice. All values represent as mean  $\pm$  SEM. Means with different superscripted letters in the same bar indicate statistical difference ( $P < 0.05$ ). LF low fat diet, RD reference diet, HF high fat diet, *HF+SFS2%* high fat diet supplemented with 2% of sunflower sprout, *HF+SFS8%* high fat diet supplemented with 8% of sunflower sprout, *HF+SFS16%* high fat diet supplemented with 16% of sunflower sprout.

#### Effects of SFS supplementation on serum lipid profile

The serum collected from the mice was analyzed for various lipid parameters, to include Triglyceride (T), total cholesterol (TC), High-density lipoprotein (HDL) and Low-density lipoprotein (LDL). The lipid profile is shown on Table 1.

##### *Total cholesterol (TC) and triglyceride (T)*

As expected, the mice fed with LF and reference diets (RD) have lower TC and T level than the mice fed with HF-only diet. The mice fed with HF diet supplemented by SFS have a significantly

lower TC level ( $P < 0.05$ ), whereas, SFS did not affect the serum T level ( $P > 0.05$ ).

##### *High-density lipoprotein (HDL)*

HDL is classified as a beneficial lipoprotein that has positive effects on cholesterol metabolism, as it carries other fats (cholesterol, triglyceride, or LDL) through the arteries for further termination in the liver. The HDL level also determines the risk of cardiovascular diseases, since a low HDL can be a determining factor in atherosclerosis or ischemic stroke. As anticipated, the mice fed with HF-only diet have the lowest HDL level. The group that has the highest HDL is the group that was fed with LF diet ( $184.25 \pm 14.12$  mg/dL) ( $P < 0.05$ ). Interestingly, all mice fed with HF diet supplemented by SFS have higher HDL than the mice that were fed with HF-only diet. The group that received 16% SFS has a significantly higher HDL than other HF groups ( $P < 0.05$ ). The HDL of the HF group supplemented by 16% SFS is comparable to the group that received RD ( $P > 0.05$ ), but it is still lower than the group that received the LF diet. The rising of HDL seems to correlate to the increase of SFS supplement (Dose-dependent manner).

##### *Low-density lipoprotein (LDL)*

LDL is a lipoprotein derived from very low density lipoprotein (VLDL) and intermediate lipoprotein (IDL). Many studies strongly indicated LDL being a vital indicator for the risk of developing the complications of cardiovascular diseases. The result showed the mice fed with HF diet supplemented with SFS of all levels have similar amount of LDL as those

fed with LF and RD. In contrast, the group that was fed with HF-only diet has higher LDL level than other HF groups that were supplemented with SFS (P<0.05).

**TC:HDL ratio**

Although LDL cholesterol is an atherogenic lipid marker, TC:HDL ratio is also considered as an important index to predict the risk of ischemic heart disease (IHD) (Lemieux *et al.*, 2001; Patani *et al.*, 2018). Hence, this study also evaluated this

parameter. The mice fed with HF-only diet have the highest level of TC:HDL ratio (P<0.05). The group that has the lowest TC:HDL ratio was the LF group, followed by RD and all HF-SFS treated groups. When compared to the mice fed with HF-only diet, all other mice supplemented with SFS have significantly lower TC: HDL ratio (P<0.05), which indicated that SFS could prevent the progression of IHD.

**Table 1** Effects of SFS supplementation on serum lipid profile and liver enzymes

Diet group	LF	RD	HF	HF +SFS2%	HF +SFS8%	HF +SFS16%
Increase BW (%)	1.99 ± 0.04 <sup>c</sup>	3.80 ± 0.08 <sup>b</sup>	5.56 ± 0.10 <sup>a</sup>	4.35 ± 1.24 <sup>ab</sup>	3.92 ± 1.09 <sup>bc</sup>	3.82 ± 0.04 <sup>bc</sup>
Triglyceride (mg/dL)	87.0 ± 1.09 <sup>a</sup>	89.2 ± 1.45 <sup>a</sup>	125.6 ± 1.25 <sup>b</sup>	122.8 ± 1.22 <sup>b</sup>	112.0 ± 1.61 <sup>b</sup>	106.6 ± 3.18 <sup>ab</sup>
Cholesterol (mg/dL)	181.10 ± 4.45 <sup>a</sup>	180.70 ± 3.20 <sup>ab</sup>	210.60 ± 2.76 <sup>b</sup>	154.40 ± 3.28 <sup>a</sup>	162.40 ± 5.98 <sup>a</sup>	161.60 ± 2.74 <sup>a</sup>
HDL (mg/dL)	184.25 ± 3.53 <sup>d</sup>	136.25 ± 3.91 <sup>c</sup>	87.25 ± 2.33 <sup>a</sup>	92.00 ± 1.42 <sup>a</sup>	105.25 ± 2.13 <sup>ab</sup>	125.50 ± 2.98 <sup>bc</sup>
LDL (mg/dL)	94.33 ± 1.83 <sup>a</sup>	99.00 ± 7.54 <sup>a</sup>	173.33 ± 8.37 <sup>b</sup>	101.67 ± 2.83 <sup>a</sup>	103.67 ± 2.55 <sup>a</sup>	90.33 ± 3.10 <sup>a</sup>
TC:HDL ratio	0.88 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.27 ± 0.14 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.04 <sup>d</sup>	1.82 ± 0.08 <sup>c</sup>	1.71 ± 0.10 <sup>c</sup>	1.18 ± 0.09 <sup>b</sup>
SGOT (U/L)	44.97 ± 0.41 <sup>a</sup>	45.97 ± 0.47 <sup>a</sup>	49.93 ± 0.76 <sup>a</sup>	43.40 ± 1.31 <sup>a</sup>	42.67 ± 3.10 <sup>a</sup>	39.63 ± 2.29 <sup>b</sup>
ALP (U/L)	74.67 ± 1.17 <sup>a</sup>	74.67 ± 3.17 <sup>a</sup>	95.00 ± 0.76 <sup>b</sup>	87.33 ± 0.69 <sup>ab</sup>	86.00 ± 1.20 <sup>ab</sup>	84.33 ± 1.35 <sup>ab</sup>

Means with different superscripted letters in a row indicate statistical significance (P<0.05). All values represent as mean ± SEM. LF low fat diet, RD reference diet, HF high fat diet, HF+SFS2% high fat diet supplemented with 2% of sun flower sprout, HF+SFS8% high fat diet supplemented with 8% of sun flower sprout, HF+SFS16% high fat diet supplemented with 16% of sun flower sprout, SGOT serum glutamic oxaloacetic transaminase, ALP Alkaline phosphatase.

### Effects of SFS supplementation on liver enzymes

It is well known that nutrient overload generated by HF diet is a major risk factor for the development of MS. This condition enhances adipose tissue deposits in many visceral organs, especially the liver. The excessive fat accumulated in the liver can be toxic and disturb its normal function (Schaffer, 2003). This study also evaluated the damage of the liver via its enzyme release. Therefore, serum SGOT and ALP were analyzed.

The SGOT and ALP levels of all HF groups have the tendency to elevate higher than LF and RD groups, which indicated the interruption of hepatocellular function of HF-treated mice. The lowest liver enzyme level was observed in the group of HF diet supplemented with 16%SFS, followed by HF diet supplemented by 8%SFS, 2%SFS, RD and LF-diet group, respectively. Compared to the group fed by HF-only diet, the mice received 16%SFS have significantly lower in SGOT level ( $P<0.05$ ) (Table 1). These evidences suggest SFS possess the positive effect against HF-induced liver damage.

### Discussion

HF diet is broadly used in experiments that induce metabolic syndrome (Harir and Thibault, 2010). In this study, the feeding of HF for 90 days could bring adverse effects on metabolic parameters that are associated with increasing %BW, altered serum lipid parameters and glucose levels.

This study demonstrated the group fed with HF-only diet has the highest amount of weight-gained due to higher caloric intake per the same amount of food as other groups. The result is in accordance with the suggestion of excessive positive-energy balance and fat deposit in the abdomen or other visceral organs (Amin and Nagy, 2009). The result exhibited the administration of SFS can alter the lipid profile by lowering the serum TC and LDL while increasing serum HDL. The ratio of TC:HDL in all HF-groups supplemented with SFS was significantly lower than HF-only group. The experiment suggested SFS diminishes the risk factor of IHD induced by HF diet. These evidences may be due to the high level of nutritive phytochemical constituents in SFS. In correspond to other studies, sprout is considered as an excellent source of proteins, vitamins, and minerals due to biochemical change during germination and sprouting process (Lorenz, 1980; Pasko *et al.*, 2009; Weisz *et al.*, 2009; Pajak *et al.* 2014). As mentioned, the nutritive metabolites identification of SFS presented phenolic compounds, flavonoids (cynarins) and high amount of polyunsaturated (PUFAs) fatty acids, especially  $\alpha$ -linolenic acid (Kamal, 2011; Amakura *et al.*, 2013). In general,  $\alpha$ -linolenic acid is converted to eicosapentaenoic acid (EPA) which is further changed into docosahexaenoic acid (DHA) that is widely accepted to have the cardioprotective effects (Park, Choi and Kim, 2000; Bradberry and Hilleman, 2013). Many studies indicated meals containing EPA and DHA are quite helpful in controlling cardiovascular

complications. Cynarin, the major phenolic compound (over 8% w/w) found in SFS, was claimed to possess cholesterol/triglyceride-lowering effects (Englisch *et al.*, 2000). This notion supports the hypolipidemic outcomes in the SFS treated groups. Apparently, the decreased LDL levels may be due to fiber content in SFS that can bind cholesterol in the intestine, initiating the absorption in the intestine epithelium, increase peristalsis to speeding up the release of cholesterol with the feces (Habibullah *et al.*, 2007).

The supplementation of SFS enhances the probability of ameliorate blood glucose levels as compared to the mice in the LF and RD group. Many publications support this possibility as seen with mung bean sprouts (Yao *et al.*, 2008; Yeap *et al.*, 2012), broccoli sprouts, buckwheat sprouts (Bahadoran *et al.*, 2012), as well as, SFS (Sun *et al.*, 2012) can act as a potential anti-diabetic functional food by improving glucose tolerance, increases insulin activity and induce insulin secretion from pancreas (Mao, 2008; Laila and Murtaza, 2014). SFS is able to prevent against hepatic damage induced by common HF-diet or excessive blood glucose (de Meije *et al.*, 2010). The SGOT and ALP levels in SFS-treated groups did not differ from the LF or RD group. This result intensely supports that SFS could protect hepatocytes via the anti-oxidative activity of its bioactive compounds which included tocopherols, l-ascorbic acid and antioxidant enzymes (Guo *et al.*, 2017) by accelerating antiglycative, inhibits the formation of advanced glycation end products and

strongly scavenges damaging free radicals (Sun *et al.*, 2012).

### Conclusion

This study illustrated the hypolipidemic potencies of SFS can reduce the risk of metabolic syndrome (MS) by increasing serum HDL while lowering the serum TC, LDL and TC:HDL. In addition, the consumption of SFS enhances hypoglycemic activity. These effects may be due to cynarin in SFS, which induces synergistic action with other bioactive compounds. These evidences suggest that consuming SFS of at least 2% can be helpful in controlling MS, such as cardiovascular diseases and diabetic complications.

Further research is warranted to clarifying the specific action underlying the synergism effects of cynarin-rich SFS and its beneficial bioactive compounds on lipid and glucose metabolisms. Such investigation could develop SFS as nutraceuticals or herbal medicine for MS patients.

### Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the NRCT for financial support (Project no. 169831 in fiscal year 2016).

### References

- Aekplakorn, W., Satheannoppakao, W., Putwatana, P., Taneepanichskul, S., Kessomboon, P. and Chongsuivatwong, V. S. 2015. Dietary Pattern and Metabolic Syndrome in Thai Adults. *J Nutr Metab.* 1-10.
- Amakura, Y., Yoshimura, M., Yamakami, S. and Yoshida, T. 2013. Isolation of phenolic constituents and characterization of antioxidant markers from sunflower (*Helianthus annuus*) seed extract. *Phytochem Lett.* 6(2): 302-305.
- Amin, K. A. and Nagy, M. A. 2009. Effect of Carnitine and herbal mixture extract on obesity induced by high fat diet in rats. *Diabetol Metab Syndr.* 1-17.
- Ashrafi, Z. Y., Sadeghi, S. Mashhadi, H. R. and Hassan, M. A. 2008. Allelopathic effects of Sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). *J. Agric. Tech.* 4 (1): 219-229.
- Bahadoran, Z., Tohidi, M., Nazeri, P., Mehran, M., Azizi, F. and Mirmiran, P. 2012. Effect of broccoli sprouts on insulin resistance in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind clinical trial. *Int J Food Sci Nutr.* 63(7): 767-771.
- Bradberry, J. C. and Hilleman, E. H. 2013. Overview of Omega-3 Fatty Acid Therapies. *P&T.* 38(11). 681-691.
- Cicero, A.F., Tartagni, E. and Ertek, S. 2014. Nutraceuticals for metabolic syndrome management: from laboratory to benchside. *Curr Vasc Pharmacol.* 12(4): 565-571.
- Chien, M. Y., Ku, Y. H., Chang, J. M., Yang, C. M. and Chen, C. H. 2016. Effects of herbal mixture extracts on obesity in rats fed a high-fat diet. *JFDA.* 24(3): 594-601.
- Chon, S. 2013. Total polyphenols and bioactivity of seeds and sprouts in several legumes. *Curr Pharm Des.* 19 (34): 6112-6124.
- Davi, G., Santilli, F. and Patrono, C. 2010. Nutraceuticals in diabetes and metabolic syndrome. *Cardiovasc Ther.* 28(4): 216-226.
- de Meijer, V. E., Le, H. D., Meisel, J. A., Sharif, M. R. A., Pan, A., Nose, V. and Puder, M. 2010. Dietary fat intake promotes the development of hepatic steatosis independently from excess caloric consumption in a murine model. *Met Clin Exp.* 59: 1092-1105.
- Englisch W, Beckers C, Unkauf M, Ruepp M, Zinserling V. 2000. Efficacy of artichoke dry extract in patients with hyperlipoproteinemia. *Arzneim Forsch.* 50(3): 260-265
- Fowler, M.W. 2006. Plants, medicines and man. *J Sci Food Agric.* 86(12):1797-1804.
- Gaikwad, S. B., Krishna Mohan, G. and Sandhya Rani, M. 2014. Phytochemicals for Diabetes Management. *Pharmaceutical Crops.* 5 (Suppl 1: M2): 11-28.

- Guo, S., Ge, Y. and Na Jom, J. 2017. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus L.*). Chem Cent J. 1-10. DOI 10.1186/s13065-017-0328-7.
- Habibullah, S. A., Bilbis, L. S., Ladan, M. J., Ajagbonna, O. P. and Saidu, Y. 2007. Aqueous Extract of *Hibiscus sabdariffa* Calyces Reduces Serum Triglycerides but Increases Serum and Egg Yolk Cholesterol of Shika Brown Laying Hens . Asian J Biochem. 2: 42-49.
- Harir, N. and Thibault, L. 2010. High-fat diet-induced obesity in animal models. Nutr. Res. Rev. 23: 270-299.
- Kamal J. 2011. Quantification of alkaloids, phenols and flavonoids in sunflower (*Helianthus annuus L.*). Afr J Biotechnol . 10(16): 3149-3151.
- Kalupahana, N. S., Voy, B. H., Saxton, A. M. and Moustaid-Moussa, N. 2011. Energy-Restricted High-Fat Diets Only Partially Improve Markers of Systemic and Adipose Tissue Inflammation. Obesity. 19(2): 245-254.
- Kuo, Y. H., Rozan, P., Lambein, F., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. 2004. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. Food Chem. 86: 537-545.
- Laila, O. and Murtaza, I. 2014. Seed sprouting: a way to health promoting treasure. Int J Cur Res Rev. 6(23): 70-74.
- Lemieux, I., Lamarche, B., Couillard, C., Pascot, A., Cantin, B., Bergeron, J., Dagenais, G.R. and Després, J.P. 2001. Total Cholesterol/HDL cholesterol ratio vs LDL cholesterol/HDL cholesterol ratio as indices of ischemic heart disease risk in men: The Quebec Cardiovascular Study. Arch Intern Med. 161(22): 2685-2692.
- Lorenz K. 1980. Cereal sprouts: composition, nutritive value, food applications Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 13(4): 353-385.
- Mao, X., Zhang, L., Xia, Q., Sun, Z., Zhao, X., Cai, H., Yang, X., Xia, Z. and Tang, Y. 2008. Vanadium-enriched chickpea sprout ameliorated hyperglycemia and impaired memory in streptozotocin-induced diabetes rats. Biometals. 21(5): 563-570.
- Marton, M., Mandoki, Z., Csapo-Kiss, Z. and Csapo' J. 2010. The role of sprouts in human nutrition. A review. Acta Univ Sapientiae. 3: 81-117.
- National Research Council. 1995. Nutrient Requirements of Laboratory Animals, Fourth Revised Edition, 1995. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4758>.
- Pajak, P., Socha, R., Galkowska, D., Roznowski, J. and Fortuna T. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. Food Chem. 143: 300-306.
- Park, H. S, Choi, J. S. and Kim, K. H. 2000. Docosahexaenoic acid-rich fish oil and pectin have a hypolipidemic effect, but pectin increases risk factor for colon cancer in rats. Nutri Res. 20(12). 1783-1794.

- Pasko, P., Barton, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S, Foltá, M. and Zachwieja, Z. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem.* 115(3): 994-998.
- Patani, S., Nayak, M. and Sharma, R. 2018. Ischemic heart disease: role of total cholesterol: HDL C ratio as an important indicator compared to LDL C. *IJBB.* 14(1): 13-17.
- Sankaranarayanan, S., Bama, P., Deccaraman, M., Vijayalakshimi, M., Murugesan, K., Kalaichelvan, P.T. and Arumugam, P. 2009. Isolation and characterization of bioactive and antibacterial compound from *Helianthus annuus* linn. *Indian J Exp Biol.* 46: 831-835.
- Sarwar Gilani, G., Wu Xiao, C. and Cockell, K. A. 2012. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br J Nutr.* 108(2): S315-332.
- Schaffer, J. E. 2003. Lipotoxicity: when tissues overeat. *Curr. Opin. Lipidol.* 14: 281-287.
- Sun, Z., Chen, J., Ma, J., Jiang, Y., Wang, M., Ren, G. and Chen, F. 2012. Cynarin rich sunflower (*Helianthus annuus*) sprouts possess both antiglycative and antioxidant activity. *J Agri Food chem.* 60(12): 3260-3265.
- Tanamool, V. and Chatkon, A. 2017. Nutritional assessment and effects of cooking methods on antioxidant activity of sunflower sprouts. *Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agriculture Products (FERVAAP2017).* Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 164-168.
- Wasant, P., Svasti, J., Srisomsap, C., Liammongkolkul, S., Naylor, E. W. and Matsumoto I. 1999. Inherited metabolic disorders in Thailand--Siriraj experience. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 30(2): 124-137.
- Weisz, G. M., Kammerer, D. R. and Carle, R. 2009. Identification and quantification of phenolic compounds from sunflower (*Helianthus annuus* L.) Kernels and shells by HPLC-DAD/ESI-MS. *Food Chem.* 115(2): 758-765.
- Yao, Y., Chen, F., Wang, M., Wang, J. and Ren, G. 2008. Antidiabetic activity of Mung bean extracts in diabetic KK-Ay mice. *J Agric Food Chem.* 56 (19): 8869-8873.
- Yeap, S. W., Ali, N. M., Yusof, H. M., Alitheen, N. B., Beh, B. K., Ho, W. Y., Koh, S. P. and Long, K. 2012. Antihyperglycemic effects of fermented and non-fermented mung bean extracts on alloxan-induced diabetic mice. *J Biomed Biotechnol.* 2: 1-7.
- Zeka, K., Ruparelia, K., Arroo, R., Budriesi, R. and Micucci, M. 2017. Flavonoids and Their Metabolites: Prevention in Cardiovascular Diseases and Diabetes. *Diseases,* 5(3). 19.  
doi:10.3390/diseases5030019.



วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

**1. คุณสมบัติการเป็นผู้เขียน (Authorship)**

บุคคลที่จะมีชื่อในฐานะเป็นผู้เขียนในผลงานทางวิชาการที่ต้องการตีพิมพ์ ควรจะมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1.1 มีส่วนร่วมอย่างเด่นชัดในผลงานนั้น ได้แก่ การกำหนดกรอบแนวคิดและออกแบบการค้นคว้า หรือเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น การวิเคราะห์และการแปรผลข้อมูลการศึกษาหรือวิจัย

1.2 มีส่วนร่วมในการร่างและแก้ไขต้นฉบับในเนื้อหาสำคัญที่ต้องใช้ความรู้

1.3 มีโอกาสที่จะรับทราบและมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้ไขต้นฉบับในขั้นตอนต่างๆ และให้การรับรองต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์

**2. ประเภทผลงานตีพิมพ์**

2.1 งานวิจัย (Original research) เป็นผลงานจากการค้นคว้าทดลองหรือวิจัยทางวิชาการที่ผู้เขียนหรือกลุ่มผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง

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

**3. การเตรียมต้นฉบับผลงานวิจัย**

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

องค์ประกอบต่างๆ ของบทความวิจัยหรือบทความปริทัศน์ให้จัดทำตามคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับนี้ การใช้ภาษาไทย ให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และชื่อบัญญัติตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยโดยไม่จำเป็น กรณีจำเป็นให้เขียนคำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยในวงเล็บภาษาอังกฤษ โดยคำแรกให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ส่วนอักษรและคำที่เหลือทั้งหมดให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นชื่อเฉพาะทุกคำให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่

การปรากฏอยู่หลายที่ในบทความของศัพท์คำเดียวกันที่เป็นภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษให้ใช้คำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษเฉพาะครั้งแรก ครั้งต่อไปให้ใช้เฉพาะคำศัพท์ภาษาไทยเท่านั้น

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

#### 4. การลำดับเรื่อง ควรเรียงดังนี้

##### 4.1 หน้าที่ 1 (หน้านำภาษาไทย หรือ Title page in Thai) ประกอบด้วย

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

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

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

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

##### 4.2 หน้าที่ 2 (หน้านำภาษาอังกฤษ หรือ Title in English) ประกอบด้วย

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

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

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

สาระสำคัญของเรื่องทั้งหมดเป็นภาษาไทย ไม่ควรเกิน 250 คำ และไม่ควรรู้คำย่อในบทความย่อ ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษต้องส่งบทความย่อภาษาไทยด้วย

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

**4.3 หน้า 3 และหน้าต่อไป** ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ โดยพิมพ์ติดต่อกันตามลำดับ

**4.3.1 บทนำ (Introduction)** อธิบายถึงพื้นฐานที่มาและความสำคัญของปัญหาโดยมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับให้ผู้อ่านเข้าใจและแปรผลการศึกษาค้นคว้าได้ และต้องทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญเท่านั้น นอกจากนี้ต้องระบุเหตุผล สมมุติฐานและวัตถุประสงค์ของการศึกษาให้ชัดเจน

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

**4.3.3 ผลการวิจัย (Results)** ควรรายงานผลการศึกษาดำเนินการหัวข้อที่อยู่ในการออกแบบการศึกษาอย่างชัดเจน ดูได้ง่าย ถ้าผลไม่ซับซ้อน ไม่มีตัวเลขมาก ให้บรรยายเป็นร้อยแก้ว ถ้ามีตัวเลขและตัวแปรมาก ควรใช้ตาราง กราฟหรือแผนภูมิ โดยไม่ต้องอธิบายตัวเลขซ้ำอีกในเรื่อง ยกเว้นข้อมูลสำคัญ

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

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

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

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

จำเป็นยิ่ง การเขียนอ้างอิงเอกสารในบทความทางวิชาการทุกประเภทจำเป็นต้องมีการอ้างอิงไว้ทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนเนื้อเรื่อง และส่วนท้ายเรื่อง

### 1) การอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่อง (In-text citations)

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

### 2) การอ้างอิงส่วนท้ายเรื่อง (Reference citations)

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

## ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง

### 1) สิ่งพิมพ์

#### หนังสือ (Books)

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

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

#### วารสาร

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

#### ผู้แต่ง 1 คน

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

#### ผู้แต่ง 2 คน

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

#### ผู้แต่ง 3 คนขึ้นไป

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

## 2) อินเทอร์เน็ต

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

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

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

### หมายเหตุ (1): การเขียนคำบรรยายประกอบตาราง

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

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

### หมายเหตุ (2): การเขียนคำบรรยายประกอบรูปภาพ

ภาพ หมายถึง รูปภาพ ภาพถ่าย แผนภูมิ แผนที่ แผนภาพ และกราฟ ซึ่งจะต้องมีความชัดเจน

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

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

### หมายเหตุ (3): การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific names) และคำที่เป็นภาษาละติน

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

หมายเหตุ (4): การเขียนคำย่อ

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

\*\*\*\*\*

- ความคิดเห็นต่อการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในนิคมการเกษตร ตำบลกำแมด อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์แคร็กเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวฮางข้าวเหนียวดำ
- การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งใบบัวบกโดยรังสีอินฟราเรดต้นแบบ
- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์กวนชีวภาพแบบฟลูอิดไคซ์เบตต์วกลางถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อใช้ทางการเกษตร
- การศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ในแพะ
- ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย
- ผลกระทบจากรูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมต่อความสบายของโคในฟาร์มรายย่อย ในจังหวัดเชียงใหม่
- ผลของการใช้กล้วยน้ำว้าเสริมในอาหารต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันและความต้านทานโรค จากการติดเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ในปลานิล
- โรคติดเชื้อปรสิตของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) ในจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดร้อยเอ็ด
- ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะขยายพันธุ์กบนาลูกผสมในฤดูหนาว
- การใช้ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pudica*) เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับการปลูกคื่นฉ่าย (*Apium graveolens* Linn.)
- ผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อย
- ผลของสีฝักและวัสดุปลูกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามฝักงอ
- การศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของุ่นทำไวน์พันธุ์ 'Syrah' บนต้นต่ออุณหภูมิต่างๆ
- การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างต้นจอกกับฟางข้าวต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก
- ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* ที่มีต่อแมลงหิวข้าวยาสูบและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล
- Sunflower Sprout: Nutraceuticals for Metabolic Syndrome