



วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2562

PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

Vol. 16 No. 1 / JUNE 2019

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University



ISSN 1685-8379

วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และผู้สนใจ ในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร ในมหาวิทยาลัย วิทยาลัย และองค์กรทางการเกษตรทั้งภาครัฐและเอกชน

2. เป็นเวทีทางวิชาการเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และวิทยาการทางด้านการเกษตรระหว่างนักวิชาการ ผู้ประกอบการ และผู้รู้อื่นๆ

3. เพื่อเป็นเอกสารทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาอาชีพเกษตรให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ

เรื่องที่ลงตีพิมพ์

ได้แก่ บทความวิชาการจากการรายงานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นประโยชน์ต่อวงการเกษตรที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน โดยทุกเรื่องที่ได้ตีพิมพ์ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอก

เจ้าของ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุต ถึงนาค

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษิต บุญทองเถิง

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.รภัสสา จันทาศรี

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

กองบรรณาธิการ

1. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยต่างประเทศ

1.1 Prof. Dr. Clemen Fuchs

University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany

1.2 Prof. Dr. Kishio Hatai

Laboratory of Fish Diseases, Nippon Veterinary and Life Science University, Japan

1.3 Prof. Dr. ir. Anton Beynen

Vobra Special Pet Foods, Veghel, The Netherlands

2. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยอื่นในประเทศไทย
 - 2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.2 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชคตระการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 - 2.3 รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 2.4 รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
 - 2.6 รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์ อารีย์ชน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เอื้องกลาง คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครราชสีมา
 - 2.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เข้าวเครือ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
 - 2.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เขียวสุวรรณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนกานต์ อินทรกำแหง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 - 3.1 รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ คำผา
 - 3.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์
 - 3.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา
 - 3.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พัวไพบุลย์
 - 3.5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนี พลวิเศษ
 - 3.6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมราช
 - 3.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ บุตรศาสตร์
 - 3.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหล็กไหล จันทะบุตร
 - 3.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย โคตรดก
 - 3.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์
 - 3.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เวชกามา

ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ อาจารย์อุดร จิตจักร

ฝ่ายจัดการ อาจารย์ ดร.กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย และ นางสาวชยาภย์ ฤทธาพรหม

ฝ่ายศิลปกรรม อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

ภาพปก คุณกฤษฎา ราชมณี

ผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) ตรวจสอบทางวิชาการประจำฉบับ

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ จำปาวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจพรรณ เอกะสิงห์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา

รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ
รองศาสตราจารย์ ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ
รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี จาละ
รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร เจริญพร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิทร์ สมพร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศารัตน์ โชติเชย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาพรพรรณ ไชยานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรภรณ์ พิมพ์จันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี สุริยะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรานันท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายทอง แก้วฉาย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมพ์ราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรรณ ศรีโสมพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เตือนใจ ศิริพาหนะกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณภาพร เวชกามา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจพร รอดอาวูธ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศยามน ปรียาจารย์
อาจารย์ ดร.จตุพร อนุชัย

อาจารย์ ดร.ชัชวาลย์ แสงฤทธิ์
อาจารย์ ดร.บรรยง ทุมแสน
อาจารย์ ดร.พรพิชญ ธรรมปัทม
อาจารย์ ดร.วิจิตรา เหลียวตระกูล

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

อาจารย์ ดร.ศุภชัย สุทธิเจริญ
ดร.จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวน

นายวุฒิชัย จันทรมบัติ

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
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

- บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) บทความละ 2 ท่าน
- กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิงแสดงที่มา

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

อีเมลล์ prawarun.j@rmu.ac.th

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL



ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

VOL. 16 NO. 1 JANUARY – JUNE 2019

ISSN 1685-8379

สารบัญ

บทความปริทัศน์ (Review Article)

- แนวทางการผลิตมันสำปะหลังหลังเก็บเกี่ยวข้าว 1
ทวิทรัพย์ ไชยรักษ์ และ พีระยศ แข็งขัน
Approaches to Cassava Production of Cassava after the Harvest of Rice
Taweasab Chaiyarak and Phirayot Khaengkhan
- ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจ 19
นิมิตร วงศ์สุวรรณ และ พีระยศ แข็งขัน
Benefits of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Increasing Efficiency for
Economic Crops
Nimit Wongsuwan and Phirayot Khaengkhan
- กลไกที่แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง 34
สิริวัค สุระพร
Mechanism of Insecticide Resistance to Insect
Siripuk Suraporn
- The Effects of Chemical Composition of Rice Flour on Physico-Chemical and 49
Functional Properties
Supaluck Kraithong and Saroot Rawdkuen
อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งข้าว
ศุภลักษณ์ ไคร์ไท้ และ สาโรจน์ รอดคื่น

บทความวิจัย (Research Article)

- คุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคไวรัสใบจุดวงแหวนของมะละกอพันธุ์ศรีราชภฏ 71
ในพื้นที่ 4 จังหวัด ของประเทศไทย
รภัฏสา จันทาศรี
Fruit Quality and It's Tolerance Papaya Ring Spot Virus of Papaya cv. Sri Rajabhat in 4
Provinces, Thailand
Rapatsa Janthasri
- ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน 81
วนิดา ชัยชนะ
Efficiency of Vermicompost on Growth and Yield of Water Morning Glory
(*Ipomoea aquatica* Forsk. Var. reptan)
Vanida Chaichana
- คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์ที่พบในเขตจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดใกล้เคียง 91
ที่อายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน
ธีระรัตน์ ชินแสน, สำราญ พิมราชน, นภาพร เวชกามา, เกศจิตต์ ขามคุลา และ สมชาย ชคตระการ
A Quality of Local Rice Seed Varieties in Maha Sarakham Province and Neighboring
Provinces at Different Storability
*Theerarat Chinnasaen, Sumran Pimrach, Naphaporn Wetchakama,
Ketjit Kamkula and Somchai Chakatrakarn*
- การรับรู้และการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย 105
*ปุนยาพร ปรางบาง, ทิพวรรณ ชันคูณ, ธัญชนก ยะมงคล, นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, สุกัญญา เสรีนนท์ชัย,
อุทัย เจริญวงศ์, Thomas Neal Stewart และ นพพล อรุณรัตน์*
Farmers' Perception and Adaptation to Climate Change in Thailand
*Punyaporn Prangbang, Tippawan Kunkoon, Thanachanok Yamongkol, Nathsuda Pumijumnong,
Sukanya Sereenonchai, Uthai Chareonwong, Thomas Neal Stewart and Noppol Arunrat*
- การวิจัยเพื่อพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคม 120
เศรษฐกิจอาเซียน
ทัศนีย์ อารมย์เกลี้ยง
Research on the Improvement and the Development of Agricultural Products in
the Communities for Food Safety System under ASEAN Economic Community (AEC)
Tasanee Aromkliang

- พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในเขตอำเภอเมืองอุดรธานี 129
 จังหวัดอุดรธานี
 ศิริรัตน์ สารแสง, กิตติศักดิ์ รสโสดา, กัญญารัตน์ โคตรชมพู และ อรรถศาสตร์ วิเชียรศาสตร์
 Behavior and Factors Influencing Consumers on Hydroponic Vegetable Consumption in
 Mueang District, Udon Thani Province
 Sirirat Sansaeng, Kittisak Rossoda, Kanyarat Kotchomphu and Atthasat Wiseansat
- ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร 142
 ภาณุภัทร ไชยสมบัติ และ นราวุธ ระพันธ์คำ
 Factors Affecting Raw Milk Production Cost of Farmers in Sakon Nakhon Province
 Phornphat Chaisombut and Narawut Rapankum
- ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำในจังหวัดสกลนคร 154
 นราวุธ ระพันธ์คำ และ ภาณุภัทร ไชยสมบัติ
 Factors Affecting the Consumption of Processed Pon Yang Kham Beef Products in
 Sakon Nakhon Province
 Narawut Rapankum and Phornphat Chaisombut
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮมหมูไมโครเวฟ 165
 ศันสนธร พิชัย
 Product Development of Pork Snack Microwave
 Sananthorn Pichai
- คุณค่าแป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากลูกตำลึง 174
 สุนันท์ บุตรศาสตร์, ขนิษฐา พานิชศิริ, วรณภา รสเศรษฐา และ นรินทร แสนสุข
 Rice Flour Cookie Fortified with Colorant from Ivy Gourd Fruit
 Sunan Butsat, Kanittha Panithsiri, Wannapa Rotsettha and Narinthorn Sansuk
- การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเสริมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบหญ้าม้าพังไพบ 182
 และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
 พรพรรณ สิริมนต์ และ ธิติมา วงษ์ชีวี
 Ultrasonic-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from *Paederia pilifera* Hook. f.
 Leaves and Its Antioxidant Activity
 Pornpun Siramon and Thitima Wongsheree

- Growth Performance and Methane Production of Thai Native Beef Cattle under 190
 Grazing and Cut-Carry Ruzi Grass with or without Concentrate Supplementation
Suwit Thip-uten, Suradej Pholsen, Kritapon Sommart, Thumrongsakd Phonbumrung, Yinmin Cai and D.E.B Higgs
 สมรรถนะการเจริญเติบโตและการผลิตแก๊สมีเทนของโคเนื้อพื้นเมืองไทยที่ปล่อยแพะเล็มและ
 การตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอกร่วมกับการเสริมและไม่เสริมอาหารข้น
สุวิทย์ ทิพอุเทน, สุรเดช พลเสน, กฤตพล สมมาตย์, ชำรงค์ศักดิ์ พลบำรุง, Yinmin Cai และ D.E.B Higgs

- Preliminary Investigation of *Trichoderma asperellum*'s Culture and Extracts 204
 Against Black Rot of Orchid
Kanchalika Ratanacherdchai, Taweesab Chaiyarak and Nattachai Juntachum
 การทดสอบใช้เชื้อราและสารสกัดจากเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ในการต่อต้านเชื้อสาเหตุ
 โรคเน่าดำของกล้วยไม้
กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย, ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และ ณัฏฐชัย จันทชุม

แนวทางการผลิตมันสำปะหลังหลังเก็บเกี่ยวข้าว

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์* และ พิระยศ แข็งขัน

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังปรางเป็นการปลูกมันสำปะหลังในนาข้าวหลังฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนาปี นิยมปลูกปลายเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน (ปลายฤดูฝน) เก็บเกี่ยวเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน รวมระยะเวลาปลูกประมาณ 5 - 6 เดือน พันธุ์ที่ปลูก ได้แก่ ระยะเวลา 7 ระยะ 72 และเกษตรศาสตร์ 50 การเตรียมท่อนพันธุ์ด้วยวิธีการซุบหรือแช่ท่อนพันธุ์ด้วยวิธีการใช้สารเคมี (ไทอะมีโทแรม (25%WG) หรือไดโนทีฟูแรน (10%WG)) เพื่อป้องกันปัญหาเพลี้ยแป้งสีชมพู หรือแช่ด้วยสารอินทรีย์ในธรรมชาติก่อนปลูก เช่น น้ำสกัดมูลสุกร น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน สารละลายธาตุอาหาร สารพอลิแซคคาไรด์ที่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ช่วยเร่งการเกิดรากและการเกิดตาข้างของมันสำปะหลังได้ตั้งแต่ระยะเวลา 7-21 วันหลังปลูก ทำให้ได้ท่อนพันธุ์ที่สะอาดปราศจากโรคและแมลง วิธีการปลูกแบบแนวตั้งให้ผลผลิตหัวสดดีกว่าการปลูกแบบแนวนอน การเตรียมดินโดยไถพรวนด้วยพาน 3 หรือพาน 7 เพียง 1 ครั้ง ตามด้วยการยกร่องจะทำให้ดินไม่อัดแน่นเกินไปและปลูกตามทันทีขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่ ระยะปลูกที่แนะนำคือ ระยะ 0.8 x 0.8 ม. หรือ 0.8 x 1.0 ม. ยกร่องสูง 0.25-0.3 ม. การใส่ปุ๋ยแนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมีที่มีอัตราส่วนของ N:P₂O₅:K₂O เป็น 2:1:2 หรือ 2:1:3 หรือ 3:1:2 หรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดิน ผลผลิตของมันสำปะหลังเท่ากับ 3-4 ตัน/ไร่ มันสำปะหลังมีจำนวนรากสะสมอาหารและการสะสมแป้งใกล้เคียงกับระยะการเก็บเกี่ยวปกติ ปริมาณการสะสมไซยาไนด์ในใบและในรากสะสมอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเก็บเกี่ยว 5-6 เดือนหลังปลูก หากใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น paclobutrazol (PBZ) ทำให้คุณภาพแป้งดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การปลูกมันสำปะหลังหลังนาสามารถลดการระบาดของโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย (*Meloidogyne incognita*) ที่มีพืชอาศัยต่างชนิดกัน

คำสำคัญ: มันสำปะหลังปราง ระยะเวลาเก็บเกี่ยว และ ผลผลิต

*

ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: taweasab.chaiyarak@gmail.com

Approaches to Cassava Production of Cassava after the Harvest of Rice

Taweessab Chaiyarak* and Phirayot Khaengkhan

*Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology,
Maha Sarakham university, Kantarawichai District,
Maha Sarakham Province, 44150, Thailand*

Abstract

Prang cassava; cassava is grown in paddy fields after the harvest of rice, usually starts from late October to November (late rainy season), harvested from May to June and has a duration of approximately 5 - 6 months after planting. The cassavas cultivated are Rayong 7, Rayong 72 and Kasetsart 50. Preparation of planting materials is to soak the cassava stakes with chemicals; thiamethoxam (25% WG) or dinotefuran (10% WG)) to prevent pinkish mealy bug (*Phenacoccus manihoti*), or soaked with organic substances before planting, such as pig manure extract, vermicompost tea, nutrient solution and polysaccharide produced from microorganisms to accelerate root formation and lateral cassava bud emergence during 7-21 days after planting, resulting in clean and pest free seedlings. Vertical planting method produces better root yield than horizontal planting. Soil preparation is done ray plowing the field once using a tractor equipped with 3 or 7 disks and fallowed by making ridges (0.25-0.30 m high), so that the soil become loosened and suitable for cassava planning. Cassava is planted immediately on the ridges while the soil moisture content is suitable with the spacing of 0.8 x 0.8 or 0.8 x 1.0 m and cassava yield of 3-4 tons/rai has been reported. The application of inorganic fertilizer having N : P₂O₅ : K₂O rates of 2 : 1 : 2 or 2 : 1 : 3 or 3: 1: 2. This short duration cassava has similar number of storage roots and starch content to the normal harvest one (12 months). The contents of cyanide in leaf and root of this cassava was found to decrease after 5-6 months after planting. Plant growth regulator such as paclobutrazol (PBZ) has been reported to increase the quality of the starch. Decides, growing cassava after rice harvest can reduce the incidence of root host nematodes, *Meloidogyne incognita*.

Keywords: Off-season cassava, Harvesting time and Yield

* Corresponding author: E-mail: taweessab.chaiyarak@gmail.com

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย รองจากข้าว ยางพารา และอ้อย ฤดูกาลผลิตปี 2561/62 มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8.40 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3.56 ตัน/ไร่ (Thai Tapioca Development Institute, 2017) มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย แต่ผลผลิตของไนจีเรียส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ (ร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมด) ไทยจึงเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีประเทศเวียดนาม กัมพูชา ไนจีเรีย อินโดนีเซีย และบราซิล เป็นประเทศผู้ส่งออกรองลงมา มันสำปะหลังไม่ใช่อาหารหลักของคนไทย จึงใช้บริโภคในประเทศน้อย เพียงร้อยละ 25-30 ของปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้เท่านั้น ผลผลิตส่วนใหญ่ร้อยละ 70-75 จะส่งออกในรูปแบบผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นพื้นฐาน ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด และ แป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ (Kasetsart University Research and Development Institute, 2015; Dhanabordeeaphat, 2018)

ในประเทศไทยเกษตรกรนิยมปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน โดยมีการปลูกต้นฤดูฝนมากกว่าปลายฤดูฝน ปัจจุบันมีแนวโน้มการปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝน (กันยายน-พฤศจิกายน) โดยใช้พื้นที่ทำนาปีมาปลูกมันสำปะหลังทดแทนเพิ่มมากขึ้นคิดเป็นเนื้อที่ร้อยละ 30 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด มันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่นาหลังเก็บเกี่ยวข้าวซึ่งใช้ระยะเวลาในการปลูกและเก็บเกี่ยวสั้นกว่าการปลูกมันสำปะหลังในสภาพไร่ทั่วไป เกษตรกรจึงเรียกว่ามันสำปะหลังปรัง โดยได้รับความชื้นในดินและธาตุอาหารจากการย่อยสลายของฟางข้าวและปุ๋ยที่เหลืออยู่ที่ค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ (Bhandari *et al.*, 2000; Ogbodo, 2010; Keopila *et al.*, 2013) นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาการเกิดโรคในนาข้าว ดังรายงานของ Ruanpanan (2017) ได้ศึกษาการควบคุมโรครากปมของมันสำปะหลังที่เกิดจากไส้เดือนฝอย (*Meloidosyne*

incognita) พบว่า ไส้เดือนฝอยที่แยกได้จากดินปลูกข้าวไม่สามารรถเข้าทำลายมันสำปะหลังได้ทั้งที่มันสำปะหลังที่ปลูกนั้นเป็นพันธุ์พืชที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยชนิดดังกล่าว แต่เกษตรกรอาจต้องเสี่ยงต่อการขาดแคลนท่อนพันธุ์สภาวะอากาศที่อาจมีฝนตกจนท่วมขังได้ ที่ผ่านมายังไม่มีการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้เหมาะกับการปลูกปลายฤดูฝน เกษตรกรจึงเลือกพันธุ์ปลูกจากลักษณะพันธุ์ที่งอกเร็วมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง และอัตราการรอดสูง เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอายุ 1-2 เดือนหลังปลูก และสามารถฟื้นตัวได้เร็วเมื่อได้รับน้ำฝนอีกครั้งหลังจากผ่านช่วงฤดูแล้งอันยาวนาน พันธุ์ที่ปลูกได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ระยะงอก 7 ระยะงอก 72 ระยะงอก 90 และห้วยบง 80 เป็นต้น (Panyangnoi *et al.*, 2013; Boonseng *et al.*, 1998; Sinworn and Duangpatra, 2014) เนื่องจากมันสำปะหลังปรังมีการปลูกและอายุเก็บเกี่ยวสั้น ผลผลิตและคุณภาพแป้งจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเช่นเดียวกับการปลูกมันสำปะหลังในฤดูต้นฝน ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการสะสมปริมาณแป้งในมันสำปะหลังคือ พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยว หากเก็บเกี่ยวในช่วง 8-12 เดือนจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ถ้าต้นมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น 16-18 เดือน หัวจะมีขนาดใหญ่ บริเวณตรงกลางของหัวจะฝ่อหรือมีน้ำมากเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวจึงต่ำ (Samuththong *et al.*, 2011) สำหรับอัตราการลงหัวส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นทั้งการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน แต่การปลูกปลายฤดูฝนพบว่า น้ำหนักแห้งของหัวจะเริ่มสะสมที่อายุ 4 เดือนและเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงอายุ 24 เดือนหลังปลูก โดยน้ำหนักแห้งของหัวจะไม่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้งคือในช่วง 18-21 เดือน ดังนั้นแนวทางการเพิ่มผลผลิตจึงให้ความสำคัญที่การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เป็นหลัก ระบบการปลูกพืชโดยอาศัยน้ำฝนส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว ปัจจุบันมันสำปะหลังเริ่มมีราคาสูง ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกมันสำปะหลังหลังเก็บเกี่ยวข้าวกันเพิ่มมากขึ้น และเมื่อถึงฤดูทำนาในฤดูถัดไปจึงเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยวสั้นไม่ถึง 12 เดือนซึ่งทำให้ได้ผลผลิตต่ำ การผลิตมันสำปะหลังจะมีคุณภาพของผลผลิตดีหรือไม่อย่างไรนั้นย่อมขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพดินที่ปลูก (Boonseng,

2006; Salami and Sangoyomi, 2013) เกษตรกรจึงควร มีการจัดการที่ดี ใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับดินและพื้นที่ ร่วมกับการปฏิบัติดูแลรักษาในระยะเวลาเก็บเกี่ยว สั้น ดังนั้น หากมีการศึกษาพันธุ์ที่ร่วมกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม ย่อมน่าจะเป็นแนวทางในการปลูกมันสำปะหลังปรางค์หางนา ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นแต่ยังคงคุณภาพผลผลิตและปริมาณ ผลผลิตที่ดีได้

มันสำปะหลังปรางหรือมันปราง

มันสำปะหลังปราง หรือมันปราง หมายถึง มัน สำปะหลังที่เกษตรกรปลูกในพื้นที่นาข้าวหลังจากการเก็บ เกี่ยวข้าวนาปี โดยปกติจะปลูกในเขตพื้นที่ชลประทานที่ เกษตรกรเคยปลูกข้าวนาปีมาก่อน แต่เนื่องจากในพื้นที่ ดังกล่าวมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการทำนาปราง เกษตรกร จึงหันมาปลูกมันสำปะหลังทดแทนในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้มี การเรียกมันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่นาหลังจากการปลูก ข้าวนาปีว่า “มันสำปะหลังปรางหรือมันปราง” โดยเกษตรกร จะเริ่มปลูกประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน (ปลายฤดูฝน) และปลูกมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม โดยสามารถเก็บ เกี่ยวได้ประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน รวม ระยะเวลาประมาณ 5-6 เดือน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ (Sittidet, 2008; Prachyasiri, 2012)

การเลือกพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับปลูกหลังนา

ดินที่ใช้ปลูกข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินเป็นดินทรายปนดิน ร่วน มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ การเลือกพันธุ์ปลูกต้อง เลือกพันธุ์ให้เหมาะสมตามชนิดของเนื้อดิน ดังนั้นการปลูก มันสำปะหลังหลังนาเป็นการปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าวจึงไม่ กระทบต่อช่วงเวลาที่มีการท่วมขังของน้ำ ทำให้สามารถ ปลูกมันสำปะหลังในปลายฤดูฝนได้ Kittipadukul *et al.* (2013) รายงานว่า พันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมแก่การปลูก

ปลายฝน ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 และ เกษตรศาสตร์ 50 สำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ปลูกได้ทั้ง 2 ฤดู แต่หาก ปลูกปลายฤดูฝนจะได้ผลผลิตดีกว่า เนื่องจากพันธุ์ของมัน สำปะหลังเหล่านี้เมื่อนำมาปลูกในนาข้าวจะให้ผลผลิตดี และมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 6-8 เดือน เท่านั้น แต่เปอร์เซ็นต์แป้งในมันสำปะหลังจะน้อยกว่ามัน สำปะหลังที่ปลูกในสภาพไร่ทั่วไป ซึ่งส่วนใหญ่มันสำปะหลัง ที่ปลูกในนาข้าวจะส่งโรงงานมันเส้นเป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับงานของ Boonseng *et al.* (1998) ที่ได้ศึกษา เติบโตของพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน จำนวน 5 สายพันธุ์คือ เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 90 ระยอง 60 ระยอง 1 และศรีราชา 1 พบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 625 กก./ เฮกตาร์ แต่พันธุ์ระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยและมี เติบโตสูง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังพบว่า พันธุ์ เกษตรศาสตร์ 50 ยังคงให้ผลผลิตสูงสุดในสภาพแวดล้อมที่ ให้ผลผลิตต่ำหรือปรับตัวได้นั่นเอง และรายงานของ Panyangnoi *et al.* (2013) ได้ทำการทดสอบระบบปลูกพืช แบบระบบข้าว-มันสำปะหลังในพื้นที่เกษตรกรเป็นการปลูก มันสำปะหลังหลังนา โดยปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ ทดสอบเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรโดยปลูกพันธุ์ระยอง 72 ในช่วงหลังเก็บเกี่ยวข้าวพบว่า กรรมวิธีการทดสอบใช้พันธุ์ ระยอง 72 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 2,204 และ 2,178 กก./ไร่ ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยร้อยละ 21.0 และ 20.5 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแป้งอยู่ในช่วงที่ ใกล้เคียงกับรายงานของ Polthane *et al.* (2014) ที่ได้ ศึกษาการปลูกมันสำปะหลังจำนวน 5 พันธุ์ในพื้นที่นา เพื่อ ศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณแป้ง เก็บเกี่ยวที่ อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่ามันสำปะหลังทุกพันธุ์มีจำนวน หัวต่อต้นและเปอร์เซ็นต์แป้งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อ ได้รับปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 156 กก./เฮกตาร์ พันธุ์ระยอง 72 มีผลผลิตน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับพันธุ์ระยอง 72 ที่มี ผลผลิตน้ำหนักแห้งและค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวมากที่สุด (Table 1)

Table 1 Tuber roots number, yield, starch content and harvest index (HI) of cassava following rice as affected by cultivars at harvest

Cassava cultivars	Tuber roots number	Fresh root yield (t ha ⁻¹)	Dry root yield (kg ha ⁻¹)	starch content (%)	HI
Rayong 7	7.0	28.2 ^a	723.8 ^{ab}	19.6	0.43 ^b
Rayong 11	6.3	21.3 ^{ab}	720.6 ^{ab}	23.7	0.38 ^c
Rayong 72	5.3	27.8 ^a	955.1 ^a	19.1	0.50 ^a
Kasetsart 50	4.8	23.2 ^{ab}	642.9 ^{ab}	25.9	0.38 ^c
Huaybong 80	6.8	19.2 ^b	613.4 ^b	25.7	0.40 ^{bc}
F-test	ns	*	*	ns	**
CV (%)	26.4	17.1	17.2	16.9	13.70

Remarks: ns, *, ** = Not significant, significantly different at $p \leq 0.05$, 0.01 , respectively. Means in the same column with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ by LSD

Source: Polthanee *et al.* (2014)

งานวิจัยต่างประเทศได้ศึกษาการปลูกมันสำปะหลังเพื่อเก็บเกี่ยวอายุสั้น ดังงานของ Chipeta *et al.* (2016) ศึกษาผลผลิตมันสำปะหลัง เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก เพื่อลดการเกิดโรคแผลขีดสีน้ำตาลของมันสำปะหลัง (cassava brown streak disease: CBSD) ในสาธารณรัฐมาลาวี พบว่า พันธุ์ Phoso เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 6 และ 9 เดือนหลังปลูก ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดคือ 9.5 และ 17.8 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ และงานของ Akpan and

Udoh (2017) ได้ศึกษาผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินลุ่มในประเทศไนจีเรีย พบว่า พันธุ์ TMS 01/1412 ให้ผลผลิตสูงสุดทุกระยะการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บเกี่ยวที่อายุ 4 และ 6 เดือนหลังปลูก แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังเริ่มมีการสร้างหัวและให้ผลผลิตได้ที่อายุเก็บเกี่ยว 4 เดือน มีการเจริญเติบโตของผลผลิตหัวสดอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก และมีผลผลิตหัวสดคงที่อายุ 10-12 เดือนหลังปลูก (Table 2)

Table 2 Weight of tuber yield (t/ha) of cassava genotypes in cross river basin flood plain, Itu Project, Akwa State

Cassava genotypes	Months after planting (MAP)									
	4		6		8		10		12	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
NR8082	6.94	7.10	21.60	23.80	39.70	40.10	41.40	41.80	44.75	44.60
TMS 01/1168	7.78	7.61	27.30	26.90	40.40	39.90	45.10	44.18	46.70	45.20
TMS 01/1412	8.32	8.00	28.66	27.94	42.60	46.30	46.30	46.40	48.10	48.30
TME 419	6.15	6.00	21.32	21.00	36.10	42.00	42.00	40.80	45.80	45.00
Local (check)	4.00	4.20	18.30	17.65	24.60	24.10	26.60	26.90	28.01	28.40
LSD ($P \leq 0.05$)	4.20	2.24	ns	ns	1.24	2.56	2.02	1.86	ns	ns

Remarks: ns = Not significantly different, Means in the same column with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD

Source: Akpan and Udoh (2017)

การเตรียมดินปลูกมันสำปะหลังหลังนา

การเตรียมดินมีผลต่อผลผลิตของมันสำปะหลังหลังนา เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้วให้ไถกลบตอซังข้าวทันที และควรรไดให้ลึกที่ระดับ 20-30 ซม. พรอนดินให้ร่วนซุย ทำให้หัวมันสำปะหลังเกิดการขยายตัวของรากใต้ดินลงหัวได้ดี ผลผลิตจึงสูงขึ้น เนื่องจากการไถกลบตอซัง เป็นการทำลายวัชพืช ปรับปรุงโครงสร้างดินให้ระบายน้ำได้ดี ส่งผลให้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีพื้นที่สัมผัสกับดินได้มาก มีผลให้การตั้งตัวและจำนวนต้นอยู่รอดของมันสำปะหลังสูง ได้อาศัยความชื้นที่เหลืออยู่ในดินนาสำหรับการแตกรากในระยะออกราก เมื่อปลูกมันสำปะหลังลงดินประมาณ 2 สัปดาห์ จะเริ่มมีการแตกใบอ่อนและราก ช่วง 3-4 สัปดาห์ รากฝอย (fibrous roots) จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น และแผ่กระจายลงในดินลึกประมาณ 50 ซม. และในช่วง 6-8 สัปดาห์ จะพบรากพิเศษ (adventurous roots) ประมาณ 3-14 ราก จะพัฒนาและเพิ่มขยายใหญ่เพื่อทำหน้าที่สะสมแป้ง (storage roots) เมื่ออายุประมาณ 6-12 สัปดาห์ (Teerawanichpan *et al.*, 2008) ปริมาณคงอยู่ของความชื้นดินที่ระดับความลึกหน้าตัดดินต่างๆ ตลอดระยะเวลาปลูกมันสำปะหลังหลังนาจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะพัฒนาการของรากดังกล่าว (Fig. 1 และ Fig. 2)

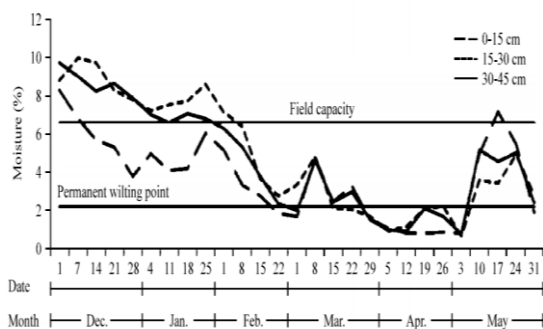


Fig. 1 Soil moisture content (%) at depth during the growing period

Source: Polthanee *et al.* (2014)

จากงานของ Polthanee *et al.* (2014) ได้ศึกษาความชื้นดินหลังนาที่ระดับความลึกดิน 0-15, 15-30 และ 30-45 ซม. จากผิวดิน (Fig. 1) บันทึกปริมาณน้ำฝนในปี ค.ศ. 2013/2014 ในพื้นที่นาข้าว จังหวัดขอนแก่น พบว่า ดินมีความชื้นร้อยละ 8-10 ทุกระดับความลึกจากผิวดินมากกว่าระดับความจุความชื้นภาคสนาม (field capacity) จากนั้นความชื้นดินเริ่มมีแนวโน้มลดลงทุกระยะเนื่องจากไม่มีฝนตกในเดือนกุมภาพันธ์แต่ก็ยังมีค่าความชื้นสะสมที่ระดับ 30-45 ซม. จากผิวดิน ซึ่งเป็นระยะที่รากมันสำปะหลังแผ่กระจายลงไป ในขณะที่งานของ Polthanee and Wongpichet (2017) ได้ศึกษาในพื้นที่เดิมในปีถัดมาซึ่งมีปริมาณฝนแตกต่างกันทำให้ดินมีความชื้นที่แตกต่างกันด้วย แต่ก็ยังพบว่าดินหลังนามีความชื้นในระดับเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกันกับปีที่เคยศึกษาก่อนนั้น เป็นที่น่าสังเกตว่าเดือนมีนาคม (4 เดือนหลังปลูก) เริ่มมีปริมาณฝนอีกครั้ง ความชื้นในดินจึงเพิ่มขึ้น (Fig. 2) เมื่อมันสำปะหลังได้รับน้ำจะเข้าสู่ระยะพัฒนาทรงพุ่มเพื่อสร้างใบในการรับแสงและการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของใบและลำต้นสูงสุดด้วย และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการสะสมน้ำหนักแห้งของใบและลำต้น (Boonseng *et al.*, 1998) ทำให้น้ำหนักแห้งที่สร้างที่ใบเพื่อผลิตแป้งถูกเคลื่อนย้ายมาเก็บสะสมที่ส่วนหัวมันสำปะหลัง

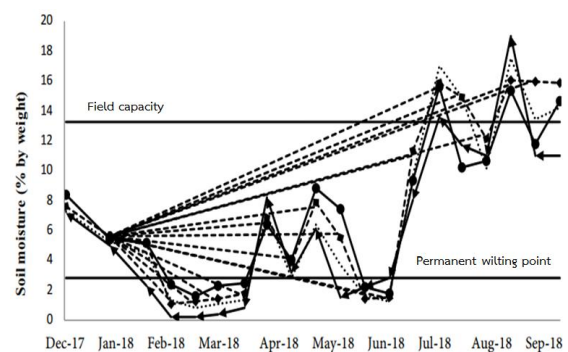


Fig. 2 Soil moisture content (%) at soil depth 0-15 cm (←), 15-30 cm (—), 30-45 cm (●●) and 45-60 cm (◆◆) entire growing periods

Source: Polthanee and Wongpichet (2017)

แม้ว่ามันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝนใช้น้ำในการเจริญเติบโตน้อย หากดินที่ปลูกมันสำปะหลังหลังนา กระทบแล้งในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีการสร้างฮอร์โมน ABA (abscisic acid accumulation) สูงในสภาวะที่ขาดน้ำ ซึ่งฮอร์โมนนี้มีผลทำให้พืชเพิ่มแรงต้านทานของปากใบ การเจริญเติบโตของลำต้นหยุดชะงัก ส่งผลให้อัตราการสร้างใบลดลง ทำให้ใบร่วงเพื่อลดการคายน้ำจึงทำให้มันสำปะหลังทนทานต่อการขาดน้ำ ดังนั้น มันสำปะหลังที่มีความทนแล้งสูง จะทำให้มีปริมาณของกรด ABA สูงขึ้นเมื่อเกิดสภาวะขาดน้ำ (Alves, 2000) การลดลงของผลผลิตขึ้นอยู่กับความยาวนานในการขาดน้ำและช่วงระยะเวลาเจริญเติบโต ช่วงวิกฤตการขาดน้ำของมันสำปะหลังคือ 1-5 เดือนหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะออกรากและสร้างหัว การขาดน้ำในระยะนี้อย่างน้อยที่สุด 2 เดือนมีผลให้ผลผลิตลดลงร้อยละ 32-60 (Connor *et al.*, 1981) การขาดน้ำช่วงนี้จึงมีผลต่อการพัฒนาพื้นที่ใบและการสร้างหัวสะสมอาหาร ซึ่งจะมีผลต่อการลงหัวในระยะต่อไป อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพการอุ้มน้ำของดินน่าจะส่งผลให้ดินมีความชื้นคงอยู่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการปลูกมันสำปะหลังหลังนาได้ ดังงานของ Intanon (2006) ได้ใช้ผัดตบขาสับ ขุยมะพร้าว โกลบลองแปลงก่อนปลูกพืช 2 เดือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอุ้มน้ำของดินพบว่า ทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 1.3 เท่า ความพรุนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 44.6 เป็น 52.1 หรือการใช้วัสดุปรับปรุงทางกายภาพของดินเพื่อให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้นมีความสามารถในการอุ้มน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี

การเตรียมดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อผลผลิตของมันสำปะหลังหลังนา โดยทั่วไปการเตรียมดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังจะประกอบด้วยไถ 2 หรือ 3 ครั้ง คือ ไถครั้งที่ 1 หรือเรียกว่า “ไถตะ” ไถครั้งที่ 2 เรียกว่า “ไถพรวน” หรือ “ไถแปร” และการไถครั้งที่ 3 เป็นการไถทรงร่อง ในบางพื้นที่ปลูกแบบไม่ยกร่องก็จะมีไถเพียง 2 ครั้ง สำหรับพื้นที่นาดอนที่เปลี่ยนจากการปลูกข้าวมาปลูกมันสำปะหลังในฤดูปลายฝน ควรไถทันทีที่ดินมีความชื้นเหมาะสม ควรไถด้วยผาน 3 หรือผาน 7 เพียง 1 ครั้ง ก่อนยกร่อง 2-3 วันหรือในวันเดียวกับวันยกร่องปลูก เพื่อรักษา

ความชื้นในดินและความหนาแน่นของดิน แนะนำให้ยกร่องความสูงประมาณ 25-30 ซม. เพื่อช่วยระบายน้ำในฤดูฝน เมื่อยกร่องควรปลูกมันสำปะหลังตามทันที เนื่องจากความชื้นในดินจะสูญเสียเร็วกว่าในฤดูปลูกต้นฝน ซึ่งจะทำให้มันสำปะหลังมีความงอกต่ำ (Kittipadakul *et al.*, 2013) เนื่องจากดินหลังนาเป็นดินที่ยังคงมีความชื้นอยู่ การนำเครื่องจักรกลเข้าไปไถพรวนในพื้นที่บ่อยครั้งจะระดับความลึกเดียวกันเป็นเวลานานอาจส่งเสริมให้ดินมีความหนาแน่นรวมสูงจนเกิดชั้นดินที่อัดตัวกันแน่นทึบ (Abu-Hamdeh, 2004; Fasinmirin and Reichert, 2011) เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตและการงอกของรากมันสำปะหลังและการปลูกข้าวในฤดูถัดไปได้

การเตรียมท่อนพันธุ์และวิธีการปลูก

ท่อนพันธุ์ที่ดีควรมาจากต้นพันธุ์ที่สมบูรณ์คุณภาพดี มีความบริสุทธิ์ มีอายุ 8-14 เดือน เลือกลูกโดยใช้ส่วนกลางก่อนมาทางโคนของต้น โดยพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 1.5-2.5 ซม. การปลูกลูกต้นฤดูฝนใช้ท่อนพันธุ์ยาว 20-25 ซม. แต่หากปลูกลูกปลายฤดูฝนควรใช้ท่อนพันธุ์ยาว 30-40 ซม. เพราะท่อนพันธุ์ที่ยาว 20 ซม. จะมีความงอกประมาณร้อยละ 70 (Lartmongkol, 2003) ข้อดีของท่อนพันธุ์ที่ยาวคือ มีจำนวนมากกว่าจึงให้ร้อยละความงอกและความอยู่รอดสูงกว่า การเตรียมท่อนพันธุ์โดยวิธีการชุบหรือแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีหรือสารอินทรีย์ที่มีในธรรมชาติก่อนการปลูกเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพเพื่อให้ท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกมีคุณภาพดีขึ้น สามารถเพิ่มการงอกของท่อนพันธุ์ เจริญเติบโตได้เร็ว เนื่องจากการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังใน 3 สัปดาห์แรกหลังปลูกขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในท่อนพันธุ์และการงอกของท่อนพันธุ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในท่อนพันธุ์ (Khanthavong, 2009) สอดคล้องกับงานทดลองของ Polthanee and Manuta (2015) ศึกษาการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายธาตุอาหารหลัก (N P K) มีผลทำให้มี

จำนวนผลผลิตหัวสดสูงสุด และจากงานทดลองของ Kanto *et al.* (2011) พบว่า การแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ในน้ำสัคตมูลสูก่อนปลูก 1 คืนร่วมกับระบบการให้น้ำหมักมูลหลังปลูก จะทำให้มันสำปะหลังออกรากมากกว่า 20 ราก และพัฒนาเป็นหัวซึ่งจะเพิ่มผลผลิตได้มาก เนื่องจากในน้ำหมักมูลสูกมีปริมาณของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม จึงช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจึงมีอัตราการงอกของต้นดีและเร็วขึ้น การออกรากดี ในทำนองเดียวกันจากการศึกษาของ Choeichit *et al.* (2013) พบว่าการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินช่วยเร่งการเกิดรากและการเกิดตาข้างของมันสำปะหลังได้ตั้งแต่ระยะเวลา 7-21 วันหลังปลูก เนื่องจากน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีธาตุอาหารพืชและฮอร์โมนพืชที่ช่วยกระตุ้นการเกิดรากได้ภายใน 7 วันหลังปลูก สามารถกระตุ้นการแตกตาของมันสำปะหลังเร็วกว่าการไม่แช่ท่อนพันธุ์ นอกจากนี้ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินยังมีกรดฮิวมิก และกรดฟูลวิกที่ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ จึงเป็นตัวช่วยเร่งการแตกตามันสำปะหลังให้เร็วขึ้น (Arancon *et al.*, 2005)

การปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมีหลายวิธี เช่น การปลูกแบบวางนอน (ฝัง) การปลูกแบบปักตั้งตรง และปักแบบเอียง การปลูกฤดูปลูกฤดูฝนควรปักแบบตั้งตรงให้มีความลึกกว่าการปลูกในฤดูแล้งคือ 10-15 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นในดินใน Fig 1. และ Fig 2. การตัดท่อนพันธุ์ให้ตรง หรือเฉียงให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่เพื่อง่ายสำหรับการปลูก โดยทั่วไปควรตัดท่อนพันธุ์ให้เฉียงเล็กน้อยเพื่อสะดวกต่อการปักและไม่ควรปักให้ลึกกว่านี้ เพราะจะทำให้เก็บเกี่ยวยาก วิธีการปลูกดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Polthanee and Wongpichet (2017) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการปลูกต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง 5 สายพันธุ์ที่ปลูกปลายฤดูฝน พบว่า การปลูกมันสำปะหลังแบบแนวตั้งส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีจำนวนรากต่อต้น และผลผลิตหัวสดมากกว่าการปลูกแบบแนวนอน เนื่องจากการปลูกแบบแนวนอนเป็นวิธีการปลูกแบบเก่า

ปัจจุบันไม่นิยมปลูกด้วยวิธีนี้ เพราะต้นมันสำปะหลังจะงอกโผล่พื้นดินช้ากว่าวิธีพีซทำให้การกำจัดวัชพืชลำบากมากขึ้น แต่มีข้อดีคือถ้าดินมีความชื้นน้อยการปลูกด้วยวิธีนี้จะทำให้มีจำนวนต้นอยู่รอดมากและไม่ต้องระวังว่าจะปลูกโดยเอายอดลงดิน สำหรับการปลูกมันสำปะหลังทั้งสองวิธีไม่มีผลต่อน้ำหนักหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งและค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว แต่มีแนวโน้มว่าการปลูกแบบแนวตั้งให้ผลที่ดีกว่า ข้อดีของการปลูกแบบนี้คือมันสำปะหลังจะงอกเร็ว สะดวกต่อการกำจัดวัชพืชและปลูกซ่อมและลงหัวด้านเดียวเป็นกลุ่ม ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวและให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบฝังร้อยละ 10-15 (Table 3)

การใช้ระยะปลูกในแปลงมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์ โดยระยะปลูก 0.8 x 0.8 ม. ควรปลูกพันธุ์ห้วยบง 80 ระยะยอ 5 และระยะยอ 72 ระยะ 1.2 x 0.8 ม. หรือ 1.0 x 1.0 ม. สามารถใช้ได้กับทุกพันธุ์ ควรมีจำนวนท่อนพันธุ์ คือ 1,600-2,500 ต้น/ไร่ แต่จากรายงานของ Hinthong and Banerng (2012) ได้ศึกษาเพื่อประเมินอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยะยอ 9 เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 80 ในวันปลูกต่างกันคือ ต้นฝน กลางฝน และปลายฝน พบว่า วันปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยการปลูกปลายฝนในระยะปลูก 1.0 x 1.0 ม. ทำให้มีค่าอัตราการเจริญเติบโตรวมของมันสำปะหลัง (crop growth rate; CGR) ต้น (stem growth rate; SGR) ใบ (leaf growth rate; LGR) และหัว (tuber growth rate; TGR) ต่ำ และมีผลต่อค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) ด้วย แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของพืช อัตราการเจริญเติบโตของต้น อัตราการเจริญเติบโตของราก และดัชนีพื้นที่ใบลดลงเมื่อระยะปลูกเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้การปลูกปลายฝนซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่นิยมปลูกมันสำปะหลังปรังหลังนาจึงควรใช้ระยะการปลูกถี่กว่าระยะปลูก 1.0 x 1.0 ม. โดยระยะปลูกที่แนะนำคือระยะ 0.8 x 0.8 ม. หรือ 0.8 x 1.0 ม. เพื่อให้พืชได้มีการสร้างใบส่งผลให้มีดัชนีพื้นที่ใบเร็วขึ้นและมากขึ้น

Table 3 Effect of planting methods on number of storage root per plant, weight of storage root per plant, fresh storage root yield, harvest index and starch content of five cassava cultivars at harvest

Cassava cultivars	Number of storage root per plant	Weight of storage root per plant (kg)	fresh storage root yield (t ha ⁻¹)	starch content (%)	Harvest index
Planting methods (M)					
Vertical	10.7 ^a	6.1	60.6 ^a	28.1	0.74
Horizontal	8.9 ^b	5.3	54.3 ^b	27.8	0.77
Cultivars (C)					
Rayong 7	10.3 ^a	6.7 ^a	67.4 ^a	28.5 ^{ab}	0.78 ^{ab}
Rayong 11	10.8 ^a	5.4 ^{ab}	54.6 ^{ab}	28.9 ^a	0.76 ^{bc}
Rayong 72	7.7 ^b	5.3 ^{ab}	49.7 ^b	26.4 ^b	0.81 ^a
Huaybong 80	10.1 ^{ab}	4.8 ^b	55.0 ^{ab}	29.4 ^a	0.70 ^c
E-dum	10.2 ^a	6.1 ^{ab}	60.4 ^{ab}	26.6 ^b	0.72 ^c
F-test					
M	*	ns	*	ns	ns
C	*	*	*	*	**
M x C	ns	ns	ns	*	ns

Remarks: *, ** and ns = significantly at 0.05, 0.01 and not significant, respectively. Means in the same column with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ by LSD

Source: Polthanee and Wongpichet (2017)

การดูแลรักษา

1. การใส่ปุ๋ยและการปรับปรุงดิน

โดยทั่วไปมันสำปะหลังปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนปนทรายเพราะจะลงหัวและเก็บเกี่ยวง่าย มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่ไม่มีน้ำท่วมขัง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ระหว่าง 5.5-8.0 ต้องการธาตุปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สัดส่วนของธาตุปุ๋ยหลักจะขึ้นอยู่กับสมบัติของดินและผลวิเคราะห์ดิน ชนิดของปุ๋ยเคมีที่แนะนำประกอบด้วย ปุ๋ยสูตร 15-7-18 หรือ 16-8-16 (ratio 2:1:2 หรือ 2:1:3 หรือ 3:1:2) ขึ้นอยู่กับราคาต่อหน่วยของปุ๋ย (Wilson and Ovid, 1994) ใช้กับดินทั่วไปที่มี

ปริมาณธาตุอาหารต่ำ หรือดินที่มีการปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน ปุ๋ยสูตรดังกล่าวเหมาะสำหรับดินทราย ดินร่วนทราย และดินร่วนเหนียวสำหรับปุ๋ยสูตร 15-15-15 แนะนำให้ใช้ดินเหนียวปานกลาง เพราะดินมีคุณสมบัติในการตรึงธาตุฟอสฟอรัสสูงพืชดูดใช้ได้ยาก จึงต้องใส่ธาตุฟอสฟอรัสมาก จากการศึกษาของ Srihawong *et al.* (2015) และ Polthanee and Wongpichet (2017) พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในดินกลุ่มเนื้อหยาบ (ดินร่วนปนทราย และดินทรายปนดินร่วน) ควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 กก./ไร่ ในช่วงที่มันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน และควรใส่ในช่วงที่ดินมีความชื้นเพื่อให้ปุ๋ยที่ใส่อยู่ในรูปสารละลายที่รากพืชสามารถดูดไปใช้ได้ และการดูดใช้ธาตุอาหารของมัน

สำปะหลังยังมีความสัมพันธ์กับวิธีการปลูก โดยวิธีการปลูกมันสำปะหลังแบบแนวตั้งมีผลต่อการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในบริเวณรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีค่ามากกว่าวิธีการปลูกแบบแนวนอน ทั้งนี้การปลูกมันสำปะหลังควรปักแนวตั้งมันสำปะหลังแนวตั้งให้อยู่ใต้ดินประมาณ 1/3 ของท่อนพันธุ์ โดยให้ตาที่อยู่ผิวดินควรมีตาไว้ให้มันสำปะหลังงอกอย่างน้อย 4-5 ตาขึ้นไป สำหรับพันธุ์มันสำปะหลังมีผลต่อการ

ดูดใช้ธาตุไนโตรเจนที่รากอย่างมีนัยสำคัญ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 7 มีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนที่รากมากที่สุด การดูดใช้ในโตรเจนในลำต้นและใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการดูดใช้ในโตรเจนที่ใบมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์ด้วยแสงและส่งผลทำให้เกิดการสะสมอาหาร และมีปริมาณโพแทสเซียมที่บริเวณรากค่อนข้างมากซึ่งมีผลต่อการสร้างแป้งและคุณภาพผลผลิต (Table 4)

Table 4 Effect of planting methods on nitrogen, phosphorus and potassium uptake by storage root, stem and leaf of five cassava cultivars at harvest

Cassava cultivars	Nitrogen (kg ha ⁻¹)			Phosphorus (kg ha ⁻¹)			Potassium (kg ha ⁻¹)		
	Root	Stem	Leaf	Root	Stem	Leaf	Root	Stem	Leaf
Planting methods (M)									
Vertical	60.1 ^a	47.0	88.8	25.3 ^a	28.3	7.9	273.8 ^a	73.8	30.1
Horizontal	54.3 ^b	38.9	80.2	22.6 ^b	24.2	7.1	249.6 ^b	73.6	28.2
Cultivars (C)									
Rayong 7	74.7 ^a	45.3	85.5	27.9	35.8 ^a	6.9 ^{ab}	316.0	54.7 ^b	35.7 ^a
Rayong 11	59.9 ^{ab}	38.8	95.9	25.4	37.1 ^a	9.2 ^a	283.8	111.1 ^a	33.9 ^{ab}
Rayong 72	45.9 ^b	38.8	74.1	20.7	19.0 ^b	6.5 ^b	223.4	58.8 ^a	24.3 ^c
Huaybong 80	55.6 ^b	48.5	72.1	22.1	21.0 ^b	5.6 ^b	227.0	96.2 ^a	25.3 ^{bc}
E-dum	49.9 ^b	41.1	94.8	23.4	18.4 ^b	9.0 ^a	258.1	48.2 ^b	26.2 ^{bc}
F-test									
M	*	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns
C	*	ns	ns	ns	**	*	ns	**	*
M x C	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	**

Remarks: *, ** and ns = significantly at 0.05, 0.01 and not significant, respectively. Means in the same column with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ by LSD

Source : Polthane and Wongpichet (2017)

จาก Table 4 แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักและนำธาตุอาหารพืชไปสะสมแต่ละส่วนของพืชปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบว่าปริมาณโพแทสเซียมสะสมที่บริเวณรากค่อนข้างมากซึ่งมีผลต่อการสร้างแป้งและคุณภาพผลผลิต และเพื่อให้ธาตุอาหาร

เหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช การปรับปรุงบำรุงดินจึงเป็นสิ่งสำคัญ เกษตรกรควรมีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ซึ่งระดับ pH ที่เหมาะสมเท่ากับ 6.5 (Anikwe *et al.*, 2016)

หากดินมีค่า pH ต่ำกว่านี้อาจส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร การดูดใช้ธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตมันสำปะหลังได้ จากการศึกษาของ Panyangnoi *et al.* (2013) ได้วิเคราะห์ดินหลังนาที่ปลูกมันสำปะหลังพบว่า ดินมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.95 -5.67 ค่าอินทรีย์วัตถุต่ำ (0.20-0.60%) ค่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable P และ K) เท่ากับ 2.95 -28.98 และ 12-30 มก./กก. ตามลำดับ ทำให้มีระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียม (Ca) ในดินย่อมเป็นการยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น อีกทั้ง Ca ยังมีบทบาทในการทำหน้าที่เกี่ยวกับการยึดตัวของรากพืชอีกด้วย ดังงานทดลองของ Anikwe *et al.* (2016) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยขาวและยิปซัมเป็นวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวระยะเวลาดำเนินเพียง 180 วันหลังปลูกให้ผลผลิตทั้งสองฤดูกาลปลูกสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (Table 5) เนื่องจากการปรับปรุงดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และร่วนซุยยิ่งขึ้น นอกเหนือจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดินและวัสดุปรับปรุงดินแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์ก็ยังมีบทบาทในการปรับปรุงสภาพดิน (Ayoola and Makinde, 2007) หากมีการปลูกพืชต่อเนื่องกันในพื้นที่เดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกพืชในพื้นที่ดินทรายและดินเสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอาจทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ จึงอาจต้องมีการใช้ร่วมกับสารปรับปรุงบำรุงดินชนิดอื่นด้วย (Chaiyarak *et al.*, 2013)

2. การจัดการโรคและแมลง

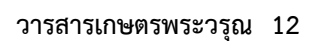
การปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูพบว่ามีการระบาดของโรคแมลง (Fig. 3) การจัดการโรคแมลงศัตรูพืช ทำได้ด้วยวิธีการป้องกันตั้งแต่กระบวนการเตรียมท่อนพันธุ์ก่อนปลูก ใช้ท่อนพันธุ์ที่ต้านทานโรคแมลง อีกทั้งการแช่ท่อนพันธุ์ยังทำให้ได้ท่อนพันธุ์ที่สะอาด ปราศจากโรคแมลง และยังสามารถป้องกันโรคและแมลงที่อาจเกิดในมันสำปะหลังได้อีกด้วย ดังรายงานของ Panyangnoi *et al.* (2013) ศึกษาการปลูกมันสำปะหลังในระบบหลังทำนา เตรียมท่อน

พันธุ์โดยวิธีแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีไทอะมีโทแซม (25%WG) อัตรา 4 ก./น้ำ 20 ลิตรหรือไดโนทีฟูแรน (10%WG) อัตรา 40 ก./น้ำ 20 ลิตรก่อนปลูกเพื่อป้องกันปัญหาเพลี้ยแป้งสีชมพู พบว่า สามารถฆ่าเพลี้ยแป้งที่ติดมากับท่อนพันธุ์และยังป้องกันการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งหลังปลูกได้อีกประมาณ 1 เดือน หรือการแช่มันสำปะหลังด้วยสารพอลิแซคคาไรด์ที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* ส่งเสริมให้มันสำปะหลังต้นมันสำปะหลัง อายุ 1 เดือน มีความสูงต้น ความยาวราก และจำนวนรากสูงสุด 5.83 ซม. 13.9 ซม. และ 49.53 ราก และ 28.3 ซม., 15.27 ซม. และ 52.52 ราก ในสภาพเรือนปลูกพืชทดลองและสภาพไร่ ตามลำดับ ยังสามารถกระตุ้นให้มันสำปะหลังสะสมฮอร์โมนพืช indole-3-acetic acid (IAA) อย่างรวดเร็วภายใน 4 วัน หลังพ่นใบเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ ส่งผลให้มันสำปะหลังต้านทานโรครากและหัวเน่าได้ดี (Chaisue *et al.*, 2016) นอกจากนี้ หลังปลูกควรหมั่นสำรวจแปลงอยู่เสมอหากยังพบการระบาดของศัตรูพืชในมันสำปะหลังควรถอนต้นเป็นโรคไปเผาทิ้งนอกแปลงหรือปล่อยเตนเบียนหรือแมลงช้างปีกใสเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในแปลง ก่อนการตัดสินใจใช้สารเคมีกำจัดแมลงซึ่งอาจส่งผลกระทบตกค้างในดินปลูกข้าวในฤดูถัดไปได้

Table 5 Effect of lime and gypsum on fresh tuber yield (mg ha^{-1}) of cassava at 180 day after planting (DAP)

Treatments	180 DAP	
	2013	2014
No amendments	6.0	6.2
Lime $5,000 \text{ kg ha}^{-1}$	6.7	7.0
Gypsum $2,500 \text{ kg ha}^{-1}$	7.4	7.1
Lime $5,000 \text{ kg ha}^{-1}$ + Gypsum $2,500 \text{ kg ha}^{-1}$	9.3	9.7
F-LSD ($p=0.05$)	0.6	0.5

Source: Anikwe *et al.* (2016)



Source: Maneechot *et al.* (2016)

มันสำปะหลังเป็นพืชอายุยาวโดยปกติอายุของมัน
สำปะหลังที่เกษตรกรจะมีการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 9-12 เดือน
อย่างไรก็ตาม เกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่หลังฤดูเก็บ
เกี่ยวผลผลิตข้าวมาปลูกมันสำปะหลัง ทำให้ช่วงเวลาในการ
ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีอายุสั้น เพียง 5-6 เดือน
เพื่อให้ทันฤดูกาลปลูกข้าวปีถัดไป

รับซื้อ (Panyangnoi *et al.*, 2013) ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ได้เพื่อใช้ในการแปรรูปในอุตสาหกรรมแป้งและการผลิตอาหารสัตว์ ปริมาณสารไซยาไนด์ที่อยู่ในมันสำปะหลังจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง เนื่องจากการสะสมปริมาณไซยาไนด์มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใส่ไนโตรเจนและส่งผลต่อการดูดใช้ในโตรเจนที่ใบ แสดงให้เห็นว่า ความเขียวของใบ (Leaf greenness) ที่วัดได้จากค่า SPAD มีความสัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ที่สะสมในใบ (LHC = Leaf hydrogen cyanide content) และปริมาณไซยาไนด์ที่สะสมที่ราก (RHC = Root hydrogen cyanide content) และความสัมพันธ์ดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก (Table 6) ความสัมพันธ์ระหว่างอายุมันสำปะหลังกับผลผลิตและการสะสมแป้งเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเช่นกัน เนื่องจากเมื่อปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) ซึ่งการสะสมแป้งในหัวของทุกพันธุ์จะเพิ่มขึ้นจนถึงเดือนที่ 6 และการสะสมแป้งจะค่อนข้างคงที่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ที่เป็นช่วงฤดูแล้ง แต่เมื่อถึงเดือนมีนาคมเริ่มมีฝนตกจะทำให้การสะสมแป้งในหัวมันลดลง และกลับมาเพิ่มอีกครั้งในเดือนพฤษภาคม การสะสมแป้งใน

หัวมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตามอายุจนถึง 6 เดือนหลังปลูก แต่หลังจากนั้นการขึ้นลงของการสะสมแป้งขึ้นอยู่กับฤดูเก็บเกี่ยว (Kittipadakul *et al.* 2013) แม้ว่ามันสำปะหลังหลังนาให้ผลผลิตเพียง 3-4 ตัน/ไร่ (Panyangnoi *et al.* 2013; Polthanee *et al.* 2014; Akpan and Udoh, 2017) แต่ยังมี การสะสมแป้งอยู่ระหว่างร้อยละ 19.6-25.9 สอดคล้องกับรายงานของ Olanmi *et al.* (2017) ก็ได้ศึกษาการให้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยวต่างกัน พบว่า จากการศึกษาเริ่มมีการสร้างรากที่ระยะ 2 เดือนหลังปลูก ทำให้ผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยว 7 และ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าหัวมันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารและสะสมแป้งเป็นเวลา 5 และ 10 เดือนตามลำดับ และรายงานของ Panyapruet *et al.* (2016) ได้ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหัวมันสำปะหลัง โดยทดลองใส่สาร paclobutrazol (PBZ) เมื่อหัวมันสำปะหลังอายุ 90 วันหลังปลูก สาร PBZ สามารถยับยั้งความสูงของหัวมันสำปะหลังทุกช่วงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และศึกษาคุณภาพแป้งจากการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังที่อายุแตกต่างกัน พบว่า คุณภาพแป้งของหัวมันสำปะหลังที่ได้รับอิทธิพลจากการใส่สารควบคุมการเจริญเติบโต PBZ ทำให้ค่าการละลายของแป้ง (solubility) สูงสุด และส่งผลให้ค่าอุณหภูมิที่ทำให้แป้งเริ่มพองตัวหรือเริ่มมีความหนืดของแป้งต่ำสุด ในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การนำ PBZ ไปใช้กับหัวมันสำปะหลังที่อายุ 210 วันหลังปลูก ทำให้หัวมันสำปะหลังมีผลผลิตหัวมันสำปะหลังและคุณภาพแป้งดีกว่าการใช้ที่ระยะเวลาปลูก 90 และ 150 วันหลังปลูก อย่างไรก็ตาม การใส่สาร PBZ ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่ม Triazole จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตส่วนเหนือดินของพืชลดลง โดยเฉพาะทางด้านความสูงของต้น ความยาวของข้อ จำนวนใบและพื้นที่ใบ (Gomathinayagam *et al.*, 2007; Asami *et al.*, 2000) ผลผลิตของพืชหัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับ

Triazole อาจเป็นผลมาจาก Triazole มีผลในการเพิ่มปริมาณ cytokinin ในพืช จึงมีผลทำให้เนื้อเยื่อเจริญมีการแบ่งเซลล์เพิ่มมากขึ้น โดยคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตจะทำให้ปริมาณน้ำตาลหรือการเคลื่อนย้ายแป้งลงสู่หัวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานของ Quing-Song and Xiao-Hui (2011) ที่ได้ศึกษาการใช้สาร CPPU (N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-urea และสาร paclobutrazol (PP333) พบว่า มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแป้ง จึงเป็นประเด็นการศึกษาต่อไปที่น่าสนใจในการนำ PBZ ไปใช้ในการปลูกหัวมันสำปะหลังปรางค์หลังนาที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นและเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิต

สรุป

การใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดหลังฤดูทำนาโดยปลูกหัวมันสำปะหลังในนาข้าวหรือปลูกหัวมันสำปะหลังปรางค์ นิยมปลูกปลายนาคูณโดยเกษตรกรจะเริ่มปลูกประมาณปลายเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน (ปลายฤดูฝน) พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ ระยะเวลา 7 ระยะ 72 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ราชการส่งเสริม การเตรียมดินโดยไถด้วยผาน 3 หรือผาน 7 เพียง 1 ครั้งและยกร่องสูง 25-30 ซม. ปลูกหัวมันสำปะหลังตามทันที ใช้ระยะ 0.8 x 0.8 หรือ 0.8 x 1.0 ม. ซึ่งดินยังคงมีความชื้นหลงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 8-10 การเตรียมก่อนพันธุ์ควรแช่ก่อนปลูกเพื่อให้เพิ่มความงอกการเจริญเติบโตและปราศจากโรคแมลงได้ดีกว่าการไม่ใช้สาร การปลูกแบบแนวตั้ง การใส่ปุ๋ยสูตร 15-7-18 หรือ 16-8-16 (ratio 2:1:2 หรือ 2:1:3 หรือ 3:1:2) โดยสามารถเก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน รวมระยะเวลาประมาณ 5-6 เดือน มีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ ผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยวในระยะเวลา 6 เดือนมีเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่างร้อยละ 19.6-25.9

Table 6 Effect of cassava age, variety and soil moisture on cassava agronomic traits

Parameter (Unit)	SPAD	PH (cm)	RW (g plant ⁻¹)	SW (g plant ⁻¹)	HI	SM (%)	LWC (%)	RHC	LHC (mg kg ⁻¹)
Age (F1)									
4 MAP	41.3 ^a	127	389 ^b	581	0.36 ^b	9.7 ^b	93 ^b	127	501
5 MAP	38.1 ^b	148	683 ^{ab}	743	0.44 ^{ab}	20.0 ^a	97 ^a	113	507
6 MAP	37.3 ^b	147	960 ^a	800	0.46 ^a	14.5 ^b	93 ^b	104	491
F-test	**	ns	**	ns	*	**	**	ns	ns
Variety (F2)									
HNT	34.9 ^b	145	478 ^b	731	0.34 ^b	13.2	94	46 ^b	315 ^b
KU 50	42.9 ^a	137	877 ^a	685	0.51 ^a	16.2	95	184 ^a	685 ^a
F-test	**	ns	**	ns	**	ns	ns	**	**
Water (F3)									
0 mm	41.2 ^a	121 ^b	204 ^b	344 ^b	0.36 ^b	8.7 ^b	92 ^b	142 ^a	509
5 mm	36.6 ^b	161 ^a	1150 ^a	1072 ^a	0.49 ^a	20.8 ^a	97 ^a	87 ^b	491
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
F-test									
Replication	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
F1 x F2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F1 x F3	ns	ns	**	ns	ns	**	*	ns	ns
F2 x F3	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns
F1 x F2 x F3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remarks: SPAD = Leaf greenness; PH = Plant height; RW = Root weight; SW = Stem and leaf weight; HI = Harvest index; SM = Soil moisture;

LWC = Relative water content; RHC = Root hydrogen cyanide content; LHC = Leaf hydrogen cyanide content; MAP = Months after planting.

* = Significantly different at 95% confident level. ** = Significantly different at 99% confident level. ns = Not significantly different

a, b = mean values with a lower case superscript letter are significantly different at 95% confident level.

Source: Srihawong *et al.* (2015)

References

- Abu-Hamdeh, N. H. 2004. The effect of tillage treatments on soil water holding capacity and on soil physics properties. The 3rd International soil conservation organization Conference. July, 2004.
- Akpan, E.A. and Udoh, V.S. 2017. Evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotype for yield and yield component, tuber bulking, early maturity in cross river basin flood plain, Itu, Akwa Ibom State, Nigeria. Can. J. Agr. Crop. 2(2): 68-73.
- Alves, A. A. C. 2000. Response of cassava to water deficit: leaf area growth and abscisic acid. Crop Sci. 40: 131-137.
- Anikwe, M.A.N., Eze, J.C. and Ibudialo, A.N. 2016. Influence of lime and gypsum application on soil properties and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crants.) in a degraded ultisol in Agbani, Enugu Southeastern Nigeria. Soil Till. Res. 158: 32-38.
- Arancon, N.Q., C.A. Edward, P. Bierman, J.D. Metzger and C. Lucht. 2005. Effect of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia. 49: 297-306.
- Asami, T., Min, Y.K., Nagata, N., Yamagishi, K., Takatsuto, S., Fujioka, S., Murofushi, N., Yamaguchi, I. and Yoshida, S. 2000. Characterization of brassinazole, a triazole-type brassinosteroid biosynthesis inhibitor. Plant Physiol. 123(1): 93-100.
- Ayoola, O.T., E.A. Makinde. 2007. Fertilizer treatment effects on performance of cassava under two planting patterns in a cassava-based cropping system in South West Nigeria. Research Journal of Agr. Bio. Sci. 3(1): 13-20.
- Bhandari, A.L., Ladha, J.K., Pathak, H., Dawa, D. and Gupya, R. W. 2000. Yield and soil nutrient change in a long-term rice-wheat rotation in India. Soil Sci. Soc. Am. J. 66(1): 162-170.
- Boonseng, O. 2006. Select varieties suitable areas to increase cassava production. Kasikorn newspaper. 79 (4): 17-20. (in Thai)
- Boonseng, O., Rojanaridpiched, C., Sarobol, E., Duangpatra, P. and Chatwachirawong, P. 1998. Yield stability of Thai cassava varieties grown in late rainy season. Kasetsart J. (Natural Science). 32: 117-125. (in Thai)
- Chaisue, S., Poralokanon, P., Chuaboon, W. and Athinuwat. 2016. *Pseudomonas fluorescens* produced polysaccharides enhance growth of cassava plant and control root and tuber rot. Sci. Tech. J. 24(4): 561-571. (in Thai)
- Chaiyarak, T., Ratanacherdchai, K., Sributta, I., Chanthabut, L., Kodcharee, R. and Trelo-ges, V. 2013. The effect of soil amendments (LDD 10) and cattle manure on change in macronutrient and growth of Rayong 7 cassava variety. Khon Kaen Agri. J. 41 (supplement 2): 57-66. (in Thai)

- Chipeta, M.M., Shanahan, P., Melis, R., Sibiya, J. and Bensese, I.R.M. 2016. Farmers' Knowledge of cassava brown streak disease and its management in Malawi. *Int. J. Pest Manage.* 62(3): 175-184.
- Choeichit, J., Boonthai, I.C. and Ta-oun, K. 2013. Effect of vermicompost tea on rooting and budding of three cassava varieties. *Khon Kaen Agr. J.* 41(Supplies 1): 297-301. (in Thai)
- Connor, D. H., Cork, J.H. and Parra, G.E. 1981. Response of cassava to water shortage III. Stomatal control of plant water status. *Field Crop Res.* (4): 297-311.
- Dhanabordeephath, D. 2018. Cassava situation changed [online]. [Accessed November 20, 2018]. Available from: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/DocLib_Research/cassava_situation_change.pdf. (in Thai)
- Fasinmirin, J.T. and Reichert, J.M. 2011. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. *Soil Till. Res.* 113: 1-10.
- Gomathinayagam, M., Jaleel, C.A., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, R. 2007. Changes in carbohydrates metabolism by triazol growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effect on tuber production and quality. *C. R. Biologies.* 330: 644-655.
- Hinthong, Y. and Banterng, P. 2012. Growth rate and yield of cassava in different planting dates. *Khon Kaen Agr. J.* 40(supplement): 394-398. (in Thai)
- Intanon, P. 2006. Agricultural waste improves water holding capacity of heavy sandy area. *Khon Kaen Agr. J.* 34(3): 209-217. (in Thai)
- Kanto, U., Jutamanee, K., Osotsapar, Y., Jattupornpong, S. and Kaewprasit, C. 2011. Effect of swine manure extract by foliar application and soil drenching on dry matter and nutrient uptake of cassava. *Kasetsart J. (Natural Science)* 45: 995-1005.
- Kasetsart University Research and Development Institute. 2015. Cassava: cassava production in Thailand [online]. [Accessed November 20, 2018]. Available from: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17882>. (in Thai)
- Keoplila, M., Thammasom, N., Lawongsa, P. and Saenjan, P. 2013. Effect of rice straw on rice yields, pH, electrical conductivity and bulk density of paddy soil. *KKU. Res. J. (Graduate studies)* 13(2): 1-9. (in Thai)
- Khanthavong, P. 2009. Effect of nutrient priming of cassava stakes on germination, growth and yield. Master of Science in (Agriculture) Agronomy Chiang Mai: Graduate School, Chiang Mai University.
- Kittipadakul, P., Sarobol, E., Vichukit, V., Duangpatra, P., Rojanaritphichet, J., Rungmekarat, S., Phumchai, C., Thongjoo, C., Kongsila, P., Jenweerawat, S. and Chanthaworn, J. 2013. 52 Days of Cassava Technology [online]. [Accessed December 13, 2017]. Available from: http://www.52subda.com/publications/index?crop_id=1. (in Thai)
- Lartmongkol, S. 2003. Effect of stem cutting lengths on growth and yield of three cassava varieties in the early and late rainy seasons [online]. [Accessed May 11, 2018]. Available from: URL: <http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=154743>.

- Maneechot, J., Sahaya, S., Akathin, P. and Anantanamanee, Y. 2016. Handbook: integrated pest management for cassava. Research, development and crop protection, Department of Agriculture. (in Thai)
- Ogbodo, E.N. 2010. Effect of crop residue on soil chemical properties and rice yield on an Ultisol at Abakaliki, Southeastern Nigeria. World J. Agr. Sci. 7(1):13-18.
- Olasanmi, B., Akoroda, M. O., Okogbenin, E., Egesi, C., Nwaogu, A. S., Tokula, M. H., Ukaa, G. T., Agba, A. J., Ogbuekiri, H., Nwakor, W., Nwanguma, F., Eke-Okoro, O. N. and Fregene, M. 2017. Identification of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes with early storage root bulking. J. Crop Improv. 31(2): 173-182.
- Panyangnoi, K., Supama, Y, Chanyakon, S. and Pangjan, P. 2013. Test on cropping systems in paddy rainfed area in Khon Kaen Province. Nakhon Phanom University J. 12 (8th Natural conference of agricultural): 161-167. (in Thai)
- Panyapruerk, S., Sinsiri, W., Sinsiri, N., Arimatsu P. and Polthanee, A. 2016. Effect of paclobutrazol growth regulator on tuber production and starch quality of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Asian J. Plant Sci. 15(1-2): 1-7.
- Polthanee, A and Manuta, P. 2015. Effect of stake priming with nutrient solution on growth and yield of cassava grown under greenhouse and field conditions. Khon Kaen Agr. J. 43(2): 379-386
- Polthanee, A. and Wongpichet, K. 2017. Effects of planting methods on root yield and nutrient removal of five cassava cultivars planted in late rainy season in Northeast Thailand. Agr. Sci. 8: 33-45.
- Polthanee, A., Janthajam, C. and Promkhambut, A. 2014. Growth, yield and starch content of cassava following rainfed lowland rice in Northeast Thailand. Int. J. Agr. Res. 9(6): 319-324.
- Prachyasiri, P. 2012. Cassava cultivation in the field Survival of farmers [online]. [Accessed February 23, 2018]. Available from: <https://www.gotoknow.org/posts/479429>. (in Thai)
- Qing-song, Y. and Xiao-hui, C. 2011. Effect of CPPU and paclobutrazol on yield increase in cassava. J. Southern Agr. 42(6): 594-598.
- 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): 26-26. (in Thai.)
- Salami, B.T. and Sangoyomi, T.E. 2013. Soil fertility status of cassava fields in South Western Nigeria. Am. J. Exp. Agr. 3(1): 152-164.
- Samuththong, N., Somwang, T and Vichukit, V. 2011. Improving cassava yield through increasing rate of chemical fertilization in combination with irrigation. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Plants. Feb 1-4, 2011 Kasetsart University, Thailand. (in Thai)
- Sinworn, S. and Duangpatra, P. 2014. Effect of drip irrigation system and chemical fertilizer on growth and yield of cassava in dry season. SDU Res. J. Sci. Tech. 7(2): 1-22. (in Thai)

- Sittidet, A. 2008. Cassava in the rice field; Economic news Office of Agricultural Economics [online]. [Accessed February 23, 2018]. Available from: <http://www.ryt9.com/s/oea/333101>. (in Thai)
- Srihawong, W., Kongsil, P., Petchpoung, K. and Sarobol, E. 2015. Effect of genotype, age and soil moisture on cyanogenic glycoside content and root yield in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) Kasetsart J. (Natural Science) 49: 844-855.
- Teerawanichpan, P., Lertpanyasampatha. M., Netraphan. S., Varavinit, S., Boonseng, O., and Narangajavana, J. 2008. Influence of cassava storage root development and environmental conditions on starch granule size distribution. Stach/Starke. 60: 696-705.
- Thai Tapioca Development Institute. 2017. The results of the survey on cassava production in 2017/2018 [online]. [Accessed November 15, 2018]. Available from: https://www.tapiocathai.org/pdf/7_Zone/Total%207%20Zone.pdf. (in Thai)
- Wilson, H. and Ovid, A. 1994. Influence of fertilizers on cassava production under rainfed conditions. J. Plant Nutr. 17(7): 1127-1135.

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจ

นิมิตร วงศ์สุวรรณ^{1,2*} และ พีระยศ แข็งขัน²

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร

อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

²ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์หรือปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มีคุณสมบัติในการสร้างธาตุอาหาร เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิด ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช และสร้างสารควบคุมศัตรูพืช ซึ่งจากประโยชน์ดังกล่าวปัจจุบันมีการศึกษา วิจัยและพัฒนามาใช้กับพืชเศรษฐกิจ คือ ข้าวโพด ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ผลการศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในพืชทั้ง 4 ชนิด ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.8-40 และยังสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ร้อยละ 25-50 ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร จากผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรนำไปใช้ให้เหมาะสมกับการผลิตพืชในพื้นที่ของตนเอง แต่อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นต้องศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในระดับแปลงทดลองกับพืชแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ให้ครอบคลุมต่อไป

คำสำคัญ: ปุ๋ยชีวภาพ ฟิซีฟิอาร์ ลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ และ พืชเศรษฐกิจ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: nimit2524@hotmail.com

Benefits of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Increasing Efficiency for Economic Crops

Nimit Wongsuwan^{1,2*} and Phirayot Khaengkhan²

¹*Kalasin Agricultural Research and Development Center, Research and Development Agriculture Region
Office 3 Khon Kaen, Department of Agriculture, Yang Talat District, Kalasin, 46120, Thailand*

²*Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Maha Sarakham University,
Kantharawichai District, Maha Sarakham, 44150, Thailand*

Abstract

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) or biofertilizer is used for promoting the plant growth. PGPR has several characteristics; namely to create the plant nutrients, adding certain plant foods, supporting plant hormones creation, and to create pest control substances. From above PGPR's abilities, there are recently number of studies, researches and development to apply on increasing efficiency for economic crops such as corn, rice, sugar cane and cassava. Most of the studies found that the use of PGPR on above mentioned 4 economic crops resulted in increasing productivity by 9.8-40% instead of reducing chemical fertilizers use by 25-50% referred to the suggestion of the Department of Agriculture. According to the study results, PGPR is useful technologies that can help farmers increase their productivity. However, it is necessary to continually study for the use of PGPR for different crops in different areas and environments.

Keywords: Biofertilizer, PGPR, Cost Reduction, Increasing Efficiency and Economic Crops

* Corresponding author: E-mail: nimit2524@hotmail.com

บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ประชาชนส่วนใหญ่ยังคงดำรงอาชีพการเกษตร โดยในปัจจุบันการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรยังคงมีปริมาณที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่พบว่าเกษตรกรยังมีพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นของพืช และใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการใช้ปุ๋ยในลักษณะดังกล่าว นอกจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นแล้วยังมีผลกระทบต่อโครงสร้างของดิน ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินลดน้อยลงจากปัญหาดังกล่าว จึงควรให้ความสำคัญกับการจัดการดินและปุ๋ย โดยการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สมบูรณ์แบบ ปัจจุบันได้มีการพัฒนานำจุลินทรีย์ในดินที่มีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมาเป็นปุ๋ย เรียกว่าปุ๋ยชนิดนี้ว่า ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิอาร์ ซึ่งปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิอาร์มีคุณสมบัติในการสร้างธาตุอาหาร เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช สร้างฮอร์โมนสำหรับพืช สร้างสารปฏิชีวนะ และสารยับยั้งเชื้อรา (Department of Agriculture, 2005) การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิอาร์จึงถือเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถช่วยลดมลภาวะ ลดความเสื่อมโทรมของดินที่ทำการเพาะปลูกต่อเนื่องกันมาเป็นระยะเวลายาวนาน และเป็นการลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้ในการปลูกพืชเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามศึกษา วิจัย และพัฒนาปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิอาร์มาใช้ให้เหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น ดังนั้นการรวบรวมเอกสารในครั้งนี้ทำให้ทราบประโยชน์ของการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิอาร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเพื่อนำไปสู่การปรับใช้ให้เหมาะสมกับพืชในแต่ละพื้นที่ต่อไป

ฟิสิกซ์ฟิอาร์

ฟิสิกซ์ฟิอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) เป็นแบคทีเรียที่มีสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มีหลากหลายสายพันธุ์ที่พบได้แก่ *Pseudomonas Variororax*, *Klebsiella*, *Burkholderia*, *Azospirillum*, *Serratia* และ *Azotobacter* เป็นต้น โดยทั่วไปฟิสิกซ์ฟิอาร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ extracellular PGPR (ePGPR) ที่พบบริเวณไรโซสเฟียร์ และไรโซพแลน และ intracellular PGPR (iPGPR) พบในเซลล์รากพืช ช่วยในการเกิดปม (Gray and Smith, 2005) กระบวนการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชผ่านฟิสิกซ์ฟิอาร์นั้น สามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ (1) การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง ได้แก่ การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) การละลายฟอสฟอรัส (phosphorus solubilization) การสร้างซิเดอโรฟอรัส (siderophore production) การสร้างฮอร์โมนพืช เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และการลดความเข้มข้นของเอทิลีนในพืช (2) กลไกโดยอ้อม ได้แก่ การผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ที่ใช้ควบคุมโรคพืช ลดปริมาณของธาตุเหล็กบริเวณรากที่เป็นประโยชน์ต่อโรคพืช การสร้างสารต่อต้านเชื้อรา (antifungal) การผลิตเอนไซม์ทำลายผนังเซลล์ของเชื้อราโรคพืช การแย่งครอบครองเชื้อก่อโรคพืชบริเวณราก และการเหนี่ยวนำการสร้างความต้านทาน (Ahemad and Khan, 2011)

บทบาทของฟิสิกซ์ฟิอาร์ในระบบการผลิตพืช

1. เป็นปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียที่มีความสามารถเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศมาเป็นไนโตรเจนให้กับพืชได้ เช่น แบคทีเรียในจีนัส *Beijerinckia* และไซยาโนแบคทีเรียสกุล *Nostoc* แบคทีเรียที่เพิ่มฟอสฟอรัสหรือกลุ่มแบคทีเรียที่สร้าง siderophore เพื่อสกัดธาตุเหล็กในดิน

ให้กับพืช (Teaumroong *et al.*, 2005) ตัวอย่างบาง
บทบาทของ PGPR ที่มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยชีวภาพ เช่น
แบคทีเรีย *Paenibacillus polymyxa* มีความสามารถ
ในการตรึงไนโตรเจนได้ และยังสามารถส่งเสริมการ
เจริญเติบโตในพืชกลุ่มข้าวโพดได้อย่างดี (Von der Weid
et al., 2000) หรือการนำฟิซีฟิอาร์มาปรับใช้ร่วมกับปุ๋ย
หมัก โดยการใส่เชื้อ *Azotobacter* sp., *Beijerinckia*
sp. และ *Azospirillum* sp. ในปุ๋ยหมักกากตะกอน
โรงงานน้ำตาลผสมขานอ้อยในอัตราส่วน 2:1 จะช่วยเพิ่ม
ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ย
หมัก ร้อยละ 6-16 และ 20-30 ตามลำดับ และเมื่อนำปุ๋ย
หมักที่ใส่เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด มาปลูกมะเขือเทศใน
กระถางทดลองพบว่า มะเขือเทศมีการเจริญเติบโตและมี
การสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ
แคลเซียม เพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่เชื้อแบคทีเรีย
(Meunchang, 2004) ซึ่งปัจจุบันมีการนำแบคทีเรีย
Gluconacetobacter diazotrophicus และ *Azospirillum*
มาพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพ PGPR เชิงพาณิชย์ในภาค
เกษตรกรรม ใช้กับพืชไร่สำคัญ เช่น อ้อย ข้าวสาลี โดยมี
รายงานว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในพื้นที่ 600,000
เฮกตาร์ ในประเทศเม็กซิโก ตั้งแต่ปี 1999 และเพิ่มเป็น
1.5 ล้านเฮกตาร์ ในปี 2000 ทำให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น
เฉลี่ยร้อยละ 26 (Mellado, 2002)

2. สร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตหรือฮอร์โมนพืช
ได้แก่ Auxin Gibberellin และ Cytokinin ตัวอย่างสกุล
ของแบคทีเรียกลุ่มนี้ คือ *Azospirillum* และ *Azotobacter*
ตัวอย่างงานวิจัยของ Bottini *et al.* (1989) พบว่า การใช้
Azospirillum spp. ร่วมกับการปลูกหญ้าสามารถเพิ่ม
ผลผลิตของหญ้า เพราะการผลิโตฮอร์โมนพืช
จิบเบอเรลลินจากแบคทีเรีย และการใช้แบคทีเรีย *Bacillus*
licheniformis กับการปลูกต้นกล้า Alder (*Alnus*
glutinosa) สามารถส่งเสริมการเจริญของต้น Alder ได้
อย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ใส่เชื้อ โดยเฉพาะมีระบบ
รากที่สมบูรณ์ พื้นที่ผิวของใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง

เกิดจากสารประกอบกลุ่ม Auxin และ Gibberellin ที่ผลิต
จากแบคทีเรียกลุ่มนี้ (Ramos *et al.*, 2002)

3. ควบคุมศัตรูพืช (Biopesticide) ฟิซีฟิอาร์ช่วย
ป้องกันพืชจากอันตรายที่เกิดจากโรคพืชโดยกลไกทางอ้อม
เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotic) สาร เมแทบอลิต์
ยับยั้งรา การแข่งขันกับโรคพืช และเหนี่ยวนำความ
ต้านทานในพืช การสร้างสารปฏิชีวนะเป็นกลไกที่มี
ประสิทธิภาพมากสุดในการยับยั้งโรคพืช (Dilantha
Fernando *et al.*, 2006) ดังเช่นที่พบใน *Pseudomonas*
ที่สังเคราะห์ hydrogen cyanide (HCN) ไปยับยั้งราที่
ก่อให้เกิดโรคอื่นได้ เช่น รา *Thielaviopsis basicola*
สาเหตุของโรครากเน่าในยาสูบ (Voisad *et al.*, 1989)
หรือการใช้แบคทีเรีย *P. fluorescens* กับข้าว Rye
(*Secale cereale*) พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อรา *Fusarium*
culmorum ที่ทำให้เกิดโรคเหี่ยวได้ดียิ่งขึ้น ถ้ามีการปรับ
สภาพของดินให้มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากขึ้น (Kurek
and Jaraszuk-Sciscl, 2003) และ Han *et al.* (2005) ได้
ค้นพบแบคทีเรียกลุ่มใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็นฟิซีฟิอาร์ใน
สกุล *Delfarsuruhatensis* HR4 ที่แยกได้จากบริเวณที่
ปลูกข้าวทางตอนเหนือของจีนซึ่งแบคทีเรียสายพันธุ์นี้
สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ก่อโรคในต้นข้าว
ได้แก่ *Xanthomonas oryzae*, *Rhizoctonia solani*
และ *Piricularia oryzae* เป็นต้น

ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ หรือปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรีย
ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช คือ ปุ๋ยชีวภาพที่
ประกอบด้วยแบคทีเรียที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณ
รอบรากพืช (rhizosphere) ซึ่งสามารถส่งเสริม
การเจริญเติบโตของพืชได้ โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้
มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน เพิ่มความเป็น
ประโยชน์ของธาตุอาหารพืช สร้างสารซิเดอโรฟอร์
(siderophores) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำธาตุ
เหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณ

รอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุหลักไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxins) ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคตินเนส (chitinase) และลามินาริเนส (laminarinase) ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืช สร้างสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ (Glick *et al.*, 1999)

1. การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อใช้ในการผลิตพืช ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาขึ้นมามากมายหลายชนิดเพื่อนำไปใช้ให้เหมาะสมกับระบบการผลิตพืช ยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ที่กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตพืชเศรษฐกิจ ได้แก่

1.1 ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน (PGPR-1) ใช้สำหรับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense* (TS13) *Azotobacter* sp. (125) และ *Beijerinckia* sp. (TB5-26) เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียกลุ่มเดียวกันหรือต่างกลุ่มกัน ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียหลากหลายชนิดหรือหลากหลายสายพันธุ์ แบคทีเรียกลุ่มที่สามารถตรึงไนโตรเจน ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมน ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและสามารถตรึงไนโตรเจนเพิ่มรูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิดในดิน (Department of Agriculture, 2012)

1.2 ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู (PGPR-2) ใช้สำหรับข้าว ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ *Burkholderia vietnamiensis* และ *Azospirillum brasilense* ที่สามารถตรึงไนโตรเจนละลายธาตุอาหารที่ตรึงอยู่ในดิน และสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชคล้ายออกซิน (IAA) โดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจน และเพิ่มรูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิดในดิน ส่งเสริมการเจริญของรากข้าว จึงสามารถช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากทำให้เพิ่มการดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากกว่าปกติ (Jacoud, 1999)

1.3 ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทรี (PGPR-3) ใช้สำหรับอ้อยและมันสำปะหลังประกอบด้วยจุลินทรีย์ 2

ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense* DASF04008 และ *Gluconacetobacter diazotrophicus* BR11281 ที่สามารถตรึงไนโตรเจน ละลายธาตุอาหารที่ตรึงอยู่ในดิน และสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตคล้ายออกซิน (IAA) โดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนเพิ่มรูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิดในดิน ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากอ้อยและมันสำปะหลังจึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากทำให้เพิ่มการดูดน้ำและปุ๋ย (Department of Agriculture, 2016)

2. มาตรฐานของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์จะต้องระบุชื่อสกุลทางวิทยาศาสตร์ และมีปริมาณจุลินทรีย์รับรองรวมทั้งหมดขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี หรือเซลล์ต่อน้ำหนักปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม โดยวิธีตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ เป็นการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนและเจริญเติบโตเป็นรูปโคโลนีบนอาหารวุ้นแข็ง (agar media) โดยสมมติฐานว่า เซลล์หนึ่งเซลล์หรือกลุ่มของเซลล์ที่อยู่ใกล้ๆ กันจะเพิ่มจำนวนเจริญทับถมกันเป็นหนึ่งโคโลนี ตัวอย่างการนับและคำนวณปริมาณแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนกลุ่ม aerobic ด้วยวิธีการ viable plate count เช่น ระดับความเจือจางของเชื้อที่ใช้เพาะ 10^{-4} จำนวนโคโลนีที่นับได้จากจานเพาะเชื้อทั้ง 3 จาน คือ 35 40 และ 45 ตามลำดับ แล้วรวมจำนวนเชื้อที่นับได้ เท่ากับ $35+40+45 = 120$ โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีที่รวมกันด้วย 3 เท่ากับ $120/3 = 40$ จากนั้นคูณค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยส่วนกลับของระดับความเจือจาง และ 10 เท่ากับ $40 \times 10^4 \times 10 = 40 \times 10^5$ โคโลนี ปรับตัวเลขให้อยู่ค่าที่ใกล้เคียง $= 40 \times 10^5 = 4.0 \times 10^6$ โคโลนี รายงานผลที่อ่านได้เป็นจำนวนเชื้อที่มีชีวิตต่อกรัมปุ๋ยชีวภาพ จากตัวอย่างมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตประมาณ 4.0×10^6 หรือ 4,000,000 โคโลนีต่อกรัมของปุ๋ยชีวภาพ (Department of Agriculture, 2008)

3. วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดพืช ได้แก่ การคลุกกับเมล็ด การผสมกับปุ๋ยหมัก การผสมกับปุ๋ยเคมี การฉีดพ่นบนท่อนพันธุ์ และการแช่ท่อนพันธุ์ เป็นต้น

4. การเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°C ไม่ให้โดนความร้อน แสงแดด สารเคมีเข้มข้น ความชื้น เมื่อเปิดใช้แล้วควรรีบใช้ให้หมด ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 10°C สามารถเก็บได้ 3 เดือน

5. ข้อจำกัดของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ สกูลและสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของพืชสมบัติของดิน ประชากรจุลินทรีย์ที่ออกฤทธิ์และเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม และโดยทั่วไปหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพปริมาณแบคทีเรียจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levanyon, 1990; Meunchang and Panichsakpatana, 2008; Meunchang *et al.*, 2006a; Meunchang *et al.*, 2006b) นอกจากนี้ยังมีรายงานผลการวิจัยที่พบว่า การใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของสายพันธุ์ที่คัดเลือกในท้องถิ่น มักให้ผลผลิตดีกว่าสายพันธุ์มาตรฐาน (Murty and Ladha, 1998; Fulchieri and Frioni, 1994)

บทบาทของฟิซีฟิอาร์ในระบบการผลิตพืช

1. ข้าวโพด

Thummanus *et al.* (2016) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง พบว่า การใช้ปุ๋ยวิธีแนะนำเกษตรกรที่เหมาะสม (good agricultural practice; GAP) ทำให้ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากที่สุดแต่ไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยแบบ PGPR1+75%GAP แสดงให้เห็นว่าการผลิตในรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และยังสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงลงได้ Prongjunteak *et al.* (2014a) ได้ศึกษาผลการใช้ฟิซีฟิอาร์ 1 ต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวานโดยใช้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 ในปี 2556 พบว่าในแปลงทดลอง ศวพ.ลพบุรี ที่

ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนเหนียว ข้าวโพดหวานให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า แปลงทดลองในดินร่วนปนทราย ที่ ศวพ.นครสวรรค์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) และเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในดินร่วนปนทรายที่มีอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสต่ำ พบว่า สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ได้ประมาณ 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของ Department of Agriculture (2005) ส่วนในดินร่วนเหนียวที่มีฟอสฟอรัสสูง สามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมได้ประมาณ 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของ Department of Agriculture (2005) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ตอบสนองในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

Prongjunteak *et al.* (2014b) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 1 ในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพียงอย่างเดียวในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด และสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ได้ 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร ส่วนในแปลงทดลองดินร่วนเหนียวมีแนวโน้มสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมได้ประมาณ 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ (Prongjunteak *et al.*, 2016) ที่พบว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีถึงระดับสูงตามคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ปริมาณไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่นๆ มักเพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดแล้ว การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์จึงไม่ตอบสนองทั้งการตรึงไนโตรเจน และการดูดใช้ธาตุอาหารอื่นๆ แต่เมื่อมีการลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง 25 และ 50% มีผลทำให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเห็นว่า ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีและมีการให้ไนโตรเจนบางส่วนกับข้าวโพดจากการตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ ทั้งยังช่วยเพิ่มการดูดธาตุอาหารและการเพิ่ม

ปริมาณรากจากการผลิตออกซิน (IAA) ของจุลินทรีย์ จึงทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว

2. ข้าว

Meunchang *et al.* (2004) ได้แยกเชื้อ *Azospirillum* sp. จากข้าวปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 50 และข้าวป่า และได้มีการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์สำหรับข้าวโดยใช้ในรูปแบบเชื้อผสมระหว่าง *Azospirillum brasilense* TS29 และ *Burkholderia vietnamiensis* S45 จากนั้นได้นำไปใช้ในแปลงทดลองของกรมวิชาการเกษตรและแปลงของเกษตรกร พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ร่วมกับปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 1.5 กิโลกรัมต่อไร่ และหินฟอสเฟตในสภาพดินต่าง ดินเหนียว อำเภอดาเกี จังหวัดนครสวรรค์ ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น 9.8% สามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินได้ 40% ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 33.7% ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Department of Agriculture (2016) ที่ทำการทดลองการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 2 ในแปลงนาเกษตรกรจังหวัดอุทัยธานี ปี 2553-2555 พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 2 สามารถช่วยเพิ่มผลผลิต 40 เปอร์เซ็นต์ และลดการใช้ปุ๋ยเคมี 35.8 เปอร์เซ็นต์ (Meunchang *et al.*, 2007) (Table 2)

3. อ้อย

Meunchang *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษากการแพร่กระจายของแบคทีเรียในอ้อยสายพันธุ์ไทยในปี 2538 และ Dobereiner บราซิล ได้มอบเชื้อ *Gluconacetobacter diazotrophicus* BR11281 เพื่อใช้ศึกษาวิจัยในอ้อยสายพันธุ์ไทย ต่อมา Meunchang *et al.* (2005) ได้แยกเชื้อ *Azospirillum* ที่แยกได้จากรากอ้อย สายพันธุ์ไทยด้วยวิธี phylogenetic analysis พบว่า ไอโซเลท TS8 มีความคล้ายคลึงกับ *Azospirillum*

brasilense 98% จึงได้นำแบคทีเรียสองตัวดังกล่าวมาพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์สำหรับอ้อยและ มันสำปะหลังในรูปแบบ multi straining inoculums และต่อมา Meunchang (2007a) ได้นำไปทดลองในแปลงทดลองของศูนย์วิจัย ภายในกรมวิชาการเกษตร และแปลงเกษตรกร พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 กับอ้อยช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกอ้อยได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Meunchang *et al.* (2015) ได้ทดลองใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ กันในอ้อยปลูก อ้อยต่อ 1 และอ้อยต่อ 2 ที่ปลูกในดินร่วนทรายที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์สามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ 50% หรือลดปุ๋ยเคมี NPK ได้ 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ของกรมวิชาการเกษตร โดยผลวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 มีผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างชัดเจน (Table 3) และเมื่อติดตามผลการใช้ประโยชน์ในกลุ่มเกษตรกรเป้าหมายที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 ในการปลูกอ้อย พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์สามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ 33-43%

4. มันสำปะหลัง

Meunchang (2007b) ได้ทำการศึกษากการคัดเลือกสายพันธุ์ฟิสิกส์ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันเป็นสำปะหลัง พบว่า การปลูกมันเป็นสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ในระยะทางทดลองดินทรายที่ใส่เชื้อผสมของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ได้แก่ *Azospirillum brasilense* *Burkholderia vietnamiensis* และ *Gluconacetobacter diazotrophicus* จะทำให้การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของมันสำปะหลังดีที่สุด และเมื่อนำแบคทีเรียดังกล่าวมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 สำหรับมันสำปะหลัง ซึ่งต่อมา Meunchang (2014) ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตมันสำปะหลังในแปลงทดลองดินทรายที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2555/2556 พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ 3 ทำให้ผลผลิตหัวมันสดมีความแตกต่างกับกรรมวิธีไม่ใส่

ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น 16.2% ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันทำให้ผลผลิตหัวมันสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย ไม่ทำให้ผลผลิตหัวมันสดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่ และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย ไม่ทำให้ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่า กรรมวิธีใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์ให้ผลตอบแทนมากที่สุด เพราะมีต้นทุนค่าปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว 40 บาท/ไร่ (Table 5) ส่วนในแปลงดินร่วนปนทราย พบว่าการ

ตอบสนองของผลผลิตมันน้อย เพราะดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ดังนั้น การใส่ปุ๋ยชีวภาพ พีจีฟาร์ 3 หรือปุ๋ยเคมีไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Meunchang *et al.* (2012) และ Amawan (2012) ที่ทำการศึกษการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในโตรเจนอัตราต่างๆ ในการปลูกมันสำปะหลังในดินทราย รายงานว่า กรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์ 3 สามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของ Department of Agriculture (2005) และยังให้ผลตอบแทนที่สูงที่สุด คือ 9,096 บาท/ไร่

Table 1 Weight of yield per Rai of hybrid 3 maize after application of PGPR 1 bio-fertilizer together with chemical fertilizer at different ratio in 2013 at Lopburi and Nakhon Sawan Agriculture Research and Development Center

Method	Plot 1 Lopburi ARaDC (Clay loam)	Plot 2 Nakorn Sawan ARaDC (Sandy loam)
	Yield (kg rai ⁻¹)	Yield (kg rai ⁻¹)
No fertilizer	3,787	516 b
13-0-0 Fertilizer kg/Rai	4,462	1,920 a
PGPR bio-fertilizer	3,533	759 b
PGPR bio-fertilizer+0-10-0 fertilizer kg/Rai	4,253	842 b
PGPR bio-fertilizer+13-10-0 fertilizer kg/Rai	4,302	1,600 a
PGPR bio-fertilizer+9.75-7.5-0 fertilizer kg/Rai	3,973	1,879 a
PGPR bio-fertilizer+6.5-5-0 fertilizer kg/Rai	3,858	1,659 a
F-test	ns	*
CV (%)	12.51	17.66

The same characters are not statistically different at 95% confidence level using DMRT.

Source: Department of Agriculture (2012)

Table 2 Effect of chemical fertilizer together with PGPR 2 bio-fertilizer (rice) application in farmer's field in Uthai Thani Province 2010-2012

Application	Fertilizer Formula	Pre-test Fertilizer Ratio Application (kg rai ⁻¹)	Applied Fertilizer Ratio When Mixing Seed with Rice PGPR Bio-Fertilizer (kg rai ⁻¹)		
			2010	2011	2012
First	46-0-0	27.0	19.0	19.0	19.0
Second	16-20-0	15.0	15.0	15.0	15.0
	46-0-0	12.0	7.7	7.7	7.7
Third	15-15-15	15.0	7.7	7.7	7.7
	0-0-60	4.0	4.0	4.0	4.0
Paddy yield (kg/Rai)		750	900	1,000	1,050
Fertilizer cost (baht/Rai)		1,135	730	730	730
Net income (baht/Rai)		11,250	13,500	15,000	15,750
Value/cost-ratio of fertilizer application (VCR)		9.91	18.5	20.5	21.6
Percentage of reduced fertilizer		0	35.8	35.8	35.8
Percentage of increased yield		0	20	33.3	40

¹PGPR 2 bio-fertilizer applied in the experiment composed of *Azospirillum* sp. TS29, *Curtobacterium* sp. J10 and *Burkholderia* sp. S45 microorganisms with not less than 1.0×10^6 cells per gram according to Fertilizer Act.

Source: Department of Agriculture (2016)

Table 3 Economic return of Khon Kaen 3 a cultivar sugar cane when applying PGPR bio-fertilizer together with chemical fertilizer at different ratio in sandy soil at Roi Et Agriculture Research and Development Center

Chemical Fertilizer N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg /Rai	PGPR Bio-Fertilizer (kg rai ⁻¹)	Sugar Cane Yield (kg rai ⁻¹)	Increased Yield (kg rai ⁻¹)	Increased Income ¹ (baht rai ⁻¹)	Fertilizer Cost ² (baht rai ⁻¹)	Value/cost-ratio (VCR) ³	
						Total VCR	PGPR-VCR
0	Not Apply	12,665	0	0	0	0	0
	Apply	13,097	432	499	40	12.48	12.48
12-6-12	Not Apply	17,166	4,501	5,194	1,095	4.74	0
6-6-12	Apply	18,608	5,943	6,858	900	7.62	2.88
9.5-4.5-9.5	Apply	17,069	4,404	5,082	825	6.16	1.42

¹Sugar cane price is 1,154 baht/ton (Sold price farmers had in Roi Et province area in December 2011).

²Chemical fertilizer price of 15-15-15 formula is 18 baht a kg., 46-0-0 formula is 16 baht a kg., 0-0-60 formula is 20 baht a kg. and PGPR bio-fertilizer is 20 baht a bag (Fertilizing ratio is 2 bag/Rai).

³Ratio of incomes from increased yield by fertilizing (Value to Cost Ratio, VCR).

VCR = (Increased income by fertilizing/Cost by fertilizing). For farmers with limited budget, critical level is 2.0.

Source: Department of Agriculture (2016)

Table 4 Effect of PGPR 3 bio-fertilizer together with chemical fertilizer application at different ratio on growth and yield of Rayong 9 a cultivar cassava in sandy soil at Rayong Field Crops Research Center 2012/2013

Fertilizer Application	Root Yield	Starch Yield
	(kg rai ⁻¹)	(kg rai ⁻¹)
A. PGPR bio-fertilizer (1 kg/Rai)		
B ₀ = Not apply	5,851 b	1,695
B ₁ = Dip cutting before growing	6,796 a	1,915
B. Chemical fertilizer ratio (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/Rai)		
F ₀ = 0-0-0	5,343 b	1,541 b
F ₁ = 16-4-16	7,222 a	1,737 ab
F ₂ = 8-4-8	6,667 ab	1,953 ab
F ₃ = 4-4-4	6,053 ab	1,989 a
C. B x F interaction		
B0F0	4,558	1,321
B0F1	6,545	1,703
B0F2	6,479	1,949
B0F3	5,822	1,805
B1F0	6,127	1,760
B1F1	7,898	1,770
B1F2	6,875	1,957
B1F3	6,285	2,173
CV (a) %	4.18	7.49
CV (b) %	10.6	12.2

Note: Average bio-fertilizer or chemical fertilizer application at different ratio with the same character are not statistically different at 95% confidence level using LSD. Average bio-fertilizer and chemical fertilizer application at different ratio (C) with the same character are not statistically different at 95% confidence level using DMRT.

Source: Department of Agriculture (2012)

Table 5 Economic return of Rayong 9 a cultivar cassava when applying PGPR 3 bio-fertilizer together with chemical fertilizer at different ratio in sandy soil at Rayong Field Crops Research Center 2012/2013

Method N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/Rai	Yield (kg rai ⁻¹)	Increased Yield (kg rai ⁻¹)	Fertilizer Cost ¹ (baht rai ⁻¹)	Return of Fertilizer Cost (VCR) ²	
				VCR	VCR with PGPR ³
No fertilizer	4,558	0	0	0.00	0.00
No fertilizer + PGPR bio-fertilizer	6,127	1,569	40	39.2	39.2
16-4-16	6,545	1,987	1,282	1.55	0.00
16-4-16 + PGPR bio-fertilizer	7,898	3,340	1,322	2.53	0.97
8-4-8	6,479	1,921	739	2.60	0.00
8-4-8 + PGPR bio- fertilizer	6,875	2,317	779	2.97	0.37
4-4-4	5,822	1,264	468	2.70	0.00
4-4-4 + PGPR bio- fertilizer	6,285	1,727	508	3.40	0.70

¹Chemical Fertilizer prices of 15-15-15 formula is 18 baht a kg., 46-0-0 formula is 16 baht a kg., 0-0-60 formula is 20 baht a kg. and PGPR bio-fertilizer is 20 baht a bag (Fertilizing ratio is 2 bag/Rai).

²Average cassava price is 1,900 baht/ton.

³Ratio of incomes from increased yield by fertilizing (Value to Cost Ratio, VCR).

VCR = (Increased income by fertilizing/Cost by fertilizing). For farmers with limited budget, critical level is 2.0.

Source: Department of Agriculture (2012)

สรุป

การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจ คือ ข้าวโพด ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 9.8-40% และ

ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ 25-50% ตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยในพืชเศรษฐกิจของกรมวิชาการเกษตร ดังนั้น ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ จึงเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถใช้ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชได้

References

- Ahemad, M. and Khan, M.S. 2011. Functional aspects of plant growth promoting rhizobacteria: recent advancements. *Insight Microbiol.* 1(3): 39-54.
- Amawan, S. 2012. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Quality and Quantity Increasing of Cassava Yield. Master of Science Degree Thesis. (Environmental Management), School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration, Bangkok. (in Thai)
- Bashan, Y. and Levanony, H. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.* 36: 591-608.
- Bottini, R., Fulchieri, F., Pearce, D. and Pharis, R.P. 1989. Identification of gibberellins A1, A3 and iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. *J. Plant Physiol.* 10: 45-47.
- Department of Agriculture. 2005. Bio-fertilizer and bio-fertilizer product. Academic paper No. 7/2548. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Department of Agriculture. 2008. Bio-fertilizer analytic manual. Soil Science Research Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Department of Agriculture. 2012. PGPR bio-fertilizer. Soil Science Research Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Department of Agriculture. 2016. Academic paper on PGPR 3 bio-fertilizer. Soil Science Research Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Dilantha Fernando, W.G., Nakkeeran, S. and Zhang, Y. 2006. Biosynthesis of antibiotics by PGPR and Its Relation in Biocontrol of Plant Diseases. pp 67-109, In Siddiqui, Z.A. (Ed.) PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Springer, Netherlands.
- Fulchieri, M. and Frioni, L. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays*): effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Biol. Biochem.* 26: 921-923.
- Glick, B.R., Patten, C.L., Holguin, G. and Penrose, D.M. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial College Press, Waterloo, Ontario, Canada. 276 p.
- Gray, E.J. and Smith, D.L. 2005. Intracellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biol. Biochem.* 37: 395-41.
- Han, J., Sun, L., Dong, X.X., Cai, Z., Sun, X., Yung, H., Wang, Y. and Song, W. 2005. Characterization of a novel plant growth-promoting bacteria strain Delftiastruhatensis HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various pathogen. *Syst. and Applied Micro.* 28: 66-76.

- Jacoud, C. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Can. J. Microbiol. 45: 339-342.
- Kurek, E. and Jaraszuk-Sciscl, J. 2003. Rye (*Secale cereale*) growth promotion by *Pseudomonas fluorescens* strains and their interactions with *Fusarium culmorum* under various soil conditions. Biological Control. 26: 48-56.
- Mellado, C. 2002. Title of abstract. Proceedings of 8th International Symposium on Nitrogen Fixation with Non Legume; December 3-7, 2000; The of University Sydney NSW, Australia, page number of abstract.
- Meunchang, S. 2004. Utilization of sugar mill by-products, fixing bacteria and rhizobacteria in plant production. Doctor of Philosophy Degree Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Meunchang, S., Ando, S., Tangchum, B., and Wadisirsak P. 1998. Distribution and effectiveness of associative nitrogen-fixing bacteria in the western sugar cane belt of Thailand. Proceeding of the 3rd national cane and sugar conference.
- Meunchang, S. 2007a. Utilization of sugar mill by-products, fixing bacteria and rhizobacteria in plant production. National Research Council of Thailand Reward of the Year 2007. National Research Council of Thailand. (in Thai)
- Meunchang, S. 2007b. Selection of PGPR with potential to promote cassava production in pot sand culture environment. Annual Report 2007 of Research and Development on Cassava Cultural Practice Management. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok. (in Thai)
- Meunchang, S. and Panichsakpatana, S. 2008. Utilization of sugar mill by-products, fixing bacteria and rhizobacteria in plant production. Pages 250-252. In National Research Council of Thailand Reward: Thesis of the Year 2007. (in Thai)
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Ando, S., and T. Yokohama. 2004. Phylogenetic and physiological characterization of indigenous *Azospirillum* isolates in Thailand. Soil Sci. Plant Nutr. 50 (3): 413-421.
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Ando, T., Yokohama and Werver, R.W. 2006b. Bio-organic Fertilizer production development from compost and plant growth promoting rhizobacteria. In Abstract of 14th world fertilizer congress. January 21-27, 2006. Chaing Mai Thailand. (in Thai)
- Meunchang, S., Panichsakpatana S. and Werver, R.W. 2006a. Tomato growth in soil amended with sugar mill by-product compost containing N₂-fixing bacteria. Plant and Soil. 280: 171-176. (in Thai)
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Werve, R.W., 2005. Inoculation of sugar mill by products compost with N₂-fixing bacteria. Plant and Soil. 272, 219-225.

- Meunchang, S., Thongra-ar, P., Sanoh, S. and Sripongkul, K. 2007. Bio-fertilizer of rice development. Pages 289-296. In: Proceedings of rice and temperate cereal crops annual conference 2007. 19-21 February 2007 at Pathumthani Rice Research Center, Pathumthani province. (in Thai)
- Meunchang, P., Amawan, S., Thongra-ar, P., Prongjunteak, K., Kernoon, S., Amonpon, W. and Thippayarugs, S. 2012. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Quality and Quantity Increasing of Cassava Yield. Pages 349-363. In: Annual report 2011 of Research and Development on Cassava Cultural Practice Management. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. August 2012. (in Thai)
- Meunchang, P., Amawan, S., Thongra-ar, P., Prongjunteak, K., Kernoon, C., Amonpon, W. and Thippayarugs, S. 2014. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Quality and Quantity Increasing of Cassava Yield. Pages 163-177. In: Annual report on work performance in FY 2013 volume 2. Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Meunchang, P., Prongjunteak, K., Kam-on, S., Kongthian, D., Sukchan, U., Sanoh, S., Kernoon, T., Seanphuak, T., Thongra-ar, P., Rattanasriwong, S., Eamvijarn, A., Prasertsak, P., Thippayarugs, S., Phaisarncharoen, K. and Nuntagij, A. 2015. Sugar cane PGPR bio-fertilizer. Pages 37-40. In: Proceedings of agriculture annual conference 2015, Department of Agriculture. 25-27 May 2015 at Centara Government Complex Hotel & Convention Centre Chaeng Watthana, Bangkok. (in Thai)
- Murty, M.G. and Ladha, J.K. 1998. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic condition. Plant Soil. 108: 281-285.
- Prongjunteak, K., Meunchang, S., Thongra-ar, P., Kernoon, C., Luanmanee, S. and Yen-uam, W. 2014b. Study on Effectiveness of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Cost Decreasing, Quality and Quantity Increasing of Corn Yield. Pages 178-184. In: Annual report on work performance in FY 2013 volume 2. Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Prongjunteak, K., Meunchang, S., Thongra-ar, P., Kernoon, C., Luanmanee, S. and Yen-uam, W. 2016. Study on Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Quality and Quantity Increasing of Corn Yield. Pages 66-67. In: Proceedings of research annual conference 2015, Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture. 15-17 March 2016 at multipurpose buildings of Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Takfa amphur, Nakhon Sawan province. (in Thai)

- Prongjunteak, K., Meunchang, S., Thongra-ar, P., Kernoon, C., Punlai, N. and Yen-uam, W. 2014a. Study on Effectiveness of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Cost Decreasing, Quality and Quantity Increasing of Sweet Corn Yield. Pages 185-191. In: Annual report on work performance in FY 2013 volume 2. Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Ramos, B., Lucas Garcia, J.A., Probanaza, A., Barrientos, M. L., and Guterrez Mannero, F. J. 2002. Alterations in the rhizobacterial community associated with European alder growth when inoculated with PGPR strain *Bacillus Licheniformis*. Environmental and Experimental Botany. 49: 61-68.
- Teaumroong, N; Teamtisong, K. and Boonkerd, N. 2005. General knowledge on PGPR bacteria (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Suranaree J. Soc. Sci. 12: 248-257. (in Thai)
- Thummanus, E., Seanphuak, T., Hamathulin, A., Boontang, S. and Simla, S. 2016. Effects of Biofertilizer (PGPR1) with Chemical Fertilizer on Seed Yield of Purple Waxy Corn. Songklanakarin J. Plant Sci. 3(Supplement 3): 54-59. (in Thai)
- Voisad, C., Keel, C., Haas, D. and Defago, G. 1989. Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions. EMBO J. 8(2): 351-358.
- Von der Weid, I., Paiva, E., Nobrega, A., van Elsas, J. D. and Seldin, L. 2000. Diversity of *Paenibacillus polymyxa* strains isolated from the rhizosphere of maize planted in Cerrado Soil. Res. Microbiol. 151(5): 369-381.

กลไกที่แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

สิริภักดิ์ สุระพร*

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในการป้องกันกำจัดแมลง จากการที่แมลงได้รับสารฆ่าแมลง ในขณะที่ประชากรส่วนใหญ่ตาย แต่มีแมลงบางส่วนที่สามารถรอดชีวิตได้ และพัฒนาการให้มีการต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เพิ่มมากขึ้นในรุ่นถัดไป สารฆ่าแมลงที่นิยมใช้ในการกำจัดแมลงได้แก่ ออร์กาโนฟอสเฟต ไพรีทรอยด์ นิโอนิโคตินอยด์ และ คาร์บาเมต กลไกการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงเกิดขึ้นก่อนสารฆ่าแมลงเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลง เช่น พฤติกรรมของ แมลง และ การลดอัตราการดูดซึมสารฆ่าแมลง หลังจากสารฆ่าแมลงเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลงมีกลไกที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเพิ่มการกำจัดปริมาณสารพิษหรือการดักจับสารพิษ การย่อยสลายสารพิษ การกลายของยีนเป้าหมายที่บริเวณของสาร ออกฤทธิ์ และการต้านทานแบบข้ามกลุ่มของสารฆ่าแมลงในกลุ่มเดียวกัน หรือคนละกลุ่ม ซึ่งกลไกเหล่านี้ทำให้แมลงเพิ่ม ศักยภาพในการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงมากขึ้น ผลกระทบจากการที่แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลงส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณ การใช้สารฆ่าแมลง เกิดการตกค้างของสารพิษในระบอบนิเวศ ผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทั้งนี้แนวทางในการป้องกันไม่ให้ แมลงเกิดการต้านทาน มีแนวปฏิบัติโดยนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญในท้องที่ให้ข้อมูล อบรมเกษตรกรให้เข้าใจหลักการใช้อย่าง ระวังที่ถูกต้อง มีการเฝ้าระวังไม่ให้แมลงศัตรูระบาด มีการนำเทคโนโลยี พัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา ไปใช้ในการ ตรวจสอบสารฆ่าแมลงในระดับภาคสนาม ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติที่ช่วยลดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้

คำสำคัญ: สารฆ่าแมลง การต้านทานสารฆ่าแมลง การย่อยสลายสารพิษ และ การกลายของยีนเป้าหมายที่บริเวณสารออกฤทธิ์

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: siripuk_s@yahoo.com

Mechanism of Insecticide Resistance to Insect

Siripuk Suraporn*

*Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai,
Mahasarakham 44150, Thailand*

Abstract

Insecticide resistance is a major problem in pest control. Upon exposure to insecticides, most of insects die but some of them are still alive, reproduce and create more resistance insects with increasing in every generation. The major classes of insecticide include organophosphate, pyrethroid, neonicotinoid, and carbamate have been used for insect control. The mechanisms of resistance can be started before insecticide entering to inside the body of insect; behavioral resistance (avoidance) and reduce penetration. After ingestion, resistance mechanisms are involved in excretion or sequestration, detoxification, gene or target site mutation, and cross resistance. These mechanisms increase potential of their resistance to insecticides. The effects of insects that are resistant to insecticides include increasing the amount of insecticides use, residues of toxic substances in ecosystem, and harmful to consumers. Therefore, the guidelines of prevention can be consulted an advisor and local expert for insecticide resistance management; provide information and training to farmers, watch the insect pest population, development of application program on portable device for insecticides in the fieldwork. These resistance management guidelines can help to reduce insecticides resistance.

Keywords: Insecticides, Insecticides resistance, Metabolic resistance and Target site mutation

* Corresponding author: E-mail: siripuk_s@yahoo.com

บทนำ

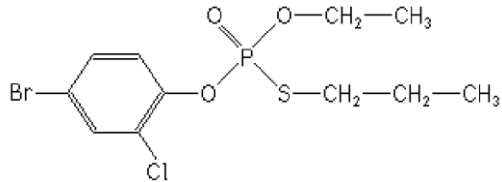
แมลง (insect) เป็นสัตว์ที่ครองโลก เพราะมีประชากรเป็นจำนวนมาก คิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิต หรือประมาณ 950,000 ชนิด (May, 1988) เนื่องจากแมลงมีลักษณะที่เอื้อต่อการดำเนินชีวิตและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ซึ่งมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ แมลงเป็นสัตว์ที่มีขนาดเล็ก จึงต้องการอาหารในปริมาณน้อย แมลงเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเพียงชนิดเดียวที่บินได้ (flight) แมลงมีความสามารถในการลอกเลียนแบบ (adaptation) และอำพรางตัว (mimicry) ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม แมลงมีความสามารถในการขยายพันธุ์ได้สูง (high fecundity) แมลงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในระหว่างการพัฒนาเจริญเติบโต (metamorphosis) และที่สำคัญคือแมลงมีอายุขัย (life cycle) ที่สั้น จึงทำให้มีวิวัฒนาการและการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว และสามารถปรับเปลี่ยนสารพันธุกรรม (genetic mutation) ให้ต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (insecticides resistance) ได้สูง แมลงส่วนใหญ่จัดเป็นแมลงที่มีประโยชน์ แต่มีแมลงร้อยละ 1 ของจำนวนแมลงทั้งหมด ที่จัดเป็นแมลงที่ก่อโทษ (harmful insect) ได้แก่ แมลงศัตรูพืช และแมลงทางการแพทย์ และปศุสัตว์

ในปี ค.ศ. 1914 มีรายงานพบแมลงมีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงครั้งแรกในเพลี้ยหอย (scale insect) โดยนักกีฏวิทยาชาวอเมริกันชื่อ เอ แอล มีเลนเดอร์ (A.L. Melander) พบว่าหลังการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงในรุ่นต่อมาแมลงจะลดอัตราการตายลง นั้นหมายถึงแมลงมีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้น และในแมลงรุ่นต่อมา ถึงแม้จะมีการเพิ่มปริมาณของสารฆ่าแมลงในการฉีดพ่น แต่แมลงก็ยังสามารถรอดชีวิตได้ (Melander, 1914) ถัดมาในปี 1947

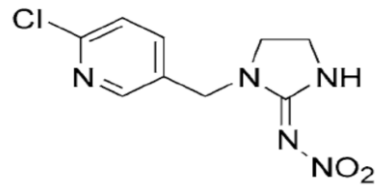
พบแมลงวัน (House Fly: *Musca domestica*) มีความต้านทานต่อดีดีที (Dichlorodiphenyl trichloroethane: DDT) องค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ให้คำจำกัดความของคำว่า “ความต้านทาน หมายถึงความสามารถของสิ่งมีชีวิตในแต่ละสายพันธุ์ (strain) ที่มีความสามารถรอดชีวิตได้จากการได้รับสารพิษ ในขณะที่ประชากรส่วนใหญ่ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน มีอัตราการตายสูง สิ่งมีชีวิตที่รอดชีวิตนั้นสามารถถ่ายทอดคุณลักษณะของความต้านทานดังกล่าวต่อไปยังรุ่นลูก” สำหรับในแมลงศัตรูพืชนั้น แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ถือเป็นปัญหาหลักของการจัดการแมลงศัตรูพืช (World Health Organization, 2012)

สารฆ่าแมลงแบ่งออกเป็นหลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะนำเกณฑ์ใดมาใช้เป็นตัวจัดจำแนก เช่น การแบ่งตามระยะการเจริญของแมลง ได้แก่ กำจัดระยะไข่ (ovicides) ระยะหนอน (larvicides) ระยะตัวเต็มวัย (adulticides) หรือการใช้เกณฑ์การเข้าสู่ร่างกายของแมลง (mode of action) เช่น กินตาย (stomach poison) ถูกตัวตาย (contact poison) และ ดูดซึม (systemic poison) โดยสารฆ่าแมลงจะผ่านเข้าทางผิวหนัง ซึ่งส่งผลต่อระบบการหายใจ ทำงานผิดปกติ เป็นต้น (Sombatsiri, 1985; Oppenoorth, 1959) อย่างไรก็ตาม สารฆ่าแมลงที่นิยมใช้ฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรู หากแบ่งตามโครงสร้างทางเคมีสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) ไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) นีโอนิโคตินอยด์ (Neonicotinoid) และ คาร์บาเมต (Carbamate) ตัวอย่างโครงสร้างของสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ ได้แก่ โพรพิโนฟอส เดลตาเมทริน อิมิดาโคลพริด และคาร์บาริล ตามลำดับ (Fig. 1)

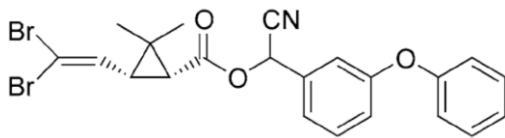
Organophosphate : Profenofos



Neonicotinoid: Imidacloprid



Pyrethroid : Deltamethrin



Carbamate : Carbaryl

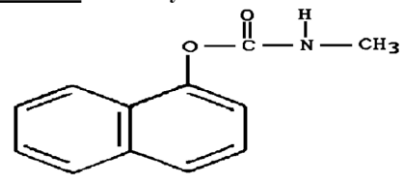


Fig.1 Structure of the major classes of insecticides, Organophosphate, Pyrethroid, Neonicotinoid, and Carbamate, which are represented by profenofos, deltamethrin, imidacloprid, and carbaryl, respectively. (Suraporn, 2008)

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เป็นสารเคมีกลุ่มที่เกษตรกรนำมาใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 24.7 รองลงมา คือ ไพรีทรอยด์ นิโอนิโคตินอยด์ และคาร์บาเมต คิดเป็นร้อยละ 19.5, 15.7 และ 10.5 ตามลำดับ (Spark and Nauen, 2014; Nauen, 2006) นักวิจัยได้หาวิธีการที่ทำให้แมลงลดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงลง ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การสร้างพืชตัดแต่งพันธุกรรม (Genetically Modification Organism; GMO) เช่น การถ่ายยีนที่สร้างสารพิษจากแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* หรือ Bt. ให้กับฝ้าย (Sharma, 2009) เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดอัตรา การต้านทานต่อสารฆ่าแมลงของหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Sparks and Nauen (2014) พบว่าแมลงสามารถ

ต้านทานต่อพืชตัดแต่งพันธุกรรม จำนวน 5 ชนิด ต้านทานต่อสารฆ่าแมลง จำนวน 325 ชนิด จากประชากรแมลงที่ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงจำนวน 586 ชนิด (species) (Fig. 2) และมีแมลง จำนวน 9 ชนิด ที่พบว่าการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงสูง และพบอย่างต่อเนื่องได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) เพลี้ยอ่อน (*Myzus persicae*) แมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) แมลงหวี่ขาว (*Bemisia tabaci*) ตัวงวงมันเทศ (*Leptinotarsa decemlineata*) เพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) แมลงสาบเยอรมัน (*Blattella germanica*) และหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera litura*) (Spark and Nauen, 2014)

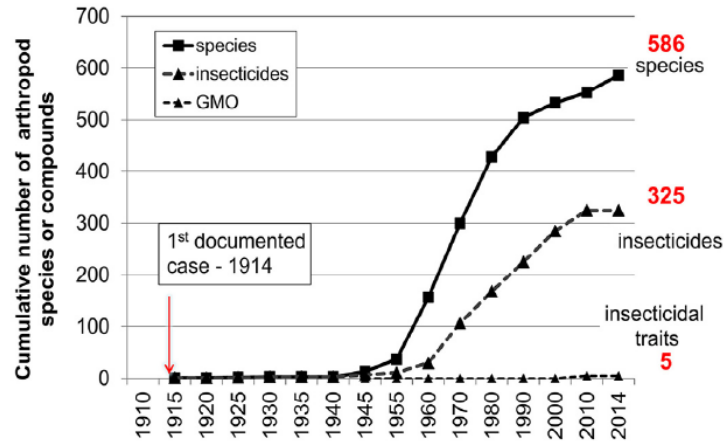


Fig. 2 Cumulative increase in the number of species resistant to insecticides, number of insecticides has shown resistance, and number of insecticides traits (GMOs) has been reported (Spark and Nauen, 2014; Nauen, 2006)

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผึ้ง (*Apis mellifera*) ซึ่งจัดอยู่ในประเภทแมลงที่มีประโยชน์ มนุษย์ไม่ต้องการกำจัดเนื่องจากผึ้งไม่ใช่แมลงศัตรูพืช แต่พบปรากฏการณ์ที่ผึ้งเกิดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ เนื่องจากผึ้งมีระบบนิเวศที่อาศัยในบริเวณเดียวกับแมลงศัตรูพืชทั่วไป ดังนั้นผึ้งจึงกลายเป็นแมลงเป้าหมายของสารฆ่าแมลง (secondary target) แต่ผึ้งสามารถปรับตัวให้ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้โดยมีกลไกการย่อยสลายสารพิษของเอนไซม์ทำลายพิษ เช่น ไซโตโครม พี450 (cytochrome P450) เมื่อนำผึ้งที่ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงมาตรวจสอบปริมาณของยีนไซโตโครม พี450 ด้วยเทคนิค qRT-PCR พบการแสดงออกของยีนดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น (over gene expression) ถึงร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับผึ้งกลุ่มที่อ่อนแอต่อสารฆ่าแมลง (Claudianos *et al.*, 2006) นั้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อแมลงได้รับสารฆ่าแมลงเป็นเวลานาน และหลายครั้งติดต่อกัน แมลงจะสร้างกลไกภายในร่างกายสลายสารเคมีให้ลดความเป็นพิษลงได้

สารฆ่าแมลงฆ่าแมลงได้อย่างไร

เมื่อแมลงสัมผัส (contact) กับสารฆ่าแมลงโดยตรงจากเกษตรกรที่ทำการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง จะถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลง (penetration) จะถูกนำพาหรือเคลื่อนย้าย (transportation) ไปยังเนื้อเยื่อหรือเซลล์เป้าหมาย (target site) ซึ่งเป็นตำแหน่งหรือบริเวณของสารออกฤทธิ์ โดยมีความจำเพาะเจาะจงกับชนิดและประเภทของสารฆ่าแมลงนั้นๆ ทำให้เกิดความแปรปรวนและการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายของแมลงผิดปกติ ส่งผลให้แมลงตาย (Fig. 3) (Després *et al.*, 2007) ตัวอย่างเช่น สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เมื่อเข้าสู่ร่างกายแมลง จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase) ซึ่งพบในเนื้อเยื่อประสาทบริเวณฉีวรของเซลล์ประสาท และเป็นเอนไซม์ที่สลาย อะซิติลโคลีน (Acetylcholine) ที่หลั่งออกมาจากปลายประสาท (Oakeshott *et al.*, 2005) เป็นต้น

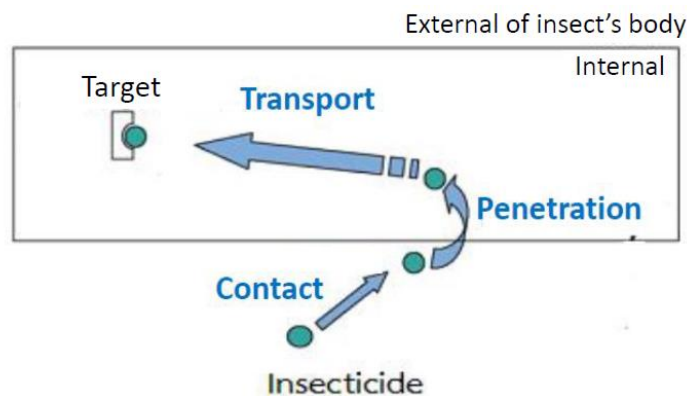


Fig. 3 Main steps of insecticide-insect interaction; insecticides contact with insects, penetration, insecticide transported to target site of its insecticide causing death of insect (Després *et al.*, 2007)

กลไกการต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (Mechanism of insecticide resistance)

การที่แมลงเกิดความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงนั้น มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และบางปัจจัยอาจต้องมีกลไกที่ทำงานประสานกัน (combination resistance) ได้แก่ พฤติกรรมการต้านทาน (behavior resistance, avoidance) ความสามารถในการลดอัตราการดูดซึมสารฆ่าแมลง (reduce penetration) การขับสารฆ่าแมลงออกจากร่างกาย (excretion) เอนไซม์ทำลายสารฆ่าแมลง (metabolic resistance) การเก็บกักสารฆ่าแมลงเพื่อไม่ให้ถูกเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณออกฤทธิ์ (sequestration) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบริเวณสารออกฤทธิ์ (target site mutation) ซึ่งส่งผลทำให้แมลงมีความต้านทานได้สูงขึ้น ในบทความนี้จะอธิบายโดยลักษณะของสารฆ่าแมลงก่อนเข้าสู่ภายในร่างกายแมลง (external) และเมื่อสารพิษเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลง

แล้ว มีกลไกการขับสารพิษหรือลดความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงได้อย่างไร ซึ่ง Després, *et al.*, (2007) ได้เขียนแสดงไดอะแกรม (Fig. 4)

ก่อนสารฆ่าแมลงเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลง ความต้านทานที่เกิดจากพฤติกรรมของแมลง (behavioral resistance)

ในแมลงกลุ่มที่อ่อนแอต่อสารฆ่าแมลง ซึ่งเป็นประชากรของแมลงส่วนใหญ่ เมื่อได้รับสารฆ่าแมลง จะเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารฆ่าแมลง และแมลง (insecticide – insect interaction) (Fig. 5(a)) เมื่อสารออกฤทธิ์ไปยังยังการทำงานในร่างกายของแมลง ส่งผลให้แมลงตาย สำหรับประชากรแมลงกลุ่มที่ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงนั้น เกิดจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของแมลงเอง

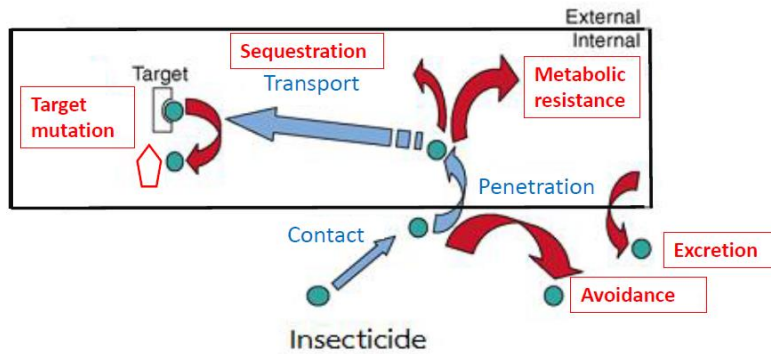


Fig. 4 Resistance mechanisms (solid color); avoidance, excretion, sequestered, metabolized, target site mutation (Després *et al.*, 2007)

ที่อาจจะเคยได้รับ หรือสัมผัสสารกับฆ่าแมลงมาก่อน ทำให้แมลงจดจำกลิ่น หรือลักษณะของการสารพิษนั้นได้ เป็นกลไกที่หลีกเลี่ยง (avoidance) จึงทำให้แมลงหลบหนีไป (Fig.5(b)) สารเคมีออกฤทธิ์ไม่สามารถสัมผัสตัวของแมลงได้ (Gatton *et al.*, 2013; Zulucki and Furlong, 2017) เมื่อแมลงได้กลิ่นของสารฆ่าแมลง จะมีการเคลื่อนที่ หรือหลบหนีไป จึงทำให้แมลงมีโอกาสได้รับการสัมผัสกับสารฆ่าแมลงน้อยลง พฤติกรรมการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ได้แก่ สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และไพรีทรอยด์ เช่น หนอนเจาะสมอฝ้าย ที่มีพฤติกรรมการเข้าไปหลบซ่อนในสมอของฝ้ายเมื่อเกษตรกรฉีดพ่นสารฆ่าแมลง จึงทำให้หนอนเจาะสมอฝ้ายไม่ได้รับสารฆ่าแมลง ในทำนองเดียวกัน Sarfraz *et al.* (2005) ได้ศึกษาพฤติกรรมการวางไข่ของหนอนใยผัก (*P. xylostella*) ในห้องปฏิบัติการ โดยให้หนอนใยผัก วางไข่บนใบกะหล่ำที่เคลือบด้วยสารฆ่าแมลง ซึ่งพบพฤติกรรมการย้ายสถานที่วางไข่ โดยผีเสื้อหนอนใยผักเลือกวางไข่ที่บริเวณดินร่วนในกระถางแทน ซึ่งส่งผลทำให้อัตราการฟักออกเป็นตัวอ่อน และอัตราการรอดชีวิตของหนอนใยผักในรุ่นถัดมาสูงขึ้น

ความต้านทานที่เกิดจากการลดอัตราการดูดซึมสารฆ่าแมลง (penetration resistance หรือ reduce penetration)

เป็นกลไกที่อธิบายเกี่ยวกับลักษณะของผนังลำตัว (cuticle) ของแมลงมีความหนา หรือบาง ซึ่งเป็นปัจจัยเกี่ยวกับอัตราการดูดซึมสารฆ่าแมลงเข้าไปภายในร่างกายของแมลง ซึ่งโดยทั่วไปแมลงสายพันธุ์ที่มีความต้านทานสูงจะมีอัตราการดูดซึมสารเคมีได้ช้ากว่า แมลงกลุ่มที่อ่อนแอต่อสารฆ่าแมลง (Panini *et al.*, 2016) (Fig.5(c))

เมื่อสารฆ่าแมลงเข้าสู่ภายในร่างกายแมลง (internal insect's body)

เมื่อสารฆ่าแมลงเริ่มถูกดูดซึมหรือผ่านเข้าไปภายในร่างกายของแมลง แมลงมีกลไกการต่อต้านเพื่อให้แมลงได้รับสารฆ่าแมลงน้อยที่สุด โดยแมลงมีการปรับตัวให้มีกลไกการกำจัดสารพิษออกจากร่างกายให้มากที่สุด

**การเพิ่มการกำจัดปริมาณสารพิษหรือการ
ดักจับสารพิษ (excretion increased
sequestration)**

การกำจัดสารฆ่าแมลงออกจากร่างกาย (excretion) เมื่อสารฆ่าแมลงเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลงแล้ว แมลงมีกลไกที่จะกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย เช่น การขับสารพิษออกจากร่างกายโดยตรงทางระบบขับถ่ายของแมลงหรือการดักจับสารพิษจากสารฆ่าแมลงไม่ให้ไปถึงยังบริเวณเป้าหมาย (sequestration) (Fig.5(d)) สารที่มีประสิทธิภาพในการดักจับสารพิษได้ดี ได้แก่ โปรตีน หรือสารพวกเอนไซม์ที่อยู่ในร่างกายของแมลง ทำหน้าที่ดักจับสารฆ่าแมลงแล้วนำไปเก็บไว้ในน้ำเลือด (hemolymph) หรือที่ต่อมไขมัน (fat body) แล้วส่งต่อไปที่ตับเพื่อทำการกำจัดออกไปจากร่างกาย (Opitz and Muller, 2009) เช่น กรณีของผีเสื้อจักรพรรดิ (*Danaus plexippus*) ที่กินสารพิษจากพืชไฟเดียนท้าว (milkweed) ซึ่งเป็นสารพิษชนิด คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (cardiac glycoside) ซึ่งเป็นสารพิษสามารถฆ่าแมลงได้ แต่เนื่องจากผีเสื้อจักรพรรดิ มีกลไกการทำลายสารพิษดังกล่าวโดยขบวนการเคลื่อนย้ายสารพิษไปเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ที่น้ำเลือด และตามก้อนไขมัน ก่อนที่สารพิษจะออกฤทธิ์ฆ่าผีเสื้อได้ ดังนั้นผีเสื้อจักรพรรดิ จึงสามารถต้านทานต่อสารคาร์ดิแอก ไกลโคไซด์ ที่ผลิตจากไฟเดียนท้าว ในขณะที่เดียวกันยังสามารถใช้ในการป้องกันแมลงผู้ล่า ได้เช่นกัน โดยแมลงผู้ล่าเหล่านี้จะตายด้วยสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ที่เก็บสะสมไว้นั่นเอง (Nishida, 2002)

**กลไกการย่อยสลายสารฆ่าแมลง
(metabolic resistance)**

กลุ่มเอนไซม์ทำลายพิษ (detoxification) มีประสิทธิภาพการย่อยสลายสารฆ่าแมลงแตกต่างกัน

ขึ้นกับสายพันธุ์ (strain) ของแมลง บทบาทของเอนไซม์ต่อการทำให้แมลงต้านทานนี้อาจเกิดขึ้นโดย การเพิ่มเมตาบอลิซึมในการกำจัดสารพิษและสารเคมีที่อยู่ในสารฆ่าแมลง (Fig.5(e)) เอนไซม์กลุ่มที่มีความสำคัญต่อการทำลายพิษ ได้แก่ ไซโตโครม พี450 โมโนออกซิเจเนส (cytochrome P450 monooxygenases) กลูตาไทโอน เอสทรานสเฟอเรส (glutathione S-transferase) และ เอสเทอเรส (esterases) โดยเอนไซม์ทั้ง 3 กลุ่มนี้มีบทบาทต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารพิษในแมลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงในอันดับ Lepidoptera (ผีเสื้อ) Diptera (แมลงวัน และ ยุง) Coleoptera (ด้วง) (Feyereisen, 1999; Ranson and Hemingway, 2005) ไซโตโครม พี450 โมโนออกซิเจเนส เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทต่อการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายสารพิษจากการสะสมของยาในตับ สารกำจัดแมลงศัตรูพืช สารพิษจากพืช หรือจำพวกสารฮอโมน หรือฮอโมนสังเคราะห์ เป็นต้น ไซโตโครม พี450 โมโนออกซิเจเนส พบได้ในสิ่งมีชีวิต ตั้งแต่แบคทีเรีย พืช รา และสัตว์ชั้นสูง (Werck-Reichhart and Feyereisen, 2000) ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงพบไซโตโครม พี 450 ในเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (endoplasmic reticulum) และไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ตัวอย่างการสร้างความต้านทานด้วยกลไกนี้ได้แก่ การต้านทานต่อสารฆ่าแมลงเดลตาเมทริน ในหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) ที่มีการแสดงออกของยีน P450 สูง (over expression genes) ที่พบในแถบประเทศแอฟริกาใต้ (Brun-Barale et al., 2010) ขณะที่ในยุงก้นปล่อง พบว่าเอนไซม์กลูตาไทโอนเอสทรานสเฟอเรส มีหน้าที่หลักในการทำลายสารพิษจากสารเคมีหรือสารฆ่าแมลง จึงทำให้แมลงรอดตายและกลายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ที่ต้านทานสารเคมี (Enayati et al., 2005) สำหรับเอนไซม์กลุ่มเอสเทอเรสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการทำลายโมเลกุลของสารฆ่าแมลง หรือสารพิษ ทำให้แมลงได้รับสารฆ่าแมลงที่มีฤทธิ์อ่อนลง กลไกที่เกี่ยวข้องกับการทำให้แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง คือการแสดงออกของยีนเอสเทอเรส ที่มีปริมาณสูง ในแมลงที่ต้านทาน ซึ่งสามารถกำจัดสารฆ่า

แมลงได้สูงขึ้น นอกจากนี้ ยีน *ace* สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเอนไซม์เอสเทอร์เอสเอง เพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพต่อการย่อยสลายสารออกฤทธิ์ได้ พบในแมลงที่ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมต รวมถึงกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (Hollingworth and Dong, 2008; Zhu and Luttrell, 2015) แมลงที่มีรายงานการเกิดกลไกการต้านทานโดยเอนไซม์เอสเทอร์เอส ได้แก่ เพลี้ยอ่อนลูกท้อ (*Myzus persicae*) (Karunaratne *et al.* 1999; Rivi *et al.* 2013; Bass *et al.*, 2014)

การกลายของยีนหรือบริเวณเป้าหมายของสารออกฤทธิ์ (gene or target site mutation)

แมลงมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือบริเวณเป้าหมายของสารฆ่าแมลง จึงทำให้สารฆ่าแมลงไม่สามารถจดจำบริเวณเป้าหมายได้ (Fig.5(f)) ทำให้สารฆ่าแมลงลดประสิทธิภาพการฆ่าแมลง ทำให้แมลงเกิดการต้านทาน บริเวณสารออกฤทธิ์หรือเป้าหมายของสารฆ่าแมลง มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดสารฆ่าแมลง เช่น อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase: AChE) ซึ่งเป็นเอนไซม์ยับยั้งการทำงานของสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน เป็นบริเวณเป้าหมาย หรือออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และ คาร์บาเมต (Fournier, 2005) โดยการเปลี่ยนแปลงของยีน *ace* ซึ่งควบคุมการแสดงออกของ AChE เมื่อยีน *ace* มีการกลาย (mutant) ทำให้โครงสร้างของ AChE เปลี่ยนไป ผลคือสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือ คาร์บาเมต ไม่สามารถจดจำโครงสร้างของ AChE ได้ การทำงานของเอนไซม์เป็นไปตามปกติ (Suraporn, 2008) หรือตัวรับกาบา (GABA receptor) (Ffrench-Constant *et al.*, 2000) เป็นบริเวณออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงกลุ่มไซโคลไดอิน พาราโซเดียมแซลเนล (PARA voltage gated

sodium Channel) บางที่เรียกว่าการน็อคดาวน์ (knockdown resistance) ซึ่งเป็นการทำให้เสียสภาพสมดุลของโซเดียม เป็นบริเวณเป้าหมายของสารฆ่าแมลงดีดีที (DDT) และสารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ (Loughney *et al.*, 1989) หรือบริเวณตัวรับนิโคตินิกอะเซทิลโคลีน (nicotinic acetylcholine receptor) เป็นบริเวณเป้าหมายของสารฆ่าแมลงกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (Crossthwaite *et al.*, 2014) เป็นต้น เมื่อโครงสร้างหรือบริเวณจดจำเพาะต่อสารฆ่าแมลงแต่ละกลุ่มเปลี่ยนแปลงไป สารฆ่าแมลงจึงไม่สามารถเข้าทำลายแมลงได้ ทำให้เกิดปรากฏการณ์แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

การต้านทานแบบข้ามกลุ่ม (cross resistance)

หมายถึงแมลงสามารถต้านทานต่อสารฆ่าแมลงหลายชนิดภายในกลุ่มเดียวกัน หรือต่างกลุ่ม (Chapman and Penman, 1979) เช่น มีรายงานแมลงวันเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean fruit fly: *Ceratitidis capitata*) ต้านทานต่อมาลาไรออน (Malathion) แต่ยังสามารถต้านทานต่อสารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และไพรีทรอยด์อีกด้วย (Couso –Ferrer *et al.*, 2011) หรือยุงลาย (*Aedes aegypti*) ที่ต้านทานต่อไพรีทรอยด์ และในขณะเดียวกันสามารถต้านทานต่อดีดีที ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้เช่นกัน (Brenques *et al.*, 2003) เนื่องจากทั้งดีดีทีและไพรีทรอยด์มีบริเวณสารออกฤทธิ์หรือบริเวณเป้าหมายเดียวกัน การต้านทานต่อสารฆ่าแมลงแบบข้ามกลุ่ม ส่งผลเสียหายมาก เพราะเมื่อเกษตรกรต้องเปลี่ยนสารฆ่าแมลงไปเรื่อยๆ ยิ่งเป็นการส่งเสริมให้แมลงมีโอกาสต้านทานต่อสารฆ่าแมลงสูงขึ้น

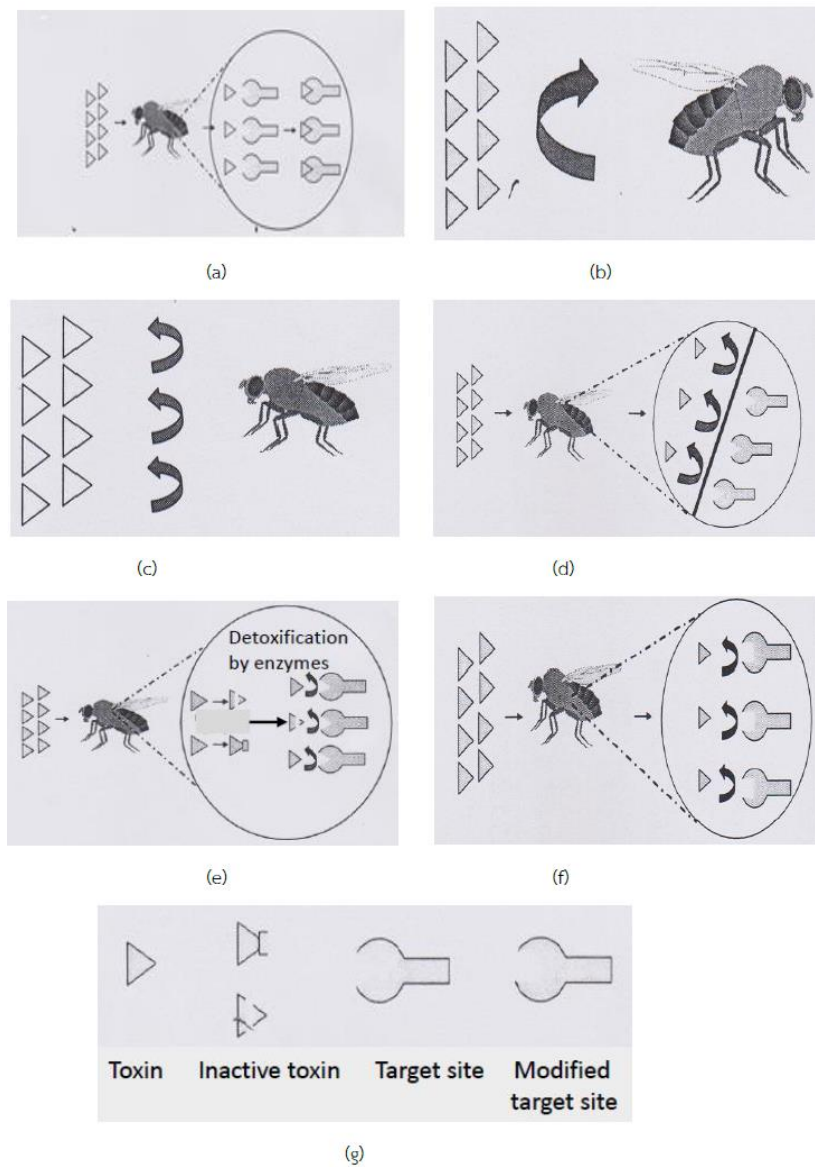


Fig. 5 Insecticide – insect interaction and mechanism of insecticide resistance in insect (Pittendrigh *et al.*, 2014)

ผลกระทบที่เกิดจากแมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

เมื่อแมลงมีการปรับตัว เกิดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ย่อมส่งผลกระทบต่อหลายด้าน ได้แก่

1. ผลกระทบกับแมลงเอง เนื่องจากแมลงมีกลไกการปรับตัวเกิดวิวัฒนาการ มีความสามารถต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ส่งผลให้แมลงลดอัตราการตาย และยังเป็นคุณสมบัติที่ถ่ายทอดไปยังแมลงรุ่นถัดไป จึงทำให้มีการเพิ่มความเข้มข้นและปริมาณของสารฆ่าแมลง หรือเกษตรกรต้องเปลี่ยนไปใช้สารฆ่าแมลงชนิดอื่น ยิ่งเป็นการเร่งให้แมลงสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานต่อสารเคมี ส่งผลให้แมลงสามารถต้านทานต่อสารเคมีข้ามกลุ่ม และขยายวงกว้างออกไป

2. ผลกระทบต่อเกษตรกร โดยเกษตรกร ต้องใช้งบประมาณในการซื้อสารฆ่าแมลง เพิ่มต้นทุนการผลิต แต่อาจได้ผลผลิตต่ำ ไม่คุ้มทุนกับการขายผลผลิตเกษตรกร

3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุล มีการทำลายกำจัดแมลงที่มีประโยชน์ เช่น ผีเสื้อ ช่วยผสมเกสร กำจัดแมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน เกิดการสะสมและตกค้าง (insecticide residue) ในสภาพแวดล้อม เช่น ในดิน น้ำ อากาศ รวมทั้งผลผลิตทางเกษตรมีการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง

4. ผลกระทบเศรษฐกิจของประเทศ ต้องเพิ่มงบประมาณในการสั่งซื้อสารเคมี นำเข้ามาในประเทศ รวมถึงส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโลก ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการวิจัยและพัฒนาสารฆ่าชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อกำจัดแมลงแทนสารฆ่าแมลงชนิดเดิม

5. ผลกระทบต่อผู้บริโภค ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ได้รับอาหารที่มาจากผลผลิตเกษตรกรที่มีการปนเปื้อนสารเคมี รวมถึงส่งผลเสียต่อสุขภาพของเกษตรกรเอง ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารฆ่าแมลงจากการฉีดพ่นสารเคมี เป็นประจำ

แนวทางในการจัดการเพื่อลดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

ปรากฏการณ์แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ถือว่าเป็นปัญหาระดับนานาชาติ ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการหาแนวทางและนโยบาย ในการจัดการ เพื่อลดอัตราการต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (Insecticide Resistance Management) โดยคณะกรรมการบริหารความต้านทานสารฆ่าแมลง (Insecticide Resistance Action Committee: IRAC) ดังนี้

1. เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เช่น นักวิชาการ เกษตร และนักส่งเสริมการเกษตร ให้ข้อมูลการจัดการกำจัดแมลงศัตรูพืช อย่างถูกต้องและเหมาะสม ให้คำแนะนำแก่เกษตรกร ให้เข้าใจการใช้สารฆ่าแมลงที่ถูกวิธีและเหมาะสมกับชนิดของแมลงศัตรูพืช ทั้งนี้เกษตรกรต้องมีการให้ความร่วมมือเจ้าหน้าที่รัฐที่ทำงานกับเกษตรกรในพื้นที่นั้นๆ มีการวางแผนการและกำหนดความถี่ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงอย่างเป็นระบบ

2. ใช้หลักการจัดการแมลงศัตรูพืชแบบผสมผสาน (Integrated pest management: IPM) บูรณาการการจัดการหลายด้านมาผสมผสานกัน โดยคำนึงถึง แมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ แมลงตัวห้ำ (predator) และแมลงตัวเบียน (parasite) สารฆ่าแมลงที่ได้พืช หรือสารสังเคราะห์ การปลูกพืชหมุนเวียนสลับกันในแต่ละรอบของการปลูก เพื่อหลีกเลี่ยงการเป็นแหล่งอาหารชนิดเดียวของแมลงชนิดเดิม เป็นเวลานาน รวมทั้งมีการสลับกลุ่มสารฆ่าแมลงตามกลไกการออกฤทธิ์ (mode of action) มีการนำพืชตัดแต่งพันธุกรรม (transgenic plant) ที่มีคุณสมบัติต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

3. การป้องกัน ไม่ให้มีการระบาดของแมลงเกิดขึ้น หรือมีการกำจัดอย่างทันท่วงที ไม่ควรปล่อยให้แมลงเพิ่มปริมาณมากขึ้น และไม่ใช้สารฆ่าแมลงที่มีฤทธิ์ฆ่าแมลงได้อย่างกว้างขวาง (broad spectrum) ควรใช้สารฆ่าแมลงที่เจาะจงเฉพาะ (selective) กับชนิดแมลงศัตรู

4. การเฝ้าระวังสถานการณ์การระบาดของแมลงศัตรูพืช มีหน่วยเคลื่อนที่ คอยออกพื้นที่พบปะเกษตรกร มีการตัดสินใจกำจัดแมลงด้วยวิธีการอื่น แทนการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง หากพบว่าแมลงอยู่ในระดับเศรษฐกิจ (economic threshold) และไม่ควรปล่อยให้แมลงศัตรูอยู่ในระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (economic injury level) เพื่อจะได้ไม่ต้องทำการใช้สารฆ่าแมลงในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งเพื่อลดอัตราการเกิดการต้านทานสารฆ่าแมลงในแมลงได้

5. ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี เครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพา พัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมนำมาตรวจสอบกลุ่มของสารฆ่าแมลงตามกลไกการออกฤทธิ์ได้ ซึ่งเป็นเสมือนนำเครื่องตรวจสอบระดับสารฆ่าแมลง (insecticidal detector) ซึ่งมีความสะดวกในการนำออกไปใช้ในภาคสนามเพื่อลดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

สรุป

ปัจจุบันพบว่าปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยที่ทำให้แมลงพัฒนาความสามารถต้านทาน ต่อสารฆ่าแมลงได้ ซึ่งสารฆ่าแมลงที่เกษตรกรนิยมนำมาฉีดพ่นกำจัดแมลง ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ไพรีทรอยด์ นิโอนิโคตินอยด์และคาร์บาเมต เนื่องจากแมลงมีวัฏจักรชีวิตที่สั้น จึงทำให้แมลงสามารถพัฒนาการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้เร็วขึ้น ทั้งนี้ปัจจัยและกลไกที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องก่อนการที่สารฆ่าแมลงจะเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลง เช่น พฤติกรรมของแมลงเอง ที่มีการเรียนรู้การได้รับสารฆ่าแมลง หรือมีพฤติกรรมหลีกเลี่ยงไม่

สัมผัสสารฆ่าแมลงอีก กลไกการลดการดูดซึมสารฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกาย รวมถึงกลไกที่เมื่อสารฆ่าแมลงเข้าสู่ภายในร่างกาย เช่น การดักจับสารพิษ ก่อนจะส่งถึงบริเวณเป้าหมาย ทำให้สารฆ่าแมลงไปไม่ถึงจุดหรือบริเวณสารออกฤทธิ์ การขับสารฆ่าแมลงออกมาพร้อมกับระบบขับถ่ายของแมลงเอง และกลไกในตัวแมลงมีสารหรือเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารพิษได้ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงยีน หรือโครงสร้างบริเวณเป้าหมายของสารออกฤทธิ์ จึงให้สารฆ่าแมลงไม่สามารถจดจำโครงสร้างของบริเวณออกฤทธิ์ได้ แมลงจึงไม่ตายและมีพัฒนาการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงชนิดเดิม ในรุ่นต่อมา รวมทั้งการที่แมลงชนิดเดียวสามารถต้านทานต่อสารฆ่าแมลงข้ามกลุ่มได้ นั้นหมายถึงแมลงมีศักยภาพที่จะสามารถรอดชีวิตจากการสัมผัสสารฆ่าแมลงได้สูงขึ้น และมีโอกาสเพิ่มสัดส่วนของความต้านทานสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแมลงมีพัฒนาการต้านทานต่อพืชดัดแปลงสารพันธุกรรม หรือพืชจีเอ็มโอ ส่งผลกระทบต่อเกษตรกร จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารฆ่าแมลง หรือเปลี่ยนไปใช้สารฆ่าแมลงชนิดอื่น ซึ่งก่อให้เกิดการสิ้นเปลือง การเกิดการสะสมของสารพิษในสภาพแวดล้อม รวมทั้งผลิตผลทางเกษตรมีการปนเปื้อนสารฆ่าแมลงในปริมาณที่สูง ผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค เกิดการสะสมของสารเคมีในระบบนิเวศ ดังนั้น จึงต้องมีมาตรการหรือแนวทางในการป้องกัน ไม่ให้แมลงเกิดความต้านทาน โดยการส่งเสริมเจ้าหน้าที่ นักวิชาการ ออกพบปะเกษตรกร ให้ข้อมูลความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการกำจัดแมลงศัตรู หลักการใช้สารฆ่าแมลง มีการวางแผนการปลูกพืช การเฝ้าระวัง และการนำเทคโนโลยี พัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สื่อสารพกพา ในการตรวจระดับและปริมาณสารฆ่าแมลงในภาคสนาม ซึ่งจะเป็นแนวทางในการป้องกัน ควบคุม และลดอัตราการเกิดการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้

References

- Bass, C., Puinean, A.M., Zimmer, C.T., Denholm, I., Field, L.M., Foster, S.P., Gutbrod, O., Nauen, R., Slater, R. and Williamson, M.S. 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 51: 41-51.
- Bregues, C., Hakes, N.J., Chandre, F., McCarrol, L., Duchon, S. and Guillet, P. 2003. Pyrethroid and DDT Cross – Resistant in *Aedes aegypti* is correlated with novel mutations in the voltage gated sodium channel gene. *Medical Veterinary Entomology*. 17: 87-94.
- Brun-Barale, A., Omer, H., Martin, T., Suraporn, S., Audant, P., Sezutsu, H. and Feyereisen, R. 2010. Multiple P450 gene overexpressed in deltamethrin-resistant strains of *Helicoverpa armigera*. *Pest Management Sciences*. 66(8): 809-924.
- Champan R.B. and Penman, D.R. 1979. Negative Correlated Cross-Resistance to a Synthetic Pyrethroid in Organophosphorus Resistant *Tetranychus urticae*. *Nature*. 281: 298-299.
- Claudianos, C., Ranson, H., Johnson, R.M. Biswas, S., Schuler, M.A, Berenbaum, M.R., Feyereisen, R. and Oakshott, J.G. 2006. A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *Insect Molecular and Biology*. 15: 615–636.
- Couso-Ferre F., Arouri R., Beroiz B., Perer N., Cervera A. and Narvaro Llopi. V. 2011. Cross resistance to insecticide in a malathion resistant strain of *Cerratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*. 104 (4): 1349-1356.
- Crossthwaite, A.J., Rendine, S., Stenta, M. and Slater, R. 2014. Target-site resistance to neonicotinoids. *Journal Chemistry and Biology*. 7(14): 125-8.
- Després, L., David, J.P. and Gallet, J. 2007. The evolutionary ecology of insect resistance to plant chemicals. *Trends in Ecology and Evolution*. 22(6): 298-307.
- Enayati, A.A, Ranson, H. and Hemingway, J. 2005. Insect glutathione transferases and insecticide resistance. A mini review. *Insect Molecular and Biology*. 14(1): 3-8.
- Feyereisen, R. 1999. Insect P450 enzymes. *Annual Review in Entomology*. 44: 507-533.
- Ffrench-Constant, R.H., Anthony, R.H., N., Aronstein, K., Rocheleau, T. and Stilwell, G. 2000. Cyclodiene insecticide resistance: from molecular to population genetics. *Annual Review in Entomology*. 48. 449-466.
- Fournier, D. 2005. Mutations of acetylcholinesterase which confer insecticide resistance in insect populations. *Chemistry and Biology Interaction*. 157-158: 257-261.
- Gatton, M.L., Churcher, C.N., Donnelly, T., Ghani, M.J., Godfray, A.C., Gould, H.C., H.C., Hastings, F., Marshall, I., Ranson, J., Rowland, H., Shaman, M. and Lindsay, J.S.W. 2013. The importance of mosquito behavioral adaptations to malaria control in Africa. *Evolution*. 67(4): 1218-30.

- Hollingworth, R.M. and Dong, K. 2008. The biochemical and molecular genetic basis of resistance to pesticides in Arthropods. In: Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. and Hollingworth, R.M. (Eds.), Global pesticide resistance in Arthropods. CAB international, Wallingford. UK. pp. 40-49.
- Insecticide Resistance Action Committee. 2016. General principle of insecticide resistance management from IRAC. (online). Available: <http://www.iraac-online.org>.
- Karunaratne, S.H.P.P., Small, G.L. and Hemingway, J. 1999. Characterization of the elevated esterase-associated insecticide resistance mechanism in *Nilaparvata lugens* (Stal) and other planthopper species. International Journal of Pest Management. 45(3): 225-230.
- Loughney, K., Kreber, R. and Ganetzky, B. 1989. Molecular analysis of the *para* locus, a sodium channel gene in *Drosophila*. Cell. 58: 1143-1154.
- May, R.M. 1988. How many species are there on earth?. Science. 241: 441-449.
- Melander, A.L. 1914. Can insects become resistant to sprays?. Journal of Economic Entomology. 75: 167-173.
- Nauen, R. 2006. Insecticide mode of action: Return of ryanodine receptor. Pest management Sciences. 62: 690-692.
- Nishida, R. 2002. Sequestration of defensive substances from plants by Lepidoptera. Annual Review in Entomology. 47: 57-92.
- Oakeshott, J.K., Claudianos C., Campbell P.M., Newcomb R.D. and Russell, R.J. 2005. Biochemical Genetics and Genomics of Insects Esterases in Comprehensive Molecular Insect Science. Vol. 5. Ed. By Gilbert L.I., Iatrou K. and Gill S.S. Elsevier. Oxford. Uk. 309-381.
- Opiz, S.E., and Muller, C. 2009. Plant chemistry and insect sequestration. Chemoecology. 19: 117-154.
- Oppenoorth, F.J. 1959. Toxicology of insecticides. Entomology Experimental Apply. 4: 128.
- Panini, M., Manicardi, G.C., Moores, G.D. and Mazzoni, E. 2016. An review of the main pathways of metabolic resistance in insects. Standard International Journal. 13: 326-335.
- Pittendrigh, B.R., Magram, V.M., Walters, J., Steel, L.D., Olds, B.T., Suns, L. Huesing, J., Lee, S.H. and Clark, J.M. 2014. Understanding resistance and induced responses of insects to xenobiotics and insecticides in the age of ‘Omics’ and systems biology. Insect Resistance Manager. 55-98.
- Ranson, H. and Hemingway, J. 2005. Mosquito glutathione transferases. Methods in Enzymology. 401: 226-241.
- Rivi, M., Monti, V., Mazzoni, E., Cassanelli, S. and Panini, M. 2013. A1-3 chromosomal translocations in Italian populations of the peach potato aphid *Myzus persicae* (Sulzer) not linked to esterase-based insecticide resistance. Bulletin Entomology Research. 103: 278-285.
- Sarfraz, M., Keddie, A.B. and Dosdall, L.M. 2005. Biological control of diamondback moth, *Plutella xylostella*, Biocontrol Science and Technology. 15(8): 763-769.

- Sharma, H.C. 2009. Biotechnological Approaches for Pest Management and Ecological Sustainability. CRC Press/Taylor and Francis. New York. USA. 526 p.
- Sombatsiri K. 1985. Insecticides. Department of Entomology. Faculty of Agriculture. Kasetsart University. Bangkok. Mitrsiam publishing. 120 p. (in Thai).
- Sparks, T.C and R. Nauen. 2014. IRAC: Mode of action, classification and insecticide resistance management. Pesticide Biochemistry and Physiology. 121: 121-128.
- Suraporn, S. 2008. Molecular genetics of insecticides resistance in the lepidopteran pest, *Helicoverpa armigera*. Universite de Nice-Sophia Antipolis. Nice. FRA. 177p.
- Werck-Reichhart, D., and Feyereisen, R. 2000. Cytochrome P450: A success story. Genome Biology. 1(6): 1-9.
- World Health Organization. 2012. Global plan for insecticide resistance management in malaria vectors. WHO Press. Vol 1. Geneva, Switzerland. (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44846/1/9789241564472_eng.pdf).
- Zhu, Y.C. and Luttrell, R. 2015. Altered gene regulation and potential association with metabolic resistance development to imidacloprid in the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*. Pest Management Sciences. 71: 40-57.
- Zulucki, M.P. and Furlong, M.J. 2017. Behavior as a mechanism of insecticide resistance: evaluation of the evidence. Current Opinion in Insect Sciences. 21: 19-25.

The Effects of Chemical Composition of Rice Flour on Physico-Chemical and Functional Properties

Supaluck Kraithong and Saroat Rawdkuen*

*Unit of Innovative Food Packaging and Biomaterials, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University,
Muang, Chiang Rai 57100, Thailand*

Abstract

Rice flour is an extremely versatile material, which is made from grinding rice grain. It is utilized for producing both food and non-food products. The qualities of rice flour including physicochemical and functional properties are important keys for controlling and predicting the products qualities, particularly in foodstuffs. Different properties of rice flour are contributed to the various quality attributes in the final products, which effecting to consumer buying decision. Thus, a reasonable understanding of rice flour properties is necessary for manufacturing or fabricating novel rice-based products. Rice flour properties mainly depend on the chemical composition, influencing from rice varieties, growing conditions, as well as rice flour processing. There have been several pronouncements described the relation between rice flour composition and its properties, however some disagreements, ambiguities, and conflicts in the formation have been seen. Therefore, this work aimed to provide more current information of the effects of chemical composition on rice flour properties, focusing on relationship between chemical composition and its properties.

Keywords: Rice flour, Chemical composition, Pasting, Thermal and functional properties

* Corresponding author: E-mail: saroat@mfu.ac.th

อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งข้าว

ศุภลักษณ์ ไคร์โพธิ์ และ สาโรจน์ รอดคิน*

หน่วยวิจัยนวัตกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารและวัสดุชีวภาพ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

บทคัดย่อ

แป้งข้าวคือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากการบดเมล็ดข้าว แป้งข้าวจัดเป็นวัตถุดิบเอนกประสงค์ที่สามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งข้าวเป็นกุญแจสำคัญในการควบคุมคุณภาพหรือคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ความแตกต่างของสมบัติของแป้งข้าวยังมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารและยังส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้นองค์ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติแป้งข้าวจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ใหม่จากแป้งข้าว สมบัติของแป้งข้าวส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและโดยทั่วไปองค์ประกอบทางเคมีนั้นจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวและสิ่งแวดล้อมระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวรวมทั้งกระบวนการผลิตแป้งข้าว นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ศึกษาและอภิปรายถึงความเกี่ยวเนื่องกันระหว่างองค์ประกอบและสมบัติของแป้งข้าวแต่ยังขาดความชัดเจนในบางประเด็น ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับผลขององค์ประกอบทางเคมีต่อสมบัติของแป้งข้าว

คำสำคัญ: แป้งข้าว องค์ประกอบทางเคมี สมบัติด้านความหนืด สมบัติทางความร้อน และ สมบัติเชิงหน้าที่

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: saroot@mfu.ac.th

Introduction

One of the most substantial cereals in the world is *Oryza sativa*, universally known as rice. The cereal is a member of the tribe Oryzeae (Poaceae), belonging to the grass family. According to USDA (2017), rice has been produced about 487,125 thousand metric tons throughout the globe in 2016-2017, nearby 19,200 thousand metric tons of that has been manufactured from Thailand. At the same period, its consumption has also been raised up from Thailand, nearby 480,959 thousand metric tons (USDA, 2017). As a result, rice is considered as one agricultural product that running the world economy. Rice utilization, it is comprehensively consumed in a grain form. Nonetheless, the powder form (rice flour) is extensively conveyed to food product manufacturing by reason of convenience of using.

Rice flour is a versatile matter that is widely used as raw material and also an ingredient in numerous products such as salad dressing, baby foods, bakery, pasta, noodles, gluten-free products, as well as snacks (Hui, 2006). Regularly, it is prepared from milling rice grain (Setyawati *et al.*, 2016). The differences of rice varieties, growing conditions of rice grain, and also rice flour processing have an effect on the rice flour chemical composition including carbohydrate, protein, and others (Falade and Christopher, 2015). The various chemical compositions contribute to the different properties of rice flour such as pasting, thermal, retrogradation, and functional properties, in which these properties

affect the quality attributes of the final products (Putseys *et al.*, 2010). In consequence, a good understanding of the relation between the compositions and properties of rice flour is necessary for fabricating or developing the novel products, since it can predict or control the qualities of the final products (Mir and Bosco, 2014).

Many studies focused only on correlation between carbohydrate content (specifically amylose and amylopectin) and rice flour properties (Varavinit *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 2015). Nonetheless, the properties could be also ruled by other components (e.g. lipid, protein) that are contained in the flour (Putseys *et al.*, 2010; Parada and Santos, 2016). These lead several scientists trying to find out about the relationship between the chemical compositions and rice flour properties, however some disagreements, inconsistencies, confusions, and also arguments in the information still have been found. An ambiguous perception of rice flour characteristics could lead to inferior quality control in starchy food production.

Hence, this work aims to deliver a better understanding of the effects of chemical composition on rice flour properties. Hopefully, this review will be useful for choosing an appropriate rice flour to manufacture food products and ruling the qualities of foodstuffs or any other that related to rice-based products.

Rice flour processing

Rice flour is manufactured by means of grinding/milling the whole or broken rice grains. Largely, the milling methods are categorized into 3 approaches including dry, semi-dry, and wet millings. These three milling techniques are broadly used to prepare rice flour in both industry and household.

The first milling process is dry grinding, the broken and whole rice grains are ground by the hammer mill or pin mill without adding any water (Asmeda and Noorlaila, 2015). This process is somewhat convenient for conducting. However, the dry grinding method caused some damages to starch granules because of heat generating during processing. This phenomenon is cause of exposing hydrogen groups, in which the groups will be able to interact with water molecules while the flour being used or applied in the food processing with adding of water (Leewatchararongjaroen and Anuntagool, 2016).

In the meantime, the other two grinding methods that are semi-dry and wet milling processes require water during conducting. In the case of semi-dry milling, rice kernels are soaked with water. Then, these are drained and dried before grinding (Arendt and Zannini, 2013). The last method for preparing rice flour is wet grinding. In general, rice grains are soaked with water. After that, they are ground with excess water (Tong *et al.*, 2015a). Rice flour that is obtained after grinding method undergoes to drying process (40-60°C) to decrease its moisture content (<15%), subsequently rice flour from

semi-dry and wet milling methods is reground (Hui, 2006).

Conditions of the milling processes such as time and ratios of rice: water for soaking (semi-dry and wet grinding processes), along with temperature and time for decreasing moisture in all grinding techniques could be different in each manufacturing, depending on the facility, practicability, and convenience. The differences in the conditions of rice flour processing are presented in Table 1.

Different grinding techniques and conditions provide the variation in rice flour chemical composition (Table 1). Rice flour prepared by means of semi-dry and wet grinding contains less soluble components such as soluble protein, sugars, and non-starch that bind with lipids, since those components are dissolved during the soaking process (Kale *et al.*, 2015). Chiang and Yeh (2002) also confirmed that wet grinding offers the lower lipid and protein contents to the rice flour. However, rice flour that is prepared by the wet and semi-dry milling processes has finer particle size as compared to dry milling, giving smoothness and consistency to final products textures. In terms of functional properties, the values of water absorption index, flour swelling volume and solubility in rice flour made from dry grinding are higher than that of rice flour prepared from the other two methods, fitting with products that require high specific volume (Asmeda and Noorlaila, 2015).

Rice chemical composition

The most enormous content that is universally found in rice is carbohydrate (over 70%) and the second one is protein (usually found as 7-9%) (Thirumdas *et al.*, 2016). In addition, the small amounts (<5%) of lipid, ash, as well as fiber are also observed (Table 2). Rice flour presents different chemical compositions because of the differences in varieties, growing conditions (e.g., soil and weather), and also rice flour processing (Serna-Saldivar, 2010).

Carbohydrate is consisted of starch, cellulose, hemicellulose, as well as sugar (sucrose) (Mir *et al.*, 2014). According to Oko and Ugwu (2011), starch is the biggest part in rice carbohydrate (generally above 70%). Nonetheless, some rice varieties including Jamila (49.2%), Jeep (47.6%), and Kwandala (46.5%) (Table 2) have the less number of starch content than 70% due to containing higher in other contents. The main components that are found in starch are amylose (AM) and amylopectin (AP). Regarding the difference of AM content, rice flour is divided into 2 types, non-waxy (≈ 2 -37%) and waxy rice flours (≈ 1 -2%). This content is presented in a single-helix form due to hydrogen bonding among glucose molecules (Fig. 1 [g]). However, it is also consisted of light branches, supporting from α -(1, 6) glycosidic link-ages (Tikapunya *et al.*, 2017). AM has an average molecular weight of 2.5×10^5 (Hamaker, 2007). It can associate with free fatty acids, fatty acid components of glycerides, some alcohols, and iodine, because of its hydrophilic groups (Putseys

et al., 2010). Besides, the formation between AM and iodine can turn amylose color to blue (Fig. 1 [f]), using as AM determination. On the other hand, AP is known as the highly branched polymers, consisting of 5-6% α -(1, 6)-glycosidic link-ages (Fig. 1 [b]). Nevertheless, its primary structure is still made of α -(1, 4)-glycosidic bonds (Zhu, 2015). AP is composed of approximately 600,000 glucose molecules, which has a molecular weight of 10^8 (Seager and Slabaugh, 2011).

It is generally represented in a double-helix form, in which the integration of that form is contributed to double-helix cluster, as shown in Fig. 1 [d], located in the crystalline areas. In contrast, the branch points of AP are commonly situated in amorphous regions (BeMiller and Whistler, 2009). According to Hamaker (2007), the branched chains of AP are categorized into A, B, as well as C chains (Fig. 1 [e]). A chain is considered as no further branching point, whereas B chain contains one or more branching points. A chain that was possessed reducing end is known as a C chain (Hii *et al.*, 2012).

Protein in rice has been found around 5-12% (Table 2). According to Juliano (1993), the rice varieties that contain protein content higher than 10% have been considered as a high protein rice, such as K/A92VM0611 (12.63%) and Beihan (11.94%) (Table 2). Whereas, the varieties that contain protein content around 7% or lower have been considered as a low protein rice, including TK8 (6.4%), Jamila (7.7%), MR 219 (7.7%) (Table 2). Rice protein is consisted of glutelins (80%), globulins (10%), albumins (5%), and prolamins

(5%), considering as the hypoallergenic and highly digestible proteins (Amagliani *et al.*, 2017).

The amount of protein content in rice flour mostly depends on nitrogen fertilization and water availability during rice grain growth (Serna-Saldivar, 2010). According to Hui (2006) and Parada and Santos (2016), protein contains both hydrophobic and hydrophilic groups, and also its side chains can associate with AM, known as AM-protein complex. For that reason, protein is one component that plays an important role in rice flour properties. Sun *et al.* (2008) studied the effects of protein on rice flour rheology. They found that protein increased heat-resistant capacity and kept hardness and stickiness of rice flour gel when the temperature is changed, whereas it decreased pasting temperature. Pracham and Thaiudom (2016) also studied the effects of Jasmine rice flour protein on the textural and rheological properties of pudding made from that flour. They reported that protein increased adhesiveness, springiness, and cohesiveness of the product.

Lipid is not plentifully presented in rice flour (0.3-3.9%) (Table 2). Rice lipid is composed of several fatty acids such as oleic, linolenic, as well as palmitic acids (approximately 75-95% of total fatty acids) (Tester *et al.*, 2004). According to Hamaker (2007), the main lipids in rice flour are triglyceride, along with the small amount of phospholipids, glycolipids, as well as waxes. Some lipids in rice flour can interact with AM and also the branches of AP under a high temperature condition, specifically polar lipids such as monoglycerides, lysophospholipids, and fatty acids (BeMiller and Whistler, 2009). The

relationships between rice flour properties and lipid have been reported. Tharise *et al.* (2014) described that having higher lipophilic parts in rice flour tended to increase the value of oil absorption index, improving mouth feel. Tong *et al.* (2015b) studied effects of lysophospholipids on rice flour properties. The authors found that the lipids had an effect on rice flour pasting properties including trough and breakdown viscosities due to restricting water absorption and swelling of starch granules. Moreover, gelatinization of rice flour is also influenced by AM-lipid complex (Bhandari *et al.*, 2013). Consequently, rice flour lipid is one component that has an impact on the final product quality attributes.

The crude fiber is the indigestible carbohydrate parts that could not be digested by dilute acid and alkali, such as cellulose, hemicelluloses, pentosans, and lignin (Kaur *et al.*, 2015). Values of crude fiber in rice flour have been found in the range of 0.1-1.5% (Table 2). Dietary fiber or total dietary fiber in rice flour consists of non-starch polysaccharides, inulin, resistant starch, and fructo-oligosaccharides, in which the non-starch polysaccharides could be categorized to soluble (non-cellulose) and insoluble dietary fibers (cellulose and non-cellulose) (Murray, 1997). These carbohydrates could not be digested in human small intestine because they are able to resist digestion by human alimentary enzymes, although the carbohydrates are partially fermented in the large intestine by microbiota (Chawla and Patil, 2010). The values of soluble, insoluble and total dietary

fibers in rice flour have been found as 1.1-1.3%, 1.1-1.4%, and 3.2-9.8%, respectively (Table 2).

The fiber contents can help to prevent constipation and increase mucin secretion for lubrication, resulting in a lower incidence of colon and rectum cancers (Strugala *et al.*, 2003). Therefore, the fiber contents are considered as a health benefit provider.

A little amount of ash has been observed in rice flour, in range of 0.3-1.8% (Table 2). Higher value of ash content contributes to higher levels of mineral elements in rice flour (Arendt and Zannini, 2013). According to Kale *et al.* (2015) and Reddy *et al.* (2017), minerals that are usually found in rice (Chak-hao Amubi, Chak-hao Angangba, and PB1121) are potassium (449.2-2,048.4 mg/kg), magnesium (56.8-568.5 mg/kg), phosphorous (456.7-2,248.1 mg/kg), calcium (16.3-136.2 mg/kg), manganese (1.3-377.2 mg/kg), and also zinc (20.2-431.8 mg/kg) (Table 2). There is no reports on the relation between ash content and rice flour properties such as pasting, thermal, and functional properties. However, too high ash content might affect rice flour color, especially decreasing the lightness (Verma and Srivastav, 2017).

Pasting properties

Pasting properties of rice flour are generally determined with a rapid visco analyzer (RVA), in which the machine provides RVA profile (Fig. 2 [a]) and pasting parameters. Values of rice flour pasting properties including peak, trough, breakdown, final, as well as setback viscosities

have been found as 427-7,771 cP, 391-4,104 cP, -4 cP to 4,974 cP, 974-7,581 cP, 203-3,980 cP, respectively (Table 3). Pasting properties of rice flour are measured under excess water with heating. Firstly, rice starch granules absorb water and swell (Tester *et al.*, 2004). Then, the overlaps of swollen starch molecules lead to the increase of viscosity.

Next, the over absorptions of energy and water result in breaking down of starch molecules and solid components leaching out, decreasing viscosity. During cooling process, the re-arrangement of starch molecules is occurred by hydrogen bonding among starch molecules, increasing viscosity again (Kaur *et al.*, 2015).

Carbohydrate (particularly starch) is the main content that has a great influence on rice flour pasting properties (Falade and Christopher, 2015). Nevertheless, the two components in starch, namely AM and AP have different effects on these properties. Gani *et al.* (2017) found that higher values of peak (4,420 cP), trough (2,342 cP), and breakdown viscosities (2,883 cP) (Table 3) in rice flour are encouraged by a higher amount of AP. Serna-Saldivar (2010) also reported that high values of those pasting properties could be caused by high number of AP, thanks to the good abilities to attach and hold water molecules by its highly branched chains. These support to more swollen starch granule, increasing viscosity, providing smooth texture to products, indicating low heat, and shear tolerances (Varavinit *et al.*, 2003).

In the meantime, another content in rice starch (AM) brings about to high values of final and setback viscosities in rice flour by reason of

a good re-association of starch molecules, encouraging from its linear structure (Seager and Slabaugh, 2011). On the other hand, this structure contributes to a less occupied volume of starch granule hydration, that its cause of dropping values of peak, trough, and breakdown viscosities (Hamaker, 2007). According to Lin *et al.* (2011) and Tikapunya *et al.* (2017), AM tends to decrease peak (610-924 cP), trough ($\approx$ 400 cP), as well as breakdown viscosities (159-527 cP) in rice, while which contributes to the high value of setback (2,256-3,766 cP) (Table 3). These contribute to the high stability or consistency of rice flour gel, providing hardness and integrity to food product textures (Lin *et al.*, 2011). Nevertheless, high numbers of short chain lengths of AP (degree of polymerization [DP] <13) also result in high values of final and setback viscosities because of a fast re-association of its molecules during cooling (BeMiller and Whistler, 2009).

Both declining and increasing values of pasting properties could be caused by rice protein. The reduction of peak, trough, and breakdown viscosities could be due to a formation of AM-protein complex during food processing, disrupting water holding capacity of starch molecules (Mir and Bosco, 2014). Besides, dropping setback viscosity also could be from interrupting starch molecule re-arrangement during cooling (Lin *et al.*, 2011; Falade and Christopher, 2015). Oppositely, the increases of peak, breakdown, as well as final viscosities could be strengthened by protein, thanks to improving the ability to trap water molecules by means of its hydrophilic groups and stability to

rice flour gel by protein network (Lin *et al.*, 2010; Arendt and Zannini, 2013). Higher contents of lipid and fiber in rice tend to drop all values of pasting properties. According to Sigh (2010), the interactions between lipid and linear structure of AM and short branched chains of AP resulted in the reduction of all values of rice flour pasting properties. Moreover, lipophilic parts in lipid also decline water binding ability of rice flour, shrinking the viscosities, improving shear resistance (Parada and Santos, 2016). In the case of fiber, the content has higher ability to absorb water molecules. Thus, it interferes starch granule hydration, reducing values of all pasting properties (Parra *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015; Siriamornpun *et al.*, 2016). The low values of pasting properties in rice flour indicate poor final product qualities such as lacks of flexibility, consistency, and integrity in product structures (Borad *et al.*, 2017).

Thermal properties

Thermal properties are usually referred to as rice flour gelatinization temperature. That could be detected by using a differential scanning calorimetry (DSC). The machine delivers an endothermic thermogram (Fig. 2 [b]) that demonstrates the gelatinization temperatures including onset (T_o); an initial temperature of gelatinization ($^{\circ}\text{C}$), peak (T_p); the gelatinization temperature ($^{\circ}\text{C}$), conclusion temperatures (T_c); the temperature when starch granules are completely gelatinized ($^{\circ}\text{C}$), and enthalpy of

gelatinization (ΔH_g); the energy required for the gelatinization (J/g).

Mostly, the beginning of rice flour gelatinization or T_o is commonly observed around 60°C and the end of that (T_c) is usually detected beyond 80°C (Table 4). The values of gelatinization enthalpy have been found in range of 0.11-29.6 J/g (Table 4). According to Asmeda *et al.* (2016), a low value of T_o (59.42-74.32°C) brings about to the low values of T_p (59.86-75.31°C), T_c (60.32-76.84°C), and ΔH_g (0.11-3.55 J/g) (Table 4). On the other hand, a higher T_o (72.50-75.82°C) contributes to higher T_p (76.52-79.75°C), T_c (82.92-87.81°C), and ΔH_g (7.45-7.90 J/g) (Table 4). Furthermore, Gani *et al.* (2017) also reported that higher values of ΔH_g (14.3-29.6 J/g) could be caused by higher values of T_c in rice flour (97.3-107.6°C) (Table 4).

The lower energy needed and shorter time for gelatinization or lower in gelatinization temperatures could be consequents by a lower number of lipid, protein, and fiber contents in rice flour, because they interrupt water absorption of starch granules (Varavinit *et al.*, 2003; Chinma *et al.*, 2015). Whereas, a higher amount of carbohydrate content, especially AP contributes to a faster gelatinization because it rapidly absorbs water, generating quicker water penetration into crystalline areas, dropping energy required of gelatinization (Ilowefah *et al.*, 2015; Chen *et al.*, 2017).

Oppositely, more energy required and longer time for rice flour gelatinization could be strengthened by larger crystalline regions in starch granules, contributing from long chain

lengths of AP (DP>13) (Ye *et al.*, 2016; Gani *et al.*, 2017). Furthermore, retardation of water entering into crystalline areas via higher fiber content and more formations of starch with protein/ lipid also tends to increase values of thermal properties, namely T_o , T_p , T_c , and ΔH_g (Seager and Slabaugh, 2011; Xu *et al.*, 2017).

The high content of AM also retards starch granule hydration and swelling, thus it contributes to high values of thermal properties (Varavinit *et al.*, 2003; Chinma *et al.*, 2015). These could be caused of higher temperature required and longer processing time for starchy product manufacturing (Borad *et al.*, 2017).

Retrogradation

Retrogradation refers to the re-association or aggregation of granule remnants upon cooling after gelatinization (BeMiller and Whistler, 2009), forming the ordered structure or re-crystallization (Fig. 2 [c]). The phenomenon has an effect on the sensory and storage qualities of the numerous starchy foods, since which increases the firmness or rigidity of product textures during storage (Wang *et al.*, 2015). Starch retrogradation is often characterized by DSC via investigating the change of gelatinization enthalpy after storage at 4°C.

The percentage of retrogradation (R%) is estimated by using an equation (Xiao and Zhong, 2017):

$$\text{Retrogradation (\%)} = \frac{\Delta H_r}{\Delta H} \times 100$$

Where ΔH_r is enthalpy of flour after storage at 4°C and ΔH is enthalpy of flour before storage.

In general, an occurrence of retrogradation results in the staling of the starch-rich products particularly in bread, reducing shelf-life and consumer acceptance. Conversely, it is desirable for some products such as breakfast cereals, rice vermicelli, and parboiled rice, because of forming product structures (Wu et al., 2010).

Values of R% in rice flour have been found in range from 1.7% to 100% (Table 5). A rapid initial rate of starch retrogradation or high in R% are positively related to number of carbohydrate content, specifically AM as well as short chains of AP because of a quick re-crystallization (Zhang et al., 2014; Hsu et al., 2015; Xiao and Zhong, 2017), ≈85-100% (Table 5). Thus, rice flour with high AM content is suitable for making food products with rigid texture.

In contrast, the restriction of the phenomenon is contributed by longer chain lengths of AP, due to slowing down the retrogradation rate (Eliasson, 2004). Hence, a higher in AP content contributes to lower value of R% in rice flour (Varavinit et al., 2003; Lee et al., 2015), 1.7-18.2% (Table 5). Additionally, the retardation of starch retrogradation is also contributed from the higher contents of protein, lipid, as well as fiber because these components disturb starch molecules re-arrangement (Bao and Jin, 2007). Wu et al. (2010) reported that the

staling or retrogradation of bread could be prevented by the interactions between the swollen starch granules and protein network, destroying hydrogen bond which is disrupting the binding of starch granule remnants. Siriamornpun et al. (2016) also confirmed that re-crystallization of starch granules by hydrogen bonding could be retarded by AM-protein/lipid complex formation, delaying the occurrence of retrogradation. Moreover, increasing the fiber content in rice flour resulted in the reduction of R%. Philpot et al. (2006) informed the remove of lipid from rice flour could increase the retrogradation rate.

Functional properties

Determinations of water absorption, water holding, or hydration capacities of flour are regularly measured in terms of water absorption index (WAI) as well as swelling power (SP) (Sharma et al., 2002). The various values of WAI and SP in rice flour are found around 1-14 g/g (Table 5). Undoubtable, the properties are positively related to hydrophilic groups in the starch molecules (Tong et al., 2015a), in which that groups are largely contained in carbohydrate (especially AP), fiber, and protein contents (Tester et al., 2004). Thus, the higher numbers in those contents have the tends to increase values of WAI (10.1-14.8 g/g) and SP (8.6-12.2 g/g) (Table 5) in rice flour due to the higher ability to interact with water molecules (Thirumdas et al., 2016). Higher in WAI and SP also have an impact on other properties, decreasing thermal properties,

as well as increasing viscosity of rice flour (Sarangapani *et al.*, 2016). These could shrinkage temperatures and processing times of starch-based product producing (Sigh, 2010). In contrast, higher contents of AM and lipid could be caused of lower in WAI (1.1 g/g) and SP (2.2-4.6 g/g) (Table 5) due to interrupting water absorption by linear structures and lipophilic parts, respectively (Chinma *et al.*, 2015; Ali *et al.*, 2016). Moreover, WAI and SP values could be also dropped by AM-lipid/protein complexes since the occurrence of the complexes reduce hydrophilic parts in rice flour, increasing temperatures and processing times of starchy product making (BeMiller and Whistler, 2009).

Amounts of solid that leach out from starch molecules during heating are indicated by water solubility index (WSI). The values of this property were found in range of 1.8-15.7% (Table 5). The low value of WSI (1.8-3.2%) (Table 5) indicates the stronger bonding among starch molecules, representing high temperatures and shear resistance during food processing (Arendt *et al.*, 2013; Ocloo *et al.*, 2017). These could be maintained by higher content of AM, protein, and lipid in rice flour (Tong *et al.*, 2015a). The linear structure of AM and AM-protein/lipid complexes retards water absorption of starch granules, whereas they maintain the integrity of the granules, owing to having athletic interaction amongst starch molecules (Putseys *et al.*, 2010; Parada and Santos, 2016). Conversely, the higher of this property (7.3-15.7%) (Table 5) could be contributed from higher content of AP. According to Parra *et al.* (2015), the highly branched chains of AP contribute to an appropriate capacity of

flour hydration, in which a capacity stimulates more soluble components leaching out from starch granules, booting up WSI value. These indicate low temperatures and shear resistances during food productions (Hamaker, 2007).

Oil absorption index (OAI) of rice flour refers to the ability to maintain oil in its structures, which has been found as 0.8-2.4% (Table 5). The higher numbers of lipophilic parts in rice flour contribute to the higher value of OAI because the parts are able to interact with oil molecules (Chinma *et al.*, 2015; Sarangapani *et al.*, 2016). Thus, lipid is considered as a foremost part that plays an important role in this property thanks to holding a high number of lipophilic groups. Thirumdas *et al.* (2017) also reported that a greater number of lipid content leads to a higher value of OAI (2.4%) (Table 5). Besides, having both hydrophilic and hydrophobic groups of protein molecules also raise the values of OAI up, improving mouth feel and flavor retention in food products (Ilwefah *et al.*, 2015). In contrast, a higher content of carbohydrate in rice flour always drops OAI value (≈ 1 g/g) (Table 5) due to higher in hydrophilic parts, as well as low ability to interact with oil (BeMiller and Whistler, 2009; Chinama *et al.*, 2015; Ali *et al.*, 2016).

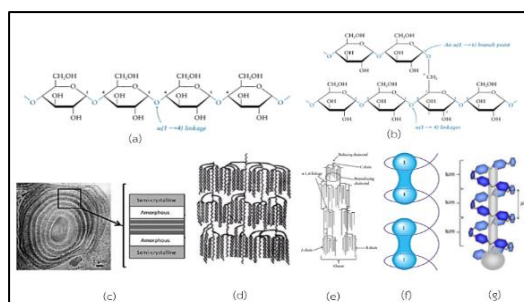


Fig. 1 Schematic representations of starch granule, AM, and AP structures; [a] α -1, 4-D glycosidic linkages in AM molecules; [b] α -1, 6-D glycosidic bonds in branched chains of AP; [c] Semi-crystalline and amorphous regions in starch granule; [d] Cluster of double-helix amylopectin; [e] Side-branching chains of amylopectin molecule; [f] AM-iodine complex; [g] Single amylose helix.

Source: [a & b] Thomas and Atwell (1999); [c & d] Zhu (2015); [e] Hii *et al.* (2012); [f] Seager and Slabaugh (2011); [g] Putseys *et al.* (2010)

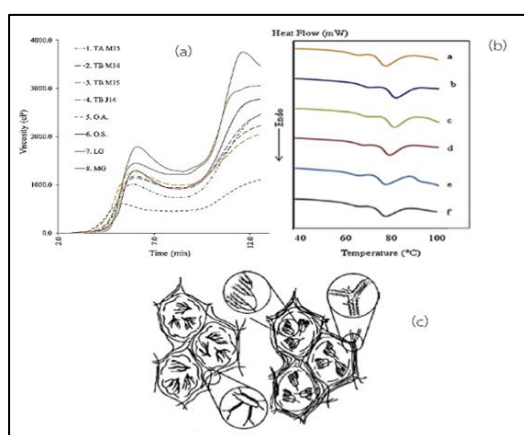


Fig. 2 Schematic representations of RVA profile, endothermic thermogram, and the retrogradation mechanism of rice flour; [a] RVA viscosograms of five wild rice samples (TA M15, TB M14, TB M15, TB J14, O.A.), *Oryza sativa* L cv. Nipponbare (O.S. 5) and two unpolished commercial rice samples (LG, MG); [b] DSC thermograms of high-amylose rice flour gel: a = rice flour (control); b = sucrose; c = sorbitol; d = glycerol; e = citric acid; and f = acetic acid; [c] the re-association of amylose and amylopectin molecules during cooling (retrogradation) of the starch paste.

Source: [a] Tikapunya *et al.* (2017); [b] Ploypetchara *et al.* (2015); [c] Wang *et al.* (2015)

Table 1 Milling conditions and chemical composition of rice flour from different milling methods

Milling method	Milling condition					References
	Ratio of rice and water	Soaking time (h)	Temperature of soaking water (°C)	Drying temperature (°C)	Drying times (h)	
Semi-dry	1:1;1:2;2:1	0.3-16	30	40-60	12	Asmeda and Noorlaila (2015) Joy and Ledogo (2016) Prasad <i>et al.</i> (2012)
Wet	1:1;1:2	4---24	25-30	40	12	Joy and Ledogo (2016) Leewatchararongjaroen and Anuntagool (2016) Prasad <i>et al.</i> (2012) Tong <i>et al.</i> (2015b)

Milling method	Rice flour chemical properties						References
	Rice variety	Protein (%)	Ash (%)	Lipid (%)	Carbohydrate (%)	Fiber (%)	
Dry	MR211; MR220; Suwon No.542; Suwon No.541; Unbong No.30	7.96-12.89	0.08-0.82	0.26-1.49	79.49-89.69	0.42-0.53	Asmeda and Noorlaila (2015) Choi <i>et al.</i> (2015) Rosniyana <i>et al.</i> (2016)
Semi-dry	MR211; Nigerian and non-Nigerian rice	7.35-11.15	0.03-1.14	0.13	77.68	0.64	Asmeda and Noorlaila (2015) Joy and Ledogo (2016)
Wet	MR211; MR220; Suwon No.542; Suwon No.541; Unbong; Nigerian and non-Nigerian rice	7.20-11.22	0.01-1.05	0.18-0.99	74.23-91.68	0.38-1.37	Asmeda and Noorlaila (2015) Choi <i>et al.</i> (2015) Joy and Ledogo (2016) Rosniyana <i>et al.</i> (2016)

Table 2 Rice flour/starch chemical composition

Chemical composition	Waxy rice	Non-waxy rice		
		Low amylose	Medium amylose	High amylose
		Rice variety		
	K/A92VM0611, Chak-hao Angangba, TCW70, TKW1, TKW5, & TSW2	Beihan1, Xing2, Kwandala, At 405, Chak-hao Amubi, SKAU-338,SKAU-406, Jhelum, & Hualiangyou	TCS10, TK8, TS2, TNG67, TK16, Jamila, Jeep, & Zhongguangxiang	TCN1, TCN17, Yuxiangyouzhan, CH-1039, CIC, PB1121, & MR 219
Amylose (%)	ND-2.6	6.1-16.7	19.9-20.6	26.9-30.4
Crude ash (%)	0.9	0.3-1.8	1.1	0.8-1.4
Crude lipid (%)	1.4-3.2	0.3-3.9	1-2.8	1.3-2.7
Crude protein (%)	7.4-12.6	5.3-11.9	6.4-10.3	7.8-10.7
Carbohydrate (%)	73.1	74.4-85.6	-	74.5-77.5
Crude fiber (%)	-	0.1-0.3	-	0.1-1.5
Total dietary fiber (%)	3.2-9.8	-	-	-
Soluble fiber (%)	-	1.3	1.1	1.1-1.2
Insoluble fiber (%)	-	1.3	1.3	1.1-1.4
Total starch (%)	82.8-94.1	46.5-94.1	47.6-90.7	49.0-87.8
Mineral				
Potassium (mg/kg)	449.2-1,546.8	566.1-1, 606.6	-	1,303.5-2,048.4
Magnesium (mg/kg)	56.8-379.1	106.6-377.2	-	509.3-568.5
Phosphorus (mg/kg)	456.7-2,248.1	718.5-2,062.1	-	917.4-1 ,729.0
Calcium (mg/kg)	42.5-77.6	53.6-136.2	-	16.3-32.6
Zinc (mg/kg)	20.2-34.9	24.6-53.9	-	386.4 -431.8
Manganese (mg/kg)	56.8-379.1	106.6-377.2	-	1.3-5.5
References	Giuberti <i>et al.</i> (2017)	Ali <i>et al.</i> (2016)	Lin <i>et al.</i> (2011)	Gani <i>et al.</i> (2017)
	Lin <i>et al.</i> (2011)	Chinma <i>et al.</i> (2015)	Chinma <i>et al.</i> (2015)	Kale <i>et al.</i> (2015)
	Morales-Martinez <i>et al.</i> (2014)	Gani <i>et al.</i> (2017)	Wang <i>et al.</i> (2017)	Lin <i>et al.</i> (2011)
	Kale <i>et al.</i> (2015)	Reddy <i>et al.</i> (2017)		Somaratne <i>et al.</i> (2017)
		Somaratne <i>et al.</i> (2017)		Ye <i>et al.</i> (2016)
		Ye <i>et al.</i> (2016)		

Table 3 Rice flour/starch pasting properties

Pasting properties					
Peak viscosity (cP)	Trough viscosity (cP)	Breakdown viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Setback viscosity (cP)	References
924-7,771	434-4,104	527-4,974	637-7,626	203-3,766	Lin <i>et al.</i> (2011)
1,632-3,354	1,475-2,683	143-742	3,236-6,631	1,604-3,267	Mir and Bosco (2014)
2,376-6,080	1,992-4,036	636-3,155	4,086-7,581	2,279-3,980	Falade and Christopher (2015)
1,359-1,637	-	-	2,899-3,381	1,311-1,605	Kaur <i>et al.</i> (2015)
526-1,302	-	-14 to -4	1,505-3,995	979-2,693	Kale <i>et al.</i> (2015)
315	263	53	-	413	Luo <i>et al.</i> (2017)
610-1,791	451-1,276	159-515	1,100-3,464	648-2,256	Tikapunya <i>et al.</i> (2017)
427	391	36	974	583	Xu <i>et al.</i> (2017)
1,153-1,377	840-1,251	127-313	1,883-2,141	890-1,043	Borad <i>et al.</i> (2017)
2,466-4,420	1,188 -2,342	798-2,883	2,330-4,146	1,068-3,332	Gani <i>et al.</i> (2017)
998	833	165	1,630	798	Perez-Quirce <i>et al.</i> (2017)
4,542	1,360	1,753	4,610	-	Thirumdas <i>et al.</i> (2017)
1,679-2,103	942-1,488	615-738	2,623-3,296	944-1,194	Ding <i>et al.</i> (2018)
1,010-3,818	684-2,892	325-1,539	1,650-4,960	836-2,389	Leewatchararongjaroen and Anuntagool (2016)

Table 4 Rice flour/starch thermal properties

Thermal properties				
T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH _g (J/g)	References
69.20-82.90	74.80-89.80	83.50-98.10	2.70-13.90	Chen <i>et al.</i> (2017)
61.10-62.04	69.04-70.53	75.33-77.27	8.01-8.67	Setyawati <i>et al.</i> (2016)
76.10	79.30	83.30	-	Jongsutjarittam <i>et al.</i> (2014)
59.42-74.32	59.86-75.31	60.32-76.84	0.11-3.55	Asmeda <i>et al.</i> (2016)
74.77	77.99	81.70	4.56	Ilowefah <i>et al.</i> (2015)
63.10-66.25	66.10-68.97	71.60-72.80	5.29-6.82	Chinma <i>et al.</i> (2015)
60.20-68.60	67.72-74.57	73.90-79.80	6.14-6.71	Ye <i>et al.</i> (2016)
66.40-71.10	64.3-72.8	76.00-85.90	6.50-12.20	Lin <i>et al.</i> (2011)
71.50	75.80	80.90	12.40	Xu <i>et al.</i> (2017)
74.50	81.40	-	5.40	Sansano <i>et al.</i> (2018)
58.30-72.50	82.70-93.30	97.30-107.60	14.30-29.60	Gani <i>et al.</i> (2017)
63.10	73.50	79.60	14.90	Thirumdas <i>et al.</i> (2017)
63.20	66.20	71.30	7.37	Kumar <i>et al.</i> (2017)
72.50-75.82	76.52-79.75	82.92-87.81	7.45-7.90	Sarangapani <i>et al.</i> (2016)

Note: Onset temperature (T_o); peak temperature (T_p); conclude gelatinization temperature (T_c); enthalpy (ΔH_g)

Table 5 Rice flour/starch retrogradation and functional properties

Functional properties					R%	References
WAI (g/g)	SP (g/g)	WSI (%)	OAI (g/g)	References		
2.2-14.8	2.2-3.0	3.2-13.1	-	Tong <i>et al.</i> (2015b)	18.2-69.4	Varavinit <i>et al.</i> (2003)
10.1	10.8	5.3	1.8	Thirumdas <i>et al.</i> (2016)		
2.0	5.8	2.7	0.8	Ilowefah <i>et al.</i> (2015)	1.7-65.2	Lee <i>et al.</i> (2015)
1.10-2.3	4.1-5.8	-	1.0-1.9	Chinma <i>et al.</i> (2015)		
1.1-1.1	9.3	2.0-4.0	1.1	Ali <i>et al.</i> (2016)	2.9-85.6	Hsu <i>et al.</i> (2015)
1.1-1.6	6.6-8.6	5.4-7.3	1.1-1.4	Ocloo <i>et al.</i> (2017)		
2.4	9.6	5.1	2.4	Thirumdas <i>et al.</i> (2017)	10.4-100	Zhang <i>et al.</i> (2014)
-	12.2	15.7	-	Kumar <i>et al.</i> (2017)	≈10-85	Xiao and Zhong (2017)
4.2-4.7	4.6	1.8-2.0	0.9-1.4	Sarangapani <i>et al.</i> (2016)	54.1	Bao and Jin (2007)

Note: Water absorption index (WAI); swelling power (SP); water solubility index (WSI); oil absorption index (OAI); percentage of retrogradation (R%).

Conclusion

Chemical compositions of rice flour including carbohydrate, protein, lipid, and fiber have an effect on its properties, nonetheless those contents show that they have different impacts on the flour characteristic properties. Higher values in pasting properties including peak, trough, breakdown, final and setback viscosities of rice flour are caused by higher in carbohydrate content (AM and AP). On the other hand, lipid and fiber tend to decrease all values of the properties because of reducing water binding capacity and starch molecules re-arrangement.

Carbohydrate, namely AP is considered as a main content that tends to provide lower values of thermal properties including T_o , T_p , T_c and ΔH_g to rice flour. In contrast, higher in other components of rice flour usually contribute to higher values of those properties due to increasing energy required for cooking process by declining water absorption capacity.

Regularly, AM boosts up the value of R% owing to a good ability to re-arrange starch molecules by hydrogen bonding, while the rest of the other contents in rice flour usually demonstrate to drop the value of R%.

In case of functional properties, the increases of WAI, SP, and WSI values could be reinforced by carbohydrate content (AP), because of increasing starch rehydration capacity and also increasing number of solid leaching out from starch molecules. In the meantime, lipid and protein could increase value of OAI due to their lipophilic components.

Acknowledgement

This research was financially supported by Mae Fah Luang University and the Thailand Research Fund (TRF) under the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program (RGJ) (Grant NO. PHD/0087/2558).

References

- Ali, A., Wani, T. A., Wani, I. A. and Masoodi, F. A. 2016. Comparative Study of the Physico-chemical Properties of Rice and Corn Starches Grown in Indian Temperate Climate. J. Saudi Soc. Agr. Sci. 15(1): 75-82.
- Amagliani, L., O' Regan, J., Kelly, A.L., O' Mahony, J. A. 2017. The Composition, Extraction, Functionality and Applications of Rice Proteins: A review. Trends Food Sci Technol. 64: 1-12.
- Arendt, E, K. and Zannini, E. 2013. Rice: Cereal Grains for the Food and Beverage industries. Woodhead Publishing: Cambridgeshire. 512 pp.
- Asmeda, R. and Noorlaila, A. 2015. Effects of Different Grinding Methods on chemical and Functional Properties of MR211 Rice Flour. Int J Food Eng. 1(2): 111-114.

- Asmeda, R., Noorlaila, A. and Norziah, M.H. 2016. Relationships of Damaged Starch Granules and Particle Size Distribution with Pasting and Thermal Profiles of Milled MR263 Rice Flour. *Food Chem.* 191: 45-51.
- Bao, J. and Jin, Y.S.J. 2007. Determination of Thermal and Retrogradation Properties of Rice Starch Using Near-infrared Spectroscopy. *J. Cereal Sci.* 46(1): 75-81.
- BeMiller, J.N. and Whistler, R.L. 2009. *Starch: Chemistry and technology*. 3rd edition. Academic Press: New York. 894 pp.
- Bhandari, B.R., Bansal, N., Zhang, M. and Schuck, P. 2013. *Handbook of Food Powders: Processes and Properties*. Elsevier: Massachusetts. 557 pp.
- Borad, S.G., Patel, A.A., Singh, A.K., Tomar, S.K. and Singh, R.R.B. 2017. Effect of Storage and Reheating on Textural Properties of Rice in Dairy Dessert as Related to Its Pasting Properties and Microstructure. *Food Sci. Technol.* 80: 485-491.
- Chawla, R. and Patil, G.R. 2010. Soluble Dietary Fiber. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 9(2): 178-196.
- Chen, X., He, X., Fu, X., Zhang, B. and Huang, Q. 2017. Complexation of Rice Starch/Flour and Maize Oil through Heat Moisture Treatment: Structural, In Vitro Digestion and Physicochemical Properties. *Int. J. Biol. Macromol.* 98: 557–564.
- Chiang, P.I. and Yeh, A.I. 2002. Effect of Soaking on Wet-milling of Rice. *J. Cereal. Sci.* 35(1): 85-94.
- Chinma, C.E., Anuonye, J.C., Simon, O.C., Ohiare, R.O. and Danbaba, N. 2015. Effect of Germination on the Physicochemical and Antioxidant Characteristics of Rice Flour from Three Rice Varieties from Nigeria. *Food Chem.* 185(15): 454-458.
- Choi, O. J., Jung, H.N. and Shim, K.H. 2015. Physicochemical Properties of Powdered, Soft and Hard Type Rice Flour by Different Milling Methods. *Korean J. Food Preserv.* 22(2): 174-181.
- Ding, J., Hou, G.G., Dong, M., Xiong, S., Zhao, S. and Feng, H. 2018. Physicochemical properties of Germinated Dehulled Rice Flour and Energy Requirement in Germination as Affected by Ultrasound Treatment. *Ultrason Sonochem.* 41: 484-491.
- Eliasson, A.C. 2004. *Starch in Food: Structure, Function and Applications*. CRC Press: Florida. 605 pp.
- Falade, K.O. and Christopher, A.S. 2015. Physical, Functional, Pasting and Thermal Properties of Flours and Starches of Six Nigerian Rice Cultivars. *Food Hydrocoll.* 44: 478-490.
- Gani, A., Ashwar, B.A., Akhter, G., Shah, A., Wani, I.A. and Masoodi, F.A. 2017. Physico-chemical, Structural, Pasting and Thermal Properties of Starches of Fourteen Himalayan Rice Cultivars. *Int. J. Biol. Macromol.* 95: 1101-1107.
- Giuberti, G., Marti, A., Fortunati, P. and Gallo, A. 2017. Gluten Free Rice Cookies with Resistant Starch Ingredients from Modified Waxy Rice Starches: Nutritional aspects and textural characteristics. *J. Cereal Sci.* 76: 157-164.

- Hamaker, B.R. 2007. Technology of Functional Cereal Products. Woodhead Publishing: Cambridgeshire. 568 pp.
- Hii, S.L., Tan, J.S., Ling, T.C. and Ariff, A.B. 2012. Pullulanase: Role in Starch Hydrolysis and Potential Industrial Applications: Review article. *Enzyme Res.* 2012: 1-14.
- Hsu, R.J.C., Chen, H.J. and Chiang, S.L.W. 2015. Effects of Cooking, Retrogradation and Drying on Starch Digestibility in Instant Rice Making. *J. Cereal Sci.* 65: 154-161.
- Hui, Y.H. 2006. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. CRC Press: Florida. 712 pp.
- Ilowefah, M., Bakar, J., Ghazali, H.M., Mediani, A. and Muhammad, K. 2015. Physicochemical and Functional Properties of Yeast Fermented Brown Rice Flour. *J. Food Sci. Technol.* 52(9): 5534–5545.
- Jongsutjarittam, O. and Charoenrein, S. 2014. The Effect of Moisture Content on Physicochemical Properties of Extruded Waxy and Non-waxy Rice Flour. *Carbohydr. Polym.* 114: 133–140.
- Joy, E.E. and Ledogo, N. 2016. The Effect of Variety and Processing Methods on the Functional and Chemical Properties of Rice Flour. *Int. J. Nutri. Food Sci.* 5(1): 80-84.
- Juliano, B. O. 1993. Rice in Human Nutrition. International Rice Research Institute: Los Baños. 162 pp.
- Kale, S.J., Jha, S.K., Jha, G.K., Sinha, J.P. and Lal, S.B. 2015. Soaking Induced Changes in Chemical Composition, Glycemic Index and Starch Characteristics of Basmati Rice. *Rice Sci.* 22(5): 227–236.
- Kaur, M., Kaur, N., Kaur, M. and Sandhu, K.S. 2015. Some Properties of Rice Grains, Flour and Starches: A Comparison of Organic and Conventional Modes of Farming. *Food Sci. Technol.* 61: 152-157.
- Kumar, P., Prakash, K.S., Jan, K., Swer, T.L., Jan, S., Verma, R., Deepika, K., Dar, M.Z., Verma, K. and Bashir, K. 2017. Effects of Gamma Irradiation on Starch Granule Structure and Physicochemical Properties of Brown Rice Starch. *J. Cereal Sci.* 77: 194-200.
- Lee, E.J., Lim, S.T. and Chung, H.J. 2015. Retrogradation Behavior of Rice Flour/Starch Gel Using Response Surface Methodology. *Food Sci. Biotechnol.* 24(3): 891-894.
- Leewatcharongjaroen, J. and Anuntagool, J. 2016. Effects of Dry-milling and Wet-milling on Chemical, Physical and Gelatinization Properties of Rice Flour. *Rice Sci.* 23(5): 274–281.
- Lin Q., Liu Z., Xiao H., Li L., Yu F., Tian W. 2010. Studies on the Pasting and Rheology of Rice Starch with Different Protein Residual. *Proceeding of the 3rd International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture.* Li, D and Zhao, C (Ed.), Beijing, China. pp. 407-119.
- Lin, J.H., Singh, H., Chang, Y.T. and Chang, Y.H. 2011. Factor Analysis of the Functional Properties of Rice Flours from Mutant Genotypes. *Food Chem.* 126: 1108–1114.
- Luo, S.J., Chen, R.Y., Huang, L., Liang, R.H., Liu, C.M. and Jun, L. 2017. Investigation on the Influence of Pectin Structures on the Pasting Properties of Rice Starch by Multiple Regression. *Food Hydrocoll.* 63: 580-584.

- Mir, S.A. and Bosco, S.J.D. 2014. Cultivar Difference in Physicochemical Properties of Starches and Flours from Temperate Rice of Indian Himalayas. Food Chem. 157: 448–456.
- Morales-Martínez, L.E., Bello-Pérez, L.A., Sánchez-Rivera, M.M., Ventura-Zapata, E. and Jiménez-Aparicio, A.R. 2014. Morphometric, Physicochemical, Thermal, and Rheological Properties of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Indica × Japonica. Food Nutr. Sci. 5: 271-279.
- Murray, R. 1997. Dietary Fiber. Ardent Media: London. 145 pp.
- Ocloo, F.C.K., Owureku-Asare, M., Agyei-Amponsah, J., Agbemavor, W.S.K., Egblewogbe, M.N.Y.H., Apea-Bah, F.B., Sarfo, A., Apatey, J., Doku, H., Ofori-Appiah, D. and Ayeh, E. 2017. Effect of Gamma Irradiation on Physicochemical, Functional and Pasting Properties of Some Locally-produced Rice (*Oryza* spp) Cultivars in Ghana. Radiat. Phys. Chem. 30: 196-201.
- Oko, A.O. and Ugwu S.I. 2011. The Proximate and Mineral Compositions of Five Major Rice Varieties in Abakaliki, South-Eastern Nigeria. Int. J. Plant Physiol. Biochem. 3(2): 25-27.
- Parada, J. and Santos, J.L. 2016. Interactions between Starch, Lipids, and Proteins in Foods: Microstructure Control for Glycemic Response Modulation. Food Sci. Nutr. 56(14): 2362-2369.
- Parra, A.F.R., Ribotta, P.D. and Ferrero, C. 2015. Starch–apple Pomace Mixtures: Pasting Properties and Microstructure. Food Bioprocess Tech. 8: 1854–1863.
- Perez-Quirce, S., Lazaridou, A., Biliaderis, C.G. and Ronda, F. 2017. Effect of β -glucan Molecular Weight on Rice Flour Dough Rheology, Quality Parameters of Breads and In Vitro Starch Digestibility. Food Sci. Technol. 82: 446-453.
- Philpot, K., Martin, M., Butardo, V. Jr., Willoughby, D. and Fitzgerald, M. 2006. Environmental Factors that Affect the Ability of Amylose to Contribute to Retrogradation in Gels Made from Rice Flour. J. Agric. Food Chem. 54(14): 5182–5190.
- Ploypetchara, T., Suwannaporn, P., Pechyen, C. and Gohtani, S. 2015. Retrogradation of Rice Flour Gel and Dough: Plasticization Effects of Some Food Additives. Cereal Chem. 92(2): 198-203.
- Pracham, S. and Thaiudom, S. 2016. The Effect of Protein Content in Jasmine Rice Flour on Textural and Rheological Properties of Jasmine Rice Pudding. Int. Food Res. J. 23(4): 1379-1388.
- Prasad, K., Singh, Y. and Anil A. 2012. Effects of Grinding Methods on the Characteristics of Pusa 1121 Rice Flour. J. Trop. Agric. and Fd. Sci. 40(2): 193–201.
- Putseys, J.A., Lamberts, L. and Delcour, J.A. 2010. Amylose-inclusion Complexes: Formation, Identity and Physico-chemical Properties. J. Cereal Sci. 51(3): 238-247.
- Reddy, C.K., Kimi, L., Haripriya, S. and Kang, N. 2017. Effects of Polishing on Proximate Composition, Physicochemical Characteristics, Mineral Composition and Antioxidant Properties of Pigmented Rice. Rice Sci. 24(5): 241-252.
- Rosniyana, A., Hazila, K.K. and Abdullah, S.N.S. 2016. Characteristics of Local Rice Flour (MR 220) Produced by Wet and Dry Milling Methods. J. Trop. Agric. and Fd. Sci. 44(1): 147-155.

- Sansano, M., Heredia, A., Glicerina, V., Balestra, F., Romani, S. and Andrés, A. 2018. Influence of Chitosan on Thermal, Microstructural and Rheological Properties of Rice and Wheat Flours-based Batters. *Food Sci. Technol.* 87: 529-536.
- Sarangapani, C., Thirumdas, R., Devi, Y., Trimukhe, A., Deshmukh, R.R. and Annapure, U.S. 2016. Effect of Low-pressure Plasma on Physicochemical and Functional Properties of Parboiled Rice Flour. *Food Sci. Technol.* 69: 482-489.
- Seager, S.L. and Slabaugh, M.R. 2011. *Organic and Biochemistry for Today*. 7th edition. Brooks-Cole Publishing: California. 429 pp.
- Serna-Saldivar, S.O. 2010. *Cereal grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. CRC Press: Florida. 752 pp.
- Setyawati, Y.D., Ahsan, S.F., Ong, L.K., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S. and Ju, Y.H. 2016. Production of Glutinous Rice Flour from Broken Rice via Ultrasonic Assisted Extraction of Amylose. *Food Chem.* 203: 158–164.
- Sharma R., Sissons M.J., Rathjen A. J and Jenner C.F. 2002. The Null-4A Allele at the Waxy Locus in Durum Wheat Affects Pasta Cooking Quality. *J. Cereal Sci.* 35: 287-297.
- Sigh, B.P. 2010. *Industrial Crops and Uses*. CABI: Wallingford. 510 pp.
- Siriamornpun, S., Tangkhawanit, E. and Kaewseejan, N. 2016. Reducing Retrogradation and Lipid Oxidation of Normal and Glutinous Rice Flours by Adding Mango Peel Powder. *Food Chem.* 201: 160-167.
- Somarathne, G.M., Prasanth, B.D.R., Dunuwila, G.R., Chandrasekara, A., Wijesinghe, D.G.N.G. and Gunasekara, D.C.S. 2017. Effect of Polishing on Glycemic Index and Antioxidant Properties of Red and White Basmati Rice. *Food Chem.* 237: 716-723.
- Strugala, V., Allen, A., Dettmar, P.W. and Pearson, J.P. 2003. Colonic Mucin: Methods of Measuring Mucus Thickness. *Proc. Nutr. Soc.* 62(1): 237–243.
- Sun, J., Hou, C. and Zhang, S. 2008. Effect of Protein on the Rheological Properties of Rice Flour. *J. Food Process Preserv.* 32(6): 987-1001.
- Tester, R.F., Karkalas, J. and Qi, X. 2004. Starch- composition, Fine Structure and Architecture. *J. Cereal Sci.* 39(2): 151–165.
- Tharise, N., Julianti, E. and Nurminah, M. 2014. Evaluation of Physico-chemical and Functional Properties of Composite Flour from Cassava, Rice, Potato, Soybean and Xanthan Gum as Alternative of Wheat Flour. *Int. Food Res. J.* 21(4): 1641-1649.
- Thirumdas, R., Deshmukh, R.R. and Annapure, U.S. 2016. Effect of Low Temperature Plasma on the Functional Properties of Basmati Rice Flour. *J. Food Sci. Technol.* 53(6): 2742–2751.
- Thirumdas, R., Trimukhe, A., Deshmukh, R.R. and Annapure, U.S. 2017. Functional and Rheological Properties of Cold Plasma Treated Rice Starch. *Carbohydr. Polym.* 157: 1723-1731.

- Thomas, D.J. and Atwell, W.A. 1999. Starches. Eagan Press: St. Paul, MN. 94 pp.
- Tikapunya, T., Zou, W., Yu, W., Powell, P.O., Fox, G.P., Furtado, A., Henry, R.J. and Gilbert, R.G. 2017. Molecular Structures and Properties of Starches of Australian Wild Rice. Carbohydr. Polym. 172: 213–222.
- Tong, C., Liu, L., Waters, D.L., Huang, Y. and Bao, J. 2015a. The Contribution of Lysophospholipids to Pasting and Thermal Properties of Nonwaxy Rice Starch. Carbohydr. Polym. 133: 187-193.
- Tong, L.T., Gao, X., Lin, L., Liu, Y., Zhong, K., Liu, L., Zhou, X., Wang, L. and Zhou, S. 2015b. Effects of Semidry Flour Milling on the Quality Attributes of Rice Flour and Rice Noodles in China. J. Cereal Sci. 62: 45-49.
- USDA. Foreign Agricultural Service/ United States Department of Agriculture Office of Global Analysis. 2017. Rice: World Market and Trade [online]. [Accessed October 21, 2017]. Available from: URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-rice.pdf>.
- Varavinit, S., Shobsngob, S., Varayanond, W., Chinachoti, P. and Naivikul, O. 2003. Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation and Pasting Properties of Flours from Different Cultivars of Thai Rice. Stärke. 55: 410–415.
- Verma, D.K. and Srivastav, P.P. 2017. Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. Rice Sci. 24(1): 21-31.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q. and Wang, S. 2015. Starch Retrogradation: A comprehensive review. Compr Rev Food Sci Food Saf. 14(5): 568-585.
- Wang, S., Li, P., Zhang, T., Yu, J., Wang, S. and Copeland, L. 2017. In Vitro Starch Digestibility of Rice Flour is not affected by Method of Cooking. Food Sci. Technol. 84: 536-543.
- Wu, Y., Chen, Z., Li, X. and Wang, Z. 2010. Retrogradation Properties of High Amylose Rice Flour and Rice Starch by Physical Modification. Food Sci. Technol. 43: 492–497.
- Xiao, J. and Zhong, Q. 2017. Suppression of Retrogradation of Gelatinized Rice Starch by Anti-listerial Grass Carp Protein Hydrolysate. Food Hydrocoll. 72: 338-345.
- Xu, Y., Fan, M., Zhou, S., Wang, L., Qian, H., Zhang, H. and Qi, H. 2017. Effect of *Vaccinium bracteatum* Thunb. Leaf Pigment on the Thermal, Pasting, and Textural Properties and Microstructure Characterization of Rice Starch. Food Chem. 228: 435-440.
- Ye, L., Wang, C., Wang, S. Zhou, S. and Liu, X. 2016. Thermal and Rheological Properties of Brown Flour from Indica Rice. J. Cereal Sci. 70: 270-274.
- Zhang, Y., Liu, W., Liu, C., Luo, S., Li, T., Liu, Y., Wu, D. and Zuo, Y. 2014. Retrogradation Behaviour of High-amylose Rice Starch Prepared by Improved Extrusion Cooking Technology. Food Chem. 158: 255-261.
- Zhu, F. 2015. Impact of Ultrasound on Structure, Physicochemical Properties, Modifications, and Applications of Starch. Trends Food Sci. Technol. 43(10): 1-17.

คุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคไวรัสใบจุดวงแหวนของมะละกอ พันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัด ของประเทศไทย

รภัสสา จันทาศรี*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

คุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคใบจุดวงแหวนของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัด (มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร กาฬสินธุ์) ของประเทศไทย วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) จำนวน 200 ต้นต่อจังหวัด ทำการเปรียบเทียบ การให้ผลผลิต คุณภาพผลผลิต และการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวน ในแต่ละพื้นที่ในช่วงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2560 ผลการวิจัย พบว่า จำนวนวันที่เก็บผลแรก จำนวนต้นต่อผล ความหนาเนื้อผลดิบ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดวงแหวนและระดับของการเป็นโรค มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำหนักผลต่อต้น ความกว้างผลดิบ ความยาวของผลดิบ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จังหวัดมหาสารคาม ให้คุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคใบจุดวงแหวนดีที่สุด รองลงมาคือ จังหวัด ยโสธร กาฬสินธุ์และร้อยเอ็ด คุณภาพผลผลิต นอกจากขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรมโดยตรงแล้ว สภาพสิ่งแวดล้อมอาจส่งผลทางอ้อมในลักษณะของขนาดผล น้ำหนักผลและปริมาณผลต่อต้น แต่ในส่วนของความทนทานต่อโรคไวรัสใบจุดวงแหวนจะขึ้นกับการจัดการดูแลต้นมะละกออย่างสม่ำเสมอเป็นหลัก

คำสำคัญ: คุณภาพผลผลิต ความทนทานต่อโรค โรคใบจุดวงแหวนมะละกอ มะละกอ และ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

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

Fruit Quality and It's Tolerance Papaya Ring Spot Virus of Papaya cv. Sri Rajabhat in 4 Provinces, Thailand

Rapatsa Janthasri *

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

Abstract

Fruit quality and it's tolerance papaya ring spot virus of papaya cv. Sri Rajabhat in 4 provinces (Maha Sarakham, Roi-Et, Kalasin, Yasothon) Thailand. Comparison of fruit quality, yield and disease resistant to ring spot virus. Randomized Completely Block Design (RCBD) 200 plants/area to the volume of output quality, productivity and disease susceptibility of the ring material. The experiment in the 4 area of Maha Sarakham, Roi-Et, Kalasin, Yasothon from June 2016 to June 2017. The results showed that the number of days to first harvest, Number of fruit per plant, Flesh thickness , percentage of leaf spot and level of ring spot of virus the disease were difference statistically significant. The fruit weight, fruit Length, fruit width of fruits per plant did not differ statistically. Maha Sarakham province were high quality of fruit and tolerance to papaya ring spot virus disease, followed by Yasothon, Kalasin and Roi-Et province. The quality of fruit is depends on genetics but environmental effects may be indirect such as size, weight and yields. It depends on the management of papaya.

Keywords: quality of yield, tolerance disease, papaya ring spot virus, papaya and percentage of disease

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

บทนำ

มะละกอ (papaya) มีชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า *Carica papaya* L. จัดอยู่ในวงศ์ Caricaceae มีชื่อเรียกในแต่ละภาคแตกต่างกันไป ได้แก่ มะก้วยเต็ด ลอกอ ละกอ และ บักหุ้ง เป็นพืชพื้นเมืองดั้งเดิมของอเมริกากลางเป็นไม้ผลอายุสั้น 1-2 ปี ใน ค.ศ. 1513 - 1525 นิยมปลูกกันมากในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย เอเชียใต้ แอฟริกาใต้ อินเดีย มาเลเซีย และ ไทย แม้ว่ามะละกอไม่ใช่พืชพื้นเมืองดั้งเดิมของไทย แต่ได้มีการปลูกมานานตั้งแต่สมัยโบราณ เป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย (Asami and Mitchell, 2003) ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกเป็นมะละกอเพื่อบริโภคมีหลายสายพันธุ์ พันธุ์แขกดำเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคิดเป็น 62 % รองลงมาคือ พันธุ์แขกนวล 18 % พันธุ์ปลักไม้ลาย 8 % พันธุ์อื่น ๆ อีก 12 % (Janthasri, 2002) จังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่ปลูกอย่างกระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ที่ปลูกเป็นการค้า ได้แก่ พันธุ์แขกนวล พันธุ์แขกดำ พันธุ์ปลักไม้ลาย พันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ครั้งแดง เป็นต้น ความต้องการบริโภคมะละกอดิบของคนอีสานมีมากเป็นพิเศษ พื้นที่ปลูกมะละกอที่สำคัญและส่งจำหน่ายมะละกอในเขตภาคอีสาน มี 5 แหล่งใหญ่ๆ คือ อ.เลิงนกทา จ. ยโสธร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา อ. กันทรลักษ์ จ. ศรีสะเกษ อ.ท่าพรสวรรค์ จ.ขอนแก่น และ อ.ห้วยผึ้ง จ.กาฬสินธุ์ แต่ในปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะละกอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคอื่นๆ ทั่วประเทศมีจำนวนลดลง เนื่องจากปัญหาการระบาดของโรคไวรัสจุดวงแหวน ทำให้ผลผลิตมะละกอโดยภาพรวมลดลง (Janthasri, 2004) มะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏเป็นมะละกอบริโภคผลดิบที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาใหม่ โดยคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มีลักษณะเด่น คือ เนื้อดิบมีความกรอบ เนื้อผลสุกสีเหลืองรสชาติหอมหวาน มีคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการทำส้มตำ ปลูกง่ายและทนทานต่อการระบาดของโรคไวรัสจุดวงแหวน ปัจจุบันเป็นที่ต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภคอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ (Janthasri, 2005) ซึ่งใน

ปัจจุบันยังขาดข้อมูลการผลิตมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏในพื้นที่ต่างๆ จากทั่วประเทศเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานการผลิต ดังนั้น การศึกษาคุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวนของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัด ของประเทศไทย สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการผลิตมะละกอพันธุ์นี้เพื่อสร้างเป็นอาชีพให้กับเกษตรกรในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบ ผลผลิตและคุณภาพของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และ ยโสธร
2. เพื่อเปรียบเทียบความทนทานต่อการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนในพื้นที่ 4 จังหวัด

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการคัดเลือกพื้นที่ปลูกใน 4 จังหวัดๆ ละ 1 ไร่ ประกอบด้วย จังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และ ยโสธร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) จำนวน 200 ต้นต่อจังหวัด ทำการเปรียบเทียบเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณภาพผลผลิตและการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวน ในแต่ละพื้นที่ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2560

1. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

- ต้นกล้ามะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ อายุ 45 วัน จำนวน 200 ต้นต่อจังหวัด รวม 4 จังหวัด 800 ต้น
- ปุ๋ยอินทรีย์ มูลไก่ จำนวน 200 กระสอบต่อพื้นที่
- ปุ๋ยเคมี 15-15-15 จำนวน 100 กระสอบต่อพื้นที่
- อุปกรณ์ ในการตรวจวัดปริมาณของเหลวที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer)

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของข้อมูลตามลักษณะที่กำหนดตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของหน่วยทดลองโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป MSTAT (Bricker, 1989)

3. การบันทึกข้อมูล

1) จำนวนวันที่ออกดอกแรกนับจากวันที่เริ่มปลูก บันทึกข้อมูลเป็นหน่วยของวัน

2) จำนวนผลต่อต้นเก็บข้อมูลเมื่อมะละกออายุ 6 เดือน นับจำนวนของผลมะละกอทั้งหมดและบันทึกข้อมูลเป็นหน่วยของผลมะละกอ

3) น้ำหนักต่อผลเก็บข้อมูลเมื่อมะละกออายุ 6 เดือน ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักผลมะละกอที่มีขนาดที่สามารถเก็บผลผลิตได้ จำนวน 10 ผลแล้วหาค่าเฉลี่ยหน่วยเป็นกิโลกรัม

4) คุณภาพของผลผลิต (เก็บข้อมูลเมื่อมะละกออายุ 6 เดือน)

- ความหนาเนื้อวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์หน่วยเป็นเซนติเมตร

- ขนาดความยาวผลวัดความยาวผล ด้วยไม้บรรทัด หน่วยวัดเซนติเมตร

- ขนาดความกว้างผลวัดความกว้างผล ด้วยไม้บรรทัด หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร

5) เปอร์เซ็นต์การเป็นโรคประเมินความเป็นโรคใบจุดวงแหวนเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 = (No Symptoms) มะละกอไม่แสดงอาการของโรคใบจุดวงแหวน มีความทนทานโรคดีมาก

ระดับ 1 = (Very Mild mottling) มะละกอมีอาการใบเหลืองตางน้อยมาก 1- 25 % ของพื้นที่ใบที่มีอาการจุดวงแหวน (Ring Spot) อาการที่ผลไม่ชัดเจน ไม่มีรอยขีดหรือขีด (Streak) ที่ก้านใบและลำต้น มีความทนทานโรคดี

ระดับ 2 = (Mild หรือ Moderate mottling) มะละกอมีอาการใบเหลืองตางปานกลาง 26-50 % ของ

พื้นที่ใบมีอาการจุดวงแหวนที่ผลเล็กน้อย ผิวผลเรียบ ไม่มีรอยขีดหรือขีดที่ก้านใบ มีความทนทานต่อโรคปานกลาง

ระดับ 3 = (Mottling) มะละกอมีใบเหลืองตาง 51-75 % ของพื้นที่ใบมีอาการจุดวงแหวนที่ผลชัดเจนทั่วทั้งผล มีรอยขีดหรือขีดที่ก้านและลำต้นมีความทนทานต่อโรคน้อย

ระดับ 4 = (Severe Mottling) มะละกอมีใบเหลืองตางรุนแรงมาก 76-100 % ของพื้นที่ใบ ใบกรอบหรือใบบิดเบี้ยวพื้นที่ใบหดจนเหลือแต่เส้นก้านใบ (Sever Leaf Distortion) มีอาการจุดวงแหวนที่ชัดเจนทั่วทั้งผล แผลบุบจนตกละเอียด รูปทรงบิดเบี้ยวผิวหยาบเนื้อเป็นไต มีรสขม ไม่ทนทานโรค (Janthasri, 2007)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาคุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคไวรัสใบจุดวงแหวนของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัด คือ มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และยโสธร พบว่า

1. ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่การวิจัย

พื้นที่การผลิตทั้ง 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และ ยโสธร จัดอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนกลาง สภาพทั่วไปทั้ง 4 จังหวัด มีลักษณะดินเป็นดินทรายจัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณธาตุหลัก (N P K) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ มีสภาพภูมิอากาศ โดยภาพรวมจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดกาฬสินธุ์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27-29 °C ส่วนจังหวัดร้อยเอ็ดและจังหวัดยโสธรมีอุณหภูมิค่อนข้างร้อนกว่าอยู่ในช่วง 32-35 °C จังหวัดกาฬสินธุ์และจังหวัดมหาสารคามมีปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า จังหวัดร้อยเอ็ดและจังหวัดยโสธร รายละเอียดดังนี้

จังหวัดมหาสารคาม: อุณหภูมิเฉลี่ย 27.1 °C, มีจุดน้ำค้างเฉลี่ย 23.7 °C, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.7 %, ความกดอากาศเฉลี่ย 1,005.2 มิลลิบาร์, ความเร็วลมเฉลี่ย 10.6 กม./ชม, ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,301.9 มม./ปี

จังหวัดร้อยเอ็ด: อุณหภูมิเฉลี่ย 32.4 °C, มีจุดน้ำค้างเฉลี่ย 24.3 °C, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 62.5 %, ความกดอากาศเฉลี่ย 1,006.4 มิลลิบาร์, ความเร็วลมเฉลี่ย 12.5 กม./ชม., ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,230.9 มม./ปี

จังหวัดกาฬสินธุ์: อุณหภูมิเฉลี่ย 29.9 °C, มีจุดน้ำค้างเฉลี่ย 22.7 °C, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 63.6 %, ความกดอากาศเฉลี่ย 1,004.2 มิลลิบาร์, ความเร็วลมเฉลี่ย 15.3 กม./ชม., ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,482.4 มม./ปี

จังหวัดยโสธร: อุณหภูมิเฉลี่ย 35.2 °C, มีจุดน้ำค้างเฉลี่ย 24.5 °C, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 51.1 %, ความกดอากาศเฉลี่ย 1,001.8 มิลลิบาร์, ความเร็วลมเฉลี่ย 12.1 กม./ชม., ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,052.9 มม./ปี (Agriculture Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 1997)

2. จำนวนวันที่เก็บผลแรก

มะละกอทั้ง 4 พื้นที่ มีจำนวนวันที่สามารถเก็บผลผลิตได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมะละกอที่มีอายุวันเก็บผลแรกได้จำนวนวันเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มะละกอในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม รองลงมาคือ มะละกอในพื้นที่จังหวัดยโสธร จังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดกาฬสินธุ์ ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับ Janthasri (2004) ที่ทดลองปลูกมะละกอ 10 สายพันธุ์ในพื้นที่ 3 จังหวัด คือ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และยโสธร พบว่า มะละกอพันธุ์โกโก้ดำ แขนดำศรีสะเกษ ปากช่อง x ฟลอริดา และแขนวล มีจำนวนวันออกดอกเร็วทำให้การเจริญเร็วกว่าพันธุ์อื่น คือ 132, 136, 135 และ 138 วัน ซึ่งพันธุ์แขนวล x แขนดำ โกโก้ x ฟลอริดา ฟลอริดา x ชันเขต

Samenga และพันธุ์ได้หัววัน 145, 146, 159, 160 และ 164 วัน ตามลำดับ และในทั้ง 3 จังหวัด มีจำนวนวันการออกดอกแรกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จังหวัดยโสธรมีการออกดอกได้เร็วกว่าจังหวัด ศรีสะเกษและอุบลราชธานี ตามลำดับ Janthasri (2007) พบว่า จำนวนวันในการออกดอกแรก นอกจากพันธุ์กรรมแล้วยัง พบว่า ในพื้นที่ต่างๆ จะขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก พื้นที่ที่มีภูมิอากาศเย็นและมีปริมาณน้ำฝนสูง มะละกอจะสามารถออกดอกได้เร็วกว่าพื้นที่ที่มีสภาพอากาศค่อนข้างร้อน จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของจังหวัดมหาสารคามอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 3 จังหวัด (27.1 °C) เหมาะแก่การออกดอกและการเจริญเติบโตของผลจึงทำให้จำนวนวันของการเก็บผลแรกเร็วกว่า 3 จังหวัด (Table 1)

3. จำนวนผลต่อต้น

จากการทดลองการเปรียบเทียบมะละกอสำหรับบริโภคผลดิบพันธุ์ศรีราชภัฏ จำนวน 4 พื้นที่ พบว่า มะละกอทั้ง 4 พื้นที่ มีจำนวนผลผลิตต่อต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมะละกอที่มีผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด คือ ปลูกในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดยโสธร ส่วนพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์และจังหวัดร้อยเอ็ดมีผลผลิตต่อต้นน้อยกว่า 2 จังหวัดแรกตามลำดับ (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับ Janthasri (2005) ที่ได้ทดลองปลูกมะละกอ 5 สายพันธุ์ ในพื้นที่ 4 จังหวัด พบว่า มะละกอทั้ง 5 สายพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงที่สุดเป็นพันธุ์ ให้ผลเร็ว คือ พันธุ์แขกดำศรีสะเกษ และลูกผสมฟลอริดา x ชันเขต จำนวน 45 ผลต่อต้น ส่วนสายพันธุ์ที่มี จำนวนผลต่อต้นน้อยที่สุดคือ พันธุ์โกโก้ และแขนวล จำนวน 23 และ 15 ผลต่อต้น ในขณะที่พื้นที่จังหวัดขอนแก่นให้ผลผลิตต่อต้นมากกว่าจังหวัดมหาสารคามและร้อยเอ็ด ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri (2004) ได้ทดสอบปลูกมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏในพื้นที่ อำเภอบรบือและอำเภอมือทอง พบว่า ทั้งสองพื้นที่ให้จำนวนผลต่อต้นแตกต่างกัน โดยในอำเภอมือทองให้จำนวนผลต่อต้นน้อยกว่าอำเภอบรบือ (159

ผล และ 240 ผล) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การให้ผลผลิตมะละกามีความแตกต่างกันในสภาพแต่ละพื้นที่แม้ว่าจะเป็นพันธุ์เดียวกันแต่ปลูกต่างพื้นที่จะสามารถให้ผลผลิตได้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่เป็นหลัก

4. น้ำหนักต่อผล

น้ำหนักต่อผลของมะละกอทั้ง 4 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าพื้นที่จังหวัดมหาสารคามมีน้ำหนักมากที่สุด 2.08 กก. รองลงมา คือ จังหวัดกาฬสินธุ์ และยโสธร ให้น้ำหนักผล 1.94 และ 1.91 กก. ส่วนจังหวัดร้อยเอ็ดให้น้ำหนักผลน้อยที่สุด 1.82 กก. ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri (2010) ที่ได้ทดลองปลูกมะละกอ 10 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า มะละกอทั้ง 10 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมะละกอพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ โกโก้ก้านดำ ลูกผสมแขกดำ x แขนงวล มีน้ำหนักผลมากที่สุด 3.18, 3.02 และ 3.00 กก. ตามลำดับ ยกเว้นน้ำหนักต่อผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มะละกอที่มีขนาดผลใหญ่ทำให้น้ำหนักต่อผลสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri and Janthasri (2005) ได้ทดสอบคุณภาพผลผลิตมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏที่ปลูกในจังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา และอุดรธานี พบว่า น้ำหนักต่อผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ มีลักษณะเด่น คือ ผลยาวใหญ่ มากกว่า 50 ซม. ขึ้นไป และเป็นลักษณะที่ควบคุมทางพันธุกรรม ดังนั้นจึงไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อม

5. ความหนาเนื้อผลดิบ

ความหนาเนื้อผลดิบของมะละกอทั้ง 4 พันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพันธุ์ที่มีความหนาเนื้อผลเฉลี่ยมากที่สุด คือ มะละกอที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดยโสธร รองลงมา คือ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดกาฬสินธุ์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Janthasri (2004); Janthasri (2010); Janthasri (2007) ที่ได้ทดลองปลูกมะละกอ 10 สายพันธุ์ในพื้นที่ 10 จังหวัด พบว่า มะละกอ

พันธุ์แขกดำศรีสะเกษ ให้ความหนาเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ลูกผสมแขกดำ x แขนงวล โกโก้ก้านดำ x ฟลอริดา โกโก้ก้านดำ และแขนงวล ซึ่งมีความหนาเนื้อมาก คือ 3.12, 3.06, 3.04 และ 3.00 ซม. ตามลำดับ (Table 2) ลักษณะประจำพันธุ์ของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏจะมีความหนาเนื้อผลดิบ อยู่ในช่วง 2-2.5 ซม. ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างในผลน้อย มีส่วนเนื้อที่บริโภคมาก แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ปลูกเป็นหลัก (Janthasri, 2002)

6. ความกว้างและความยาวของผลดิบ

ความกว้างและความยาวผลมะละกอทั้ง 4 จังหวัด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจังหวัดที่มีความกว้างของผลมากที่สุด คือ จังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดที่ให้ความยาวผลมากที่สุด คือ จังหวัดกาฬสินธุ์ รองลงมา คือ จังหวัดมหาสารคาม ร้อยเอ็ดและยโสธร ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri and Arimatsu (2010) ทดลองปลูกมะละกอ 10 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า มะละกอผลใหญ่ความกว้างผลน้อยที่สุด คือ พันธุ์โกโก้ก้านดำ แขนงวล ลูกผสมแขกดำ x แขนงวล และพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ ขนาดความกว้าง คือ 13.4, 13.8, 15.4 และ 16.2 ซม. ตามลำดับ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลที่ใหญ่ และสายพันธุ์ที่มีความยาวมากที่สุด คือ พันธุ์แขกดำศรีสะเกษ พันธุ์แขนงวล และโกโก้ก้านดำ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) Yimsawat (1992) พบว่า ความแตกต่างด้านคุณภาพผลของมะละกอมีปัจจัยควบคุม 2 ประการ คือ พันธุกรรม และสภาพแวดล้อม มะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏเป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่ ความยาวไม่ต่ำกว่า 45 ซม. และความกว้าง ไม่ต่ำกว่า 20 ซม. โดยเฉพาะการปลูกพันธุ์นี้ในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์จะให้ขนาดผลใหญ่กว่าจังหวัดมหาสารคาม ร้อยเอ็ดและขอนแก่น ตามลำดับ

7. การเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวน

1) เพอร์เซ็นต์การเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวน

เพอร์เซ็นต์การเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนในมะละกอทั้ง 4 จังหวัด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยจังหวัดที่มีเพอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุดคือ จังหวัดมหาสารคาม (60.00 %) รองลงมาคือ จังหวัดกาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และยโสธร ตามลำดับ (61.24 %, 61.13 % และ 61.45 %) (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri and Arimatsu (2010) รายงานว่า การทดลองปลูกมะละกอ 10 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า มะละกอพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ แขนงวล และปากช่อง มีเพอร์เซ็นต์การเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนที่ 92.56 %, 86.00 % และ 85 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri (2004); Janthasri (2010); Janthasri (2007) เปรียบเทียบความทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวนของมะละกอ 5 พันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ทุกสายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์ศรีณรงค์และพันธุ์ศรีราชภูมิมีความทนทานต่อการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนคิดเป็น 91.59 % และ 89.21 % ในขณะที่พันธุ์แขกดำศรีสะเกษ พันธุ์แขนงวล และพันธุ์ท่าพระ มีเพอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ 58.9 %, 63.10 % และ 72.25 % ตามลำดับ ทั้งนี้การเกิด

โรคไวรัสจุดวงแหวนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ พันธุ์สภาพแวดล้อม การจัดการสวนมะละกอ เป็นต้น (Janthasri and Janthasri, 2005)

2) ระดับของการเกิดโรค

ระดับการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนในมะละกอทั้ง 4 จังหวัด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จังหวัดที่มีระดับของการเกิดโรคน้อยที่สุดคือ จังหวัดมหาสารคาม รองลงมาคือ จังหวัดร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ และยโสธร ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri and Arimatsu (2010) ทดลองปลูกมะละกอ 10 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ทุกสายพันธุ์มีระดับของการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มะละกอพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ แขนงวล และปากช่อง มีระดับของการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนที่ 3.56 % 3.44 % และ 3.40 % ตามลำดับ เพอร์เซ็นต์การเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนและระดับของการเกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนสามารถป้องกันได้โดยการดูแลจัดการสวนมะละกอให้สม่ำเสมอ หากพบต้นมะละกอที่เป็นโรคให้รีบทำลายก่อนที่จะมีการระบาดทั่วแปลง (Janthasri, 2007)

Table 1 Number of days to first harvest, number of fruit per plant and fruit weight of papaya age 6 month in 4 area

Area	Number of days to first harvest (day)	Number of fruit per plant (fruit)	Fruit weight per fruit (kg)
Maha Sarakham	110.50ab ^{1/}	321.19a	2.08
Kalasin	152.10a	294.51b	1.94
Roi-Et	151.31a	290.70b	1.82
Yasothon	129.30b	308.54a	1.91
F-test	*	*	ns
C.V. (%)	5.10	3.80	4.23

* = statistically significant difference at 95% confidence level

ns = non significant difference

^{1/} Mean values followed by different superscripts in the same column signify a statistically significant different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Table 2 Flesh thickness, fruit width and fruit length of papaya age 6 month in 4 area

Area	Flesh thickness (cm.)	Fruit width (cm.)	Fruit length (cm.)
Maha Sarakham	2.30ab ^{1/}	15.34	52.16
Kalasin	1.82b	16.32	52.28
Roi-Et	1.89b	16.34	51.99
Yasothon	2.34a	15.30	51.20
F-test	**	ns	ns
C.V. (%)	10.14	7.50	5.20

** = statistically significant difference at 99% confidence level

ns = non significant difference

^{1/} Mean values followed by different superscripts in the same column signify a statistically significant different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Table 3 Prevalence and level of PRSV of papaya age 6 month in 4 area

Area	Prevalence of PRSV ^{1/} (%)	Level of PRSV ^{2/}
Maha Sarakham	60.00c	2.05b
Kalasin	61.24bc	2.14a
Roi-Et	61.13b	2.10ab
Yasothon	61.45a	2.17a
F-test	**	**
C.V. (%)	5.26	3.49

** = statistically significant difference at 99% confidence level

^{1/} % disease prevalence = $\frac{\text{Number of infected plants} \times 100}{\text{Number of plants planted}}$

^{2/} Levels of PRSV in papaya

Level 0 = No symptoms of PRSV

Level 1 = Very mild mottling at only 1-25% of the leaf area. Symptoms of PRSV unclear

Level 2 = Mild or moderate mottling of 26-50% of the leaf area. Small symptoms of PRSV, smooth skin

Level 3 = Mottling of 51-75% of leaf area. Clear symptoms of PRSV

Level 3 = Mottling of 51-75 % of clear symptoms of PRSV

Level 4 = Severe mottling of 75-100% of leaf area. Clear and thorough symptoms of PRSV, Blisters scabbed over, distorted shape of fruit

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคใบจุดวงแหวนของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัดของประเทศไทย ประกอบด้วย จังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ยโสธร และร้อยเอ็ด พบว่า จำนวนวันที่เก็บผลแรก จำนวนผลต่อต้น ความหนาเนื้อผลดิบ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดวงแหวนและระดับของการเป็นโรค มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำหนักผลต่อต้น ความกว้างผลดิบและความยาวของผลดิบ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จังหวัดที่ให้คุณภาพผลผลิตมะละกอที่ดีที่สุดคือ จังหวัดมหาสารคาม โดยมีจำนวนวันที่เก็บผลแรกเร็ว จำนวนผลต่อต้นสูง ความหนาเนื้อผลดิบมาก น้ำหนักผลมากและขนาดผลใหญ่ ในขณะที่ความทนทานต่อโรคใบจุดวงแหวน

ดีที่สุด คือ จังหวัด มหาสารคาม โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและมีระดับของการเป็นโรคต่ำสุด ส่วนจังหวัดยโสธรมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและมีระดับของการเป็นโรคสูงสุด คุณภาพผลผลิต นอกจากขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรมโดยตรงแล้ว สภาพสิ่งแวดล้อมอาจส่งผลทางอ้อมในลักษณะของขนาดผล น้ำหนักผลและปริมาณผลต่อต้น แต่ในส่วนของความทนทานต่อโรคไวรัสใบจุดวงแหวนจะขึ้นกับการจัดการดูแลต้นมะละกออย่างสม่ำเสมอเป็นหลัก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

References

- Agriculture Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 1997 Papaya. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand. (in Thai)
- Asami, M. and R. Michell. 2003. Organic and synthetic fertility amendment influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19:147-160.
- Bricker, A.A. 1989. MSTAT-C User's Guide. Michigan State University.
- Janthasri, R. 2002. Comparison of PRSV resistant papaya cultivars. Faculty of Agriculture research report, Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Janthasri, R. 2004. A study of papaya tolerance to Papaya Ring Spot Virus in Ubon Ratchathani Province. Research Report of the school of Agriculture, Ubon Ratchathani University. 20 p. (in Thai)
- Janthasri, R. 2005. Papaya. Course materials for a course on tropical fruit production of the Horticulture Department, School of Agriculture, Ubon Ratchathani University. 64 p.(in Thai)
- Janthasri, R. 2007. Commercial papaya. First edition. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University Press. (in Thai)
- Janthasri, R. 2010. Effect of organic fertilizer on the growth of papaya in Maha Sarakham Provinces. Bachelor's degree special problems research, School of Agriculture Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai)
- Janthasri, R. and P. Arimatsu. 2010. Situation of papaya production in Kalasin, Roi Et and Maha Sarakham Provinces. Full research report for the Thailand Research Fund. 78p. (in Thai)
- Janthasri, R. and K. Janthasri. 2005. Comparison of papaya cultivars' tolerance to Papaya Ring Spot Virus in Ubon Ratchathani Provinces. *Ubon Ratchathani University Academic Journal* 8(1): 8-19. (in Thai, abstract in English)
- Yimsawat, T. 1992. Papaya. Course materials for a course on tropical fruit production of the Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. (in Thai)

ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน

วนิดา ชัยชนะ*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
จังหวัดนครปฐม 73000

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน ในชุมชนตำบลห้วยหมอนทอง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) ประกอบด้วย 3 ตำรับการทดลอง ตำรับละ 3 ซ้ำดังนี้ 1) ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้ออัตรา 1 กก./ม² 2) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² และ 3) ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² ผลการทดลองพบว่า ผักบุ้งจีนมีความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและน้ำหนักผลผลิต ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่มีแนวโน้มกลุ่มที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้อร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แครอทินอยด์ สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ($P \leq 0.05$) และกลุ่มที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² จะมีปริมาณของเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ผักบุ้งจีน

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: yom2521@yahoo.com

Efficiency of Vermicompost on Growth and Yield of Water Morning Glory (*Ipomoea aquatica* Forsk. Var. reptan)

Vanida Chaichana *

*Department of Crop Production and Technology, Faculty of Science and Technology,
Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand*

Abstract

The objective of this study aimed to investigate the effect of vermicompost on water morning glory production. The experiment was conducted at Huaymonthong subdistrict, Kamphaengsaen district in Nakhon pathom province. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications. The experiment consisted of 3 treatment as followed: 1) broiler manure 1 kg/m² 2) vermicompost 1 kg/m² and 3) broiler manure and vermicompost 1 kg/m². The results showed that there were no significant difference ($P \geq 0.05$) in plant height, leaf length, leaf width, fresh weight, dry weight and yield weight among treatment. However, chemical composition analysis indicated that broiler manure and vermicompost 1 kg/m² gave highest chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids ($P \leq 0.05$), whereas, vermicompost 1 kg/m² gave the highest β -carotene ($P \leq 0.05$).

Keywords: Earthworm, Vermicompost and Water morning glory

* Corresponding author: E-mail: yom2521@yahoo.com

บทนำ

ในปัจจุบันผักปลอดสารพิษเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ในขณะที่ผักเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่ค่อนข้างสูงเพื่อสร้างส่วนต่าง ๆ และเพื่อการเจริญเติบโต เมื่อเกษตรกรทำการปลูกผักอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดิมจึงมีส่วนทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง ในปัจจุบันเกษตรกรจะเพิ่มผลผลิตโดยการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งการใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นทำให้เกิดปัญหาการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมมีการสะสมในดินและน้ำ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์เลี้ยง และสัตว์ในธรรมชาติในที่สุดจะส่งผลให้เกิดการสะสมของสารเคมีในห่วงโซ่อาหาร และทำให้สิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารทุกระดับได้รับผลกระทบ นอกจากนี้ยังทำลายแมลงที่เป็นประโยชน์ในการช่วยกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ ตัวห้ำและตัวเบียน แมลงที่ช่วยผสมเกสร เช่น ผึ้ง เป็นต้น การใช้สารเคมีทางการเกษตรยังเป็นพิษต่อไส้เดือนดินซึ่งเป็นสัตว์ที่ช่วยย่อยสลายเศษซากอินทรีย์วัตถุในดินทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ โปร่งร่วนซุยและอากาศถ่ายเทได้ดี (Srisug, 2013)

ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่นิยมรับประทานกันมากเป็นพืชผักส่งออกที่สำคัญทั้งในรูปผักสด และเมล็ดพันธุ์ตลาดนำเข้าผักบุ้งจีนที่สำคัญ เช่น ฮองกง มาเลเซีย สิงคโปร์ และซาอุดีอาระเบีย เป็นต้น (Department of Agricultural Extension, 2014) แหล่งปลูกผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี และราชบุรี เป็นต้น สำหรับแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเป็นการค้าที่สำคัญ ได้แก่ นครปฐม สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี (Health and Beauty, 2008)

ปกติเศษพืช สัตว์จะเสื่อมสลายตามธรรมชาติแต่การใช้ไส้เดือนดินย่อยสลายช่วยให้กระบวนการเสื่อมสลายเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้สูงกว่าปกติ มูลไส้เดือนดิน (worm casting) ที่ขั้บถ่าย

ออกมาเป็นปุ๋ยอินทรีย์มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ 9.3% ไนโตรเจน 8.3% ฟอสฟอรัส 4.5% โพแทสเซียม 1.0% แคลเซียม 0.4% และ แมกนีเซียม 0.1% มูลไส้เดือนจะแข็งตัวเมื่อถูกอากาศ หลังจากที่ได้ลงไปแปลงปลูกพืชจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์อย่างช้า ๆ และจะช่วยเพิ่มช่องว่างในดิน ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียด มีสีดำออกน้ำตาล โปร่งเบา มีความพรุน ระบายน้ำและอากาศได้ดี มีความจุความชื้นสูงและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (Chaimongkon, 2005)

Payal *et al.* (2006) พบว่า การใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* ย่อยสลายขยะอินทรีย์จากห้องครัวร่วมกับขยะอินทรีย์จากสถานที่ราชการและร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมการเกษตร และกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ปุ๋ยหมักจากมูลไส้เดือนดินที่ได้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ เพิ่มขึ้น 1.4 – 6.5 เท่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในการปลูกพืช จะส่งผลให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นคือทำให้ดินกักเก็บความชื้นได้มากขึ้น มีความโปร่งร่วนซุย รากพืชสามารถชอนไชและแพร่กระจายได้กว้าง ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์บริเวณรากพืชสามารถสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เพิ่มขึ้น (Steven *et al.*, 2007) มีการทดสอบนำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินในการปลูกพืชหลายชนิด Anchalee *et al.* (2012) ทำการศึกษา ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมในสภาพโรงเรือนปลูกพืช โดยใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนสายพันธุ์ *E. eugeniae* และสายพันธุ์ *P. peguana* ในอัตรา 1,000 2,000 และ 4,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน พบว่าดินที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน *E. eugeniae* และ *P. peguana* ทุกอัตราส่วน ทำให้ต้นผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ยกเว้น

ความเข้มข้นของสาร โดยวัสดุปลูกที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน *E. eugeniae* ในอัตรา 2,000 และ 4,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยในด้านความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสโตใบและราก น้ำหนักแห้งใบและรากมากที่สุด Reddy (1988) พบว่า ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima alerandri* ทำให้ต้นแพงพวยและต้นข้าวมีจำนวนดอกเพิ่มมากขึ้น kalantari *et al.* (2010) พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1 ตัน/ไร่ สามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งข้าวโพดได้สูงที่สุด นอกจากนั้นไส้เดือนดินยังกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากพืชทำให้พืชเจริญเติบโตเร็ว และแผ่กิ่งก้านคลุมวัชพืช จึงช่วยลดการแย่งแย่งน้ำและธาตุอาหารของวัชพืชอีกด้วย (Edwards and Bohlen, 1996)

การศึกษาทดลองครั้งนี้เกิดจากการลงพื้นที่ตำบลห้วยหมอนทอง พบว่า การทำเกษตรในพื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงนิยมใช้สารเคมี และปุ๋ยเคมีเพาะปลูกพืชเป็นสำคัญ เกษตรกรที่ผลิตพืชผักอินทรีย์ยังมีจำนวนน้อย ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้มีหลายชนิด เช่น มูลไก่เนื้อ มูลวัว และมูลสุกร เป็นต้น จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มาใช้ทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้อยู่ เพื่อทดลองเปรียบเทียบปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ โดยการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สถานที่ทดลองและแผนการทดลอง

ทำการทดลองในพื้นที่แปลงปลูกพืชของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดอนขุนวิเศษ ตำบลห้วยหมอนทอง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ลักษณะดินเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Series: Ks) ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแบ่งหรือดินร่วน ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนทรายแบ่งหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งหรือ

ดินร่วน ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่ง การระบายน้ำดี วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 ตำรับการทดลอง ตำรับละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้ออัตรา 1 กก./ม² 2) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน อัตรา 1 กก./ม² 3) ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² ทั้งนี้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินได้จากการไส้เดือนด้วยมูลโคนม 100%

2. ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์และในดิน

จากการเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์และดินที่ใช้ในการทดลอง (สุ่มเก็บทั่วแปลง) มาวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม โดยหน่วยวิเคราะห์หิวจันดินพืชและวัสดุเกษตร ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้ผลดัง Table 1 และ 2

Table 1 Chemical composition analysis in organic fertilizer

Type of organic fertilizer	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)
broiler manure	1.23	3.49	0.27
vermicompost	1.17	0.74	0.26

Table 2 Chemical composition analysis in soil

Type of soil	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)
Pre-test	0.15	0.09	0.92
Post –test T1	0.15	0.10	0.80
Post –test T2	0.15	0.15	0.85
Post –test T3	0.15	0.17	0.56

3. การเตรียมแปลงทดลอง

ใช้รถไถเดินตามไถตะ พังไผ่ประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นทำการไถแปร และทำการขุดแปลงย่อยขนาด 1x2 ม. ลึกประมาณ 20 ซม. จำนวน 9 แปลง ตากดินทิ้งไว้ 15 วัน พรวนดินให้เม็ดดินละเอียดทั้งแปลง คลุกเคล้าปุ๋ยอินทรีย์ที่เตรียมไว้ให้ทั่วทั้งแปลง ตามแผนการทดลองที่วางไว้ หวานเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน พันธุ์ใบไข่ เบอร์เซ็นต์ การงอก 85% โดยไม่ต้องทำการแช่น้ำ อัตรา 25 กก./ไร่ รดน้ำ เช้าและเย็น

4. การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน ดังนี้

4.1 ความสูงของลำต้น วัดจากพื้นดินถึงข้อสุดท้ายของยอดใบ เมื่อผักบุ้งมีอายุ 10, 20 และ 30 วันหลังปลูกมีหน่วยเป็นเซนติเมตร โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้น/แปลง

4.2 ความกว้างของใบ วัดตามแนวกว้างของใบช่วงกลางใบ ใบที่ใช้วัดเป็นใบกึ่งแก่จำนวน 2 ใบ/ต้น เมื่อผักบุ้งอายุ 10, 20 และ 30 วันหลังปลูกมีหน่วยเป็นเซนติเมตร โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้น/แปลง

4.3 ความยาวของใบ วัดจากโคนใบถึงปลายใบ ใบที่ใช้วัดเป็นใบกึ่งแก่จำนวน 2 ใบ/ต้น เมื่อผักบุ้งอายุ 10, 20 และ 30 วันหลังปลูกมีหน่วยเป็นเซนติเมตร โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้น/แปลง

4.4 น้ำหนักสด นำต้นผักบุ้งอายุ 30 วันจำนวน 10 ต้น/แปลง ไปชั่งน้ำหนักสดรวมราก มีหน่วยเป็นกรัม

4.5 น้ำหนักแห้ง นำต้นผักบุ้งเมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก จำนวน 10 ต้น/แปลง ไปวางบนตะแกรงลวด ผึ่งให้หมาดในที่ร่มและนำเข้าตู้อบ 80°C นาน 48 ชั่วโมง เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง

4.6 ผลผลิต ทำการถอนต้นผักบุ้งทั้งแปลง ล้างน้ำให้สะอาด นำไปชั่งน้ำหนักสดรวมราก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

5. การวิเคราะห์โภชนาในผัก

ผักบุ้งที่ได้จากการทดลองทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย ไวตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ และเบต้า-แคโรทีน

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

ผลการวิจัย

1. คุณภาพทางเคมีของผักบุ้งจีน

เมื่อผักบุ้งจีนมี อายุ 30 วัน นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าทั้ง 3 ตำรับการทดลอง มีโปรตีน เยื่อใย และไวตามินซี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² มีปริมาณ ไวตามินซีสูงกว่าตำรับอื่นคือ 1.86 mg/100 ml ในส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์พบว่า ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้อร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 1 กก./ม² มีปริมาณสูงที่สุดคือ มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ 65.25 ug/g F.W. คลอโรฟิลล์บี เท่ากับ 20.36 ug/g F.W. และมีแคโรทีนอยด์เท่ากับ 16.02 ug/g F.W. ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า-แคโรทีน พบว่าทั้ง 3 ตำรับการทดลองมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด เท่ากับ 74.13 ug/g F.W. รองลงมาคือตำรับที่ 1 ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้ออัตรา 1 กก./ม² เท่ากับ 62.75 ug/g F.W. และตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้อร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² มีปริมาณ เบต้าแคโรทีนต่ำสุด เท่ากับ 52.32 ug/g F.W. ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Chemical composition analysis on water morning glory in 30 day

Chemical composition	Treatment			F-test	CV (%)
	T1	T2	T3		
Protein (mg/F.W.)	0.22	0.33	0.33	ns	28.89
Fiber (%)	0.75	0.85	0.79	ns	9.06
Vitamin C (mg /100 mL)	1.76	1.86	1.76	ns	27.79
Chlorophyll A (ug /g F.W.)	47.06 ^b	41.09 ^b	65.25 ^a	*	10.11
Chlorophyll B (ug /g F.W.)	13.39 ^b	12.41 ^b	20.36 ^a	*	9.38
Carotenoid (ug /g F.W.)	11.40 ^b	10.42 ^b	16.02 ^a	*	8.09
β – carotene (ug /g F.W.)	62.75 ^{ab}	74.13 ^a	52.32 ^b	*	14.09

Note: broiler manure 1 kg/m² (T1), vermicompost 1 kg/m² (T2), broiler manure and vermicompost 1 kg/m² (T3)

* Means in each row followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$

ns = not significant

2. การเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีนที่อายุ 30 วัน

เก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน หลังสิ้นสุดการทดลองที่ 30 วัน (Fig.1) โดยการถอนต้นผักบุ้งทั้งแปลง ล้างน้ำให้สะอาด นำไปชั่งน้ำหนักสดรวมราก พบว่า ทุกตำรับการทดลองมีน้ำหนักผลผลิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยมีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 31.85, 33.12 และ 35.63 ซม. ตามลำดับความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 2.04, 2.04 และ

2.20 ซม. ตามลำดับ ความยาวใบเฉลี่ย เท่ากับ 13.08, 13.94 และ 14.59 ซม. ตามลำดับ น้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ย เท่ากับ 10.33, 11.67 และ 9.83 ก. ตามลำดับ น้ำหนักแห้งต่อต้น เท่ากับ 0.67, 1.00 และ 0.80 ก. ตามลำดับ และน้ำหนักผลผลิต เท่ากับ 5.90, 5.4 และ 5.00 กก./ม² ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Growth characteristics of water morning glory in 30 day

Treatment	Characteristics of yield					
	plant height (cm)	leaf width (cm)	leaf length (cm)	fresh weight /plant (g)	dry weight /plant (g)	yield weight (kg/m ²)
T1	31.85	2.04	13.08	10.33	0.67	5.90
T2	33.12	2.04	13.94	11.67	1.00	5.40
T3	35.63	2.20	14.59	9.83	0.80	5.00
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.51	7.59	4.86	13.41	37.04	36.96

Note: broiler manure 1 kg/m² (T1), vermicompost 1 kg/m² (T2), broiler manure and vermicompost 1 kg/m² (T3)

ns= not significant

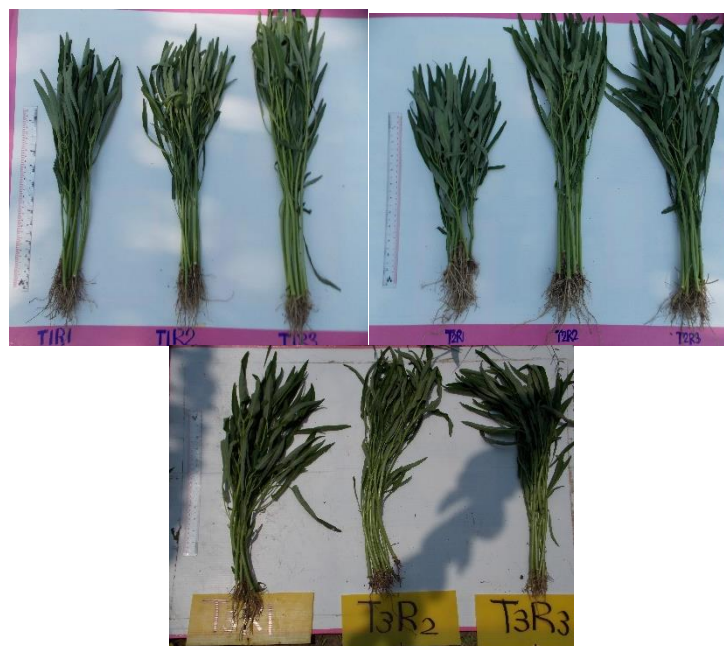


Fig.1 water morning glory at 30 day without broiler manure 1 kg/m² (T1), vermicompost 1 kg/m² (T2) and broiler manure and vermicompost 1 kg/m² (T3)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า ความสูงของลำต้น ความกว้างของใบ ความยาวของใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และผลผลิตรวม ของผักบุ้งจีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่ทั้งนี้พบว่า ความสูงของต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และผลผลิตรวมของผักบุ้งจีนที่มีการใช้มูลไส้เดือนดินในทุกการทดลองมีแนวโน้มที่ดีกว่าการปลูกแบบวิธีของเกษตรกร สอดคล้องกับงานทดลองของ Chittawanij (2011) ทำการทดลองใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักโขมพันธุ์ผัก (*Amaranthus tricolor*) ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) และพริก (*Capsicum annuum*) พบว่า ผักโขมที่ปลูกในปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน สายพันธุ์ *E. euginiae* อัตรา 4,000 กก./ไร่ มีความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางต้น น้ำหนักสดต้นรวมใบ และน้ำหนักแห้งรวมใบมากที่สุด ผักกาดหอมพบว่า ปลูกในดินที่มีปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุด ส่วนพริกพบว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีอัตราการเจริญเติบโต และจำนวนผลผลิตรวมมากที่สุด เช่นเดียวกับ Prado (2013) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ในการปลูกผักกาดขาวปลีให้ความสูงของต้น จำนวนใบ และพื้นที่ใบมากกว่าการใส่ปุ๋ย ยูเรีย Rungreung (2008) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้บางส่วน แต่ไม่สามารถทดแทนได้ทั้งหมด เนื่องจากปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ลงสู่ดิน การที่จะนำปุ๋ยมูลไส้เดือนดินไปใช้ในการปลูกพืชเกษตรกรควรที่จะใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในช่วงแรกของการเพาะปลูกจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตดียิ่งขึ้น ทั้งนี้การที่พืชปลูกด้วยมูลไส้เดือนดินให้ลักษณะที่ดีกว่าการปลูกด้วยวัสดุชนิดอื่นอาจมีผลมาจากมูลไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์อยู่หลากหลายชนิดมากกว่าที่พบในปุ๋ยหมักธรรมดาได้แก่แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท เชื้อรา โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่ม cellulose-degrading รวมถึงมีสารฮอร์โมนสำคัญ

เพื่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น indole acetic acid (IAA) ซึ่งฮอร์โมนพืชเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช และนอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นจำนวนมาก (PGRs) ที่ช่วยส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหารและส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโต (Atiyeh *et al.*, 2001) กรดฮิวมิกซึ่งเป็นตัวกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกเก็บอยู่ใน โมเลกุลของกรดฮิวมิก อยู่ในรูปพร้อมใช้ และจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อพืชต้องการ รวมถึงสารออกซิน (auxins) ในมูลของไส้เดือนดิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเกิดราก ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วขึ้น พืชที่เจริญเติบโตในสภาพที่มีไส้เดือนดินจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 30% อีกทั้งในมูลไส้เดือนดินจะพบไคเนติน (kinetins) จิเบอเรลลิน (giberellin) และไซโตไคนิน (cytokinin) ซึ่งสารดังกล่าวเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสิ้น เช่น กระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์พืช ทำให้รากรับอาหารไปใช้ ควบคุมความยาวของเซลล์และแม้กระทั่งทำหน้าที่เป็นสารต้านการแก่ตัวของพืชไม่ให้น่าเบื่อ (Office of Agricultural Standards and National Food, 2012) ในส่วนของคุณภาพทางเคมีของผักบุ้งจีน พบว่า คุณภาพทางเคมีของผักบุ้งจีนแต่ละกลุ่มการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของผักและผลไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพลดลงอยู่ตลอดเวลา ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง อัตราการคายน้ำ ระยะเวลาในการเก็บรักษา เป็นต้น ในผักใบเขียวจะมีปริมาณโปรตีนอยู่น้อย 1-2% (Siripanich, 2003) ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการศึกษาไปเผยแพร่ อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนถึงปัญหาการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมทุกตำรับการทดลองจะให้ผลผลิตที่สูงแต่ยังไม่ดีเท่าการปลูกแบบเกษตรกรที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วม อีกทั้งพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินยังมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าการปลูกแบบเกษตรกรเนื่องจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีราคากิโลกรัมละ 30 – 40 บาท ดังนั้นหากเกษตรกรจะใช้ปุ๋ย

หมักมูลไส้เดือนดินเพื่อลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี เกษตรกรควรเลี้ยงไส้เดือนดินไว้ใช้งานเองทั้งนี้เพื่อลดปัญหาขยะอินทรีย์และลดต้นทุนการซื้อปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน พบว่า ผักบุ้งจีนมีความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและน้ำหนักผลผลิต ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มกลุ่มที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เนื้อร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แครอทินอยด์ สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น

และกลุ่มที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินอัตรา 1 กก./ม² จะมีปริมาณของเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสามารถใช้กับพืชอายุสั้นได้เพราะปุ๋ยจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- Anchalee, J., Apisit, C., and Somchai, C. 2012. The effects of Vermicomposts from 2 Genus of Earthworm on Growth and Yield of Iceberg Lettuce. Thai J. Sci. Technol. 1 (1): 19-24. (in Thai)
- Atiyeh, R.M., Edwards, C. A., Subler, S., and Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresource Technol. 78(1):11-20.
- Chaimongkon, N. 2005. Vermiculture [online]. [Accessed July 15, 2014]. Available from: URL: <http://www.vegetweb.com/wp-content/download/earthworm.pdf>.
- Chittawanij, A. 2011. The Effects of Bedding Materials and Feeds on the Growth of Earthworms and the effect of Application Vermicompost on the Growth and Yield of Vegetable Amaranth (*Amaranthus tricolor*) Lettuce (*Lactuca sativa*) and Hot pepper (*Capsicum annum*). M.Sc. Thesis in Sustainable Agriculture, Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University. 189 pp. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. 2014. Water morning glory [online]. [Accessed December 15, 2014]. Available from: URL: chiangkhan.roiet.doe.go.th/data2/jjj007.pdf.
- Edwards, C. A. and Bohlen, P. J. 1996. Biology and ecology of earthworms. 3rd ed. Chapman and Hall, London.
- Health & Beauty. 2008. Beta-carotene? [online]. [Accessed July 2, 2014]. Available from: URL: <http://teen-beauty.blogspot.com/>.

- Kalantari S., Hatami S., Ardalani M.M., Alikhani H. A. and Shorafa M. 2010. The effect of compost and vermicompost of yard leaf manure on growth of corn. *Afr. J. Agric. Res.* 5 (11): 1317-1323.
- Office of Agricultural Standards and National Food. 2012. Worm manure is not a mess [online]. [Accessed July 13, 2014]. Available from: URL: <http://www.acfs.go.th/warning/viewKnowledge.php?id=37>.
- Payal, G., Gupta, A., and Satya, S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida* a comparative study. *Biores. Technol.* 97: 391-395.
- Prado, A.J. 2013. Effect of organic fertilizer on the growth performance of Brassica rapa under La Union, Philippines [online]. [Accessed April 2, 2018]. Available from: URL: <http://eisrjc.com/journalsabstract.html?id=10stat=2&vol=5&issue=4>.
- Reddy, M.V. 1988. The effect of casts of *Pheretima alexandri* on the growth of *Vinca rosea* and *Oryza sativa*. In: *Earthworms in Environmental and Waste Management*, (Edwards, C.A. and E.F. Neuhauser (Eds.), SPB Bakker, Netherlands. pp. 241-248.
- Rungreung, D. 2008. Production of organic fertilizers from Human Feces under European Union Regulation in Combination with Earthworms. M.Sc. Thesis Science in Soil Science, Maejo University. 201 pp. (in Thai)
- Siripanich, J. 2003. Physiology and technology after harvesting fruits and vegetables. 5th edition. Publisher Kasetsart University: Bangkok: 396 pp.
- Srisug, S. 2013. Impact of using agricultural chemicals of Thailand [online]. [Accessed April 24, 2018]. Available from: URL: http://library.senate.go.th/document/Ext6409/6409657_0002.PDF.
- Steven, J., Fonte, Y. Y., Kong A., Kesset, C. V., Paul, F. T., and Johan, S. 2007. Influence of earthworm activity on aggregate-associated carbon and nitrogen dynamics differs with agroecosystem management. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1014-1022.

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์ที่พบในเขตจังหวัดมหาสารคามและ จังหวัดใกล้เคียงที่อายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน

ธีระรัตน์ ชินแสน^{1*} สำราญ พิมราช², นภาพร เวชกามา², เกศจิตต์ ขามคุลา² และ
สมชาย ชคตระการ³

¹ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

²คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดใกล้เคียงเป็นแหล่งผลิตข้าวหอมหรือข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีชื่อเสียง อย่างไรก็ตาม นอกจากการเพาะปลูกพันธุ์ข้าวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจแล้วในพื้นที่ดังกล่าวยังสามารถพบการเพาะปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรหรือชุมชนบางกลุ่ม ทั้งนี้ การศึกษาด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังมีอย่างจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้รวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเพื่อศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อายุ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ภายใต้สภาพควบคุมอุณหภูมิ (4 - 7°C) และสภาพเปิด (ที่อุณหภูมิห้อง 25 - 35°C) โดยเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมือง 10 พันธุ์ ได้แก่ กุเมืองหลวง กอเตียว โสมมาลี ข้าวดอก เจ้าแดง เหลืองกำเม็ด สัมพันธ์แดง หอมนางนวล กำคำเตี้ย และ ผาแดง และพันธุ์เปรียบเทียบกับที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ กข 6 และข้าวดอกมะลิ 105 จากการศึกษพบว่า คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เปรียบเทียบกับที่อายุการเก็บรักษาต่างกันมีความงอก (เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นพันธุ์กุเมืองหลวงและกำคำเตี้ยที่มีความงอกเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น โดยที่อายุ 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว มีความงอกระหว่าง 71.00 - 72.50% และ 61.50 - 62.50% ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเป็น 96.50 - 97.50% และ 95.00 - 97.50% ตามลำดับ ที่อายุ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับเวลาเฉลี่ยในการงอกและดัชนีความงอกที่มีลักษณะดีขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อายุการเก็บรักษา 10 หรือ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว โดยช่วงเวลาดังกล่าวอาจมีผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวคลายการพักตัวตามธรรมชาติ ทั้งนี้ ยังสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์ได้ในสภาพเปิด (ที่อุณหภูมิห้อง) ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ: ความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก ดัชนีความงอก และ สภาพเปิด

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

A Quality of Local Rice Seed Varieties in Maha Sarakham Province and Neighboring Provinces at Different Storability

Theerarat Chinnasaen^{1*} Sumran Pimrach², Naphaporn Wetchakama²,
Ketjit Kamkula² and Somchai Chakatrakarn³

¹*Khon Kaen Field Crops Research Center, Muang, Khon Kaen 40000, Thailand*

²*Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand*

³*Faculty of Science and Technology, Thammasat University Rangsit Campus, Klong Luang, Pathumthani 12121, Thailand*

Abstract

Maha Sarakham Province and neighboring Provinces are the famous jasmine rice or KDML 105 production area. In addition, not only the farmers have been cultivated economics rice seed varieties but also local rice seed varieties are still importance for farmer or some community. However, at this time the studies of seed quality of local rice seed varieties were limited, thus this study was collected the local rice seed varieties to evaluate the seed quality at 2, 4, 6, 8, 10 or 12 months after harvested under controlled condition (4 - 7°C) and ambient condition or room temperature (25 - 35°C), Ten varieties of local rice seed were Ku Muang Luang, Kore Deaw, Som Ma Lee, Kaw Dore, Chao Deang, Leaung Kum Mad, Sum Pun Deang, Hom Nang Nuan, Kum Dum Tia, and Pha Deang involving comparative varieties; RD 6 and KDML 105 those used in this study. The results showed that the germination percentage of local rice seed varieties were similar to comparative varieties except for Ku Muang Luang and Kum Dum Tia which germination percentage tend to increase when storage period was extensive, as 2 months after harvested, the germination percentage was 71.00 - 72.50% and 61.50 - 62.50%, respectively and presented as 96.50 - 97.50% and 95.00 - 97.50%, respectively at 12 months after harvested. While mean germination time (MGT) and germination index (GI) were provided good aspect when storage time was extensive also, especially storability for 10 or 12 months those released the after - ripening of rice seed. Furthermore, storability under open condition or ambient condition was not affected on the quality of local rice seed varieties and RD 6 or KDML 105 seed.

Keywords: Germination, Mean germination time, Germination index and Open condition

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

บทนำ

ข้าวถือเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีความสำคัญทั้งด้านการส่งออกหรือการบริโภคภายในประเทศเนื่องจากคนไทยรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก ด้านการเพาะปลูกประเทศไทยสามารถเพาะปลูกข้าวได้ทั่วทุกภูมิภาคและแหล่งผลิตข้าวที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง เช่น เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น และกาฬสินธุ์ เป็นต้น โดยเขตพื้นที่ดังกล่าวถือเป็นแหล่งผลิตข้าวเจ้าหอมมะลิที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบการเพาะปลูกข้าวพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ เช่น ข้าวกำแพง ข้าวหอมนางนวล และข้าวตอ เป็นต้น ทั้งการทำนาปีและนาปรัง รวมถึงข้าวพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ ที่สามารถพบได้ เช่น ข้าวเก่า ข้าวปลาซิว ข้าวเจ้าแตก ข้าวเหนียวแดง ข้าวป่องแก้ว ข้าวขาวกลาง ข้าวเจ้าลอย ข้าวขี้ต้ม และข้าวอีตาง เป็นต้น (Pranee *et al.*, 2013) โดยข้าวพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่ที่เพาะปลูกนั้นเป็นพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาหลายชั่วอายุคนจึงทำให้ได้พันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานต่อโรคและแมลงประจำถิ่น รวมถึงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นนั้นๆ ได้ดี หรือพันธุ์ข้าวพื้นเมืองบางพันธุ์อุดมด้วยคุณค่าและประโยชน์ทางโภชนาการ เช่น Pimratch *et al.* (2015) รายงานว่า ข้าวเจ้าแดงมีปริมาณสารกาบาสูงกว่าข้าวพื้นเมืองพันธุ์อื่นๆ ที่ทำการศึกษเปรียบเทียบกัน โดยมีค่าเท่ากับ 59.17 มก./100 ก. ขณะที่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี DPPH พบมากในข้าวเจ้าส้มพันธุ์แดง ข้าวเจ้าโสมมาลี และข้าวเจ้าแดง ตามลำดับ

ทั้งนี้ เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่เพาะปลูกและขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ดังนั้น เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดีมีคุณภาพสูง เช่น มีความงอกและความแข็งแรงสูง ปราศจากโรคและแมลงเข้าทำลาย และปราศจากสิ่งเจือปน เป็นต้น จึงเป็นที่ต้องการของเกษตรกรหรือผู้เพาะปลูกโดยทั่วไปเพราะการเพาะปลูกข้าวด้วยเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 5 - 20% (IRRI, 2013) อย่างไรก็ตาม การ

เพาะปลูกข้าวส่วนใหญ่นิยมเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เพื่อใช้เพาะปลูกในฤดูปลูกต่อไป Siri (2015) กล่าวว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการลดอัตราการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์กระทั่งนำเมล็ดพันธุ์ไปใช้เพื่อการเพาะปลูกต่อไป การเก็บรักษาที่ดีจะช่วยรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้คงคุณลักษณะที่ดีต่างๆ ไว้ได้ ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์จึงมีบทบาทสำคัญต่อการคงคุณภาพหรืออายุขัยของเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปแล้ว การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ (1) การเก็บรักษาแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (open storage) เป็นการเก็บรักษาเพื่อรอการขนส่งเมล็ดพันธุ์ไปยังแหล่งอื่นๆ การเก็บเพื่อรอจำหน่าย หรือเก็บเพื่อรอการเพาะปลูกในฤดูกาลต่อไป และ (2) การเก็บรักษาแบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (control condition storage) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ลักษณะนี้จะควบคุมสภาพห้องเก็บเมล็ดพันธุ์ให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ นิยมใช้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพเร็วและมีมูลค่าสูงหรือต้องการเก็บรักษาเป็นเวลานาน หรือมีคุณค่าเชิงพาณิชย์ สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว Gunyamee and Prasertsak (2014) รายงานว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข 14 ในกระสอบพลาสติกสานภายใต้สภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (ที่อุณหภูมิห้อง) มีผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวสามารถคงความงอกไม่ต่ำกว่า 80% ที่อายุการเก็บรักษานาน 6 เดือน ขณะเดียวกัน ระยะเวลาเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชที่ยาวนานขึ้นอาจมีส่วนช่วยให้เมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิดคลายการพักตัวตามธรรมชาติหรือการพักตัวหลังการเก็บเกี่ยว (after - ripening) รวมถึงเมล็ดพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวพันธุ์ Jiucaiqing (*Oryza sativa* L. subsp. japonica) คลายการพักตัวหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีความงอกมากกว่า 95% (Du *et al.*, 2015)

จากความนิยมเพาะปลูกพันธุ์ข้าวที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจตามที่รัฐบาลสนับสนุนมากเกินไป เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กข 6 และชัยนาท 1 เป็นต้น อาจมีผลให้

พันธุ์ข้าวพื้นเมืองอาจสูญพันธุ์ไปได้ โดยจากการศึกษาของ Praneet *et al.* (2013) พบว่า ชุมชนบ้านบ่อน้อย อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตจากการผลิตโดยอาศัยปัจจัยการผลิตที่มีภายในท้องถิ่นหรือทำกิจกรรมแบบ “ไทบ้าน” ได้เปลี่ยนแปลงมาเป็นกิจกรรมแบบพาณิชย์ที่อาศัยปัจจัยการผลิตจากภายนอก รวมถึงการเข้ามาของพันธุ์ข้าวสายพันธุ์ใหม่ที่มาแทนที่ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เคยเพาะปลูกในอดีต อย่างไรก็ตาม พันธุ์ข้าวพื้นเมืองยังคงมีความสำคัญต่อเกษตรกรในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถเข้าถึงเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ภาครัฐให้การส่งเสริมหรือในพื้นที่เพาะปลูกที่มีความเสี่ยงที่จะประสบภัยพิบัติทางธรรมชาติ รวมถึงเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองอาจมีการเก็บรักษาเพื่อใช้ในการเพาะปลูกที่แตกต่างกันออกไปซึ่งมีผลต่อระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์โดยเกษตรกรในลำดับต่อไป ขณะเดียวกันที่การศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังมีอย่างจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพักตัวตามธรรมชาติและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์ที่พบในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดใกล้เคียงโดยเก็บรักษาภายใต้สภาพการควบคุมอุณหภูมิและที่อุณหภูมิห้อง (สภาพเปิด) ที่อายุการเก็บรักษาแตกต่างกันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกหรือเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การรวบรวมและการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

รวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากแหล่งต่างๆ ในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และจังหวัดใกล้เคียงอื่นๆ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่รวบรวมได้มีจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ กุ้งเมือง หลวง กอเดียว โสมมาลี ข้าวดอก เจ้าแดง เหลืองกำแมด ส้มพันธุ์แดง หอมนางนวล กำดำเตี้ย และผาแดง จากนั้นดำเนินการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 10 พันธุ์ ที่รวบรวม

ได้และพันธุ์ข้าวที่นิยมเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ กข 6 และ ขาวดอกมะลิ 105 ในดินร่วนปนทราย (sandy loam) (Table 1) ที่บรรจุในบล็อกซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. โดยใช้ระยะปลูก 20 x 20 ซม. ปลูกหลุมละ 3-5 เมล็ด หลังจากข้าวงอกอายุ 7 วัน ทำการถอนให้เหลือ 1 ต้น/หลุม เมื่อต้นข้าวอายุได้ 15 วัน หลังงอก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 30 กก./ไร่ และเมื่อข้าวอายุได้ 60 วัน หลังงอก (ก่อนข้าวออกดอก) ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ กำจัดวัชพืชโดยใช้มือถอนอย่างสม่ำเสมอ และจัดการการให้น้ำแต่ละแปลงย่อยอย่างสม่ำเสมอด้วยเช่นกัน เมื่อข้าวเริ่มแตกกอรักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 10-15 ซม. จนถึงระยะที่ข้าวสุกแก่แล้วจึงงดการให้น้ำ (Duangkumjan *et al.*, 2013) ดำเนินการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ต่างๆ ตามอายุการเกี่ยวที่แตกต่างกัน ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยการผึ่งแดดโดยตรง (sun drying) กระทั่งมีความชื้นใกล้เคียงกันประมาณ 9 - 10% (IRRI, 2013) แล้วนำไปทดสอบคุณภาพที่อายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

Table 1 Properties of sandy loam

Property	Analytical value
Physical property	
Sand, %	65.85
Silt, %	32.02
Clay, %	2.13
Textural class	Sandy loam
Chemical property	
pH	6.42
Electrical conductivity (EC), dS/cm	0.056
Cation exchange capacity (CEC), c mol/kg	25.61
Organic matter (OM), %	1.20
Total N, %	0.048
Available P, mg/kg	13.25
Exchangeable K, mg/kg	49.37
Exchangeable Ca, mg/kg	130.52

2. การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน

เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ต่างๆ (Fig. 1) ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนภายใต้สภาพการควบคุมอุณหภูมิ (4 - 7 องศาเซลเซียส) และภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง (25 - 35 องศาเซลเซียส) ที่อายุการเก็บรักษานาน 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว โดยคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดำเนินการศึกษา ได้แก่

2.1 ความงอก (Standard germination) ทดสอบความงอกโดยเพาะเมล็ดแบบ between paper จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด (ตามข้อจำกัดของจำนวนเมล็ดพันธุ์) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ประเมินความงอกครั้งแรก (first count) 5 วันหลังเพาะเมล็ด และครั้งสุดท้าย (final count) 14 วันหลังเพาะเมล็ด (ดัดแปลงจาก ISTA, 2009) จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอกดังสูตร (1)

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100 \dots (1)$$

2.2 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT) ดำเนินการโดยเพาะเมล็ดเช่นเดียวกับวิธีทดสอบความงอกมาตรฐาน ตรวจนับต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน เป็นเวลา 14 วัน (ดัดแปลงจาก ISTA, 2009) นำข้อมูลมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอก จากสูตร (2) (Ellis and Roberts, 1980)

$$\text{MGT (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \dots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}} \dots (2)$$

เมื่อ $G_1, 2, \dots, n$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n ($n = 14$)

$D_1, 2, \dots, n$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n ($n = 14$) หลังจากวันเพาะเมล็ด

2.3 ดัชนีความงอก (Germination index; GI) ดำเนินการโดยเพาะเมล็ดเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน แต่จะตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวันหลังเพาะเมล็ด เป็นเวลา 14 วัน (ดัดแปลงจาก ISTA, 2009) แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกจากสูตร (3) (AOSA, 2002)

$$\text{ดัชนีความงอก (GI)} = \text{ผลรวมของ} \left[\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}} \right] \dots (3)$$

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างระยะเวลาเก็บรักษาและระหว่างสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกันภายในพันธุ์เดียวกันด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

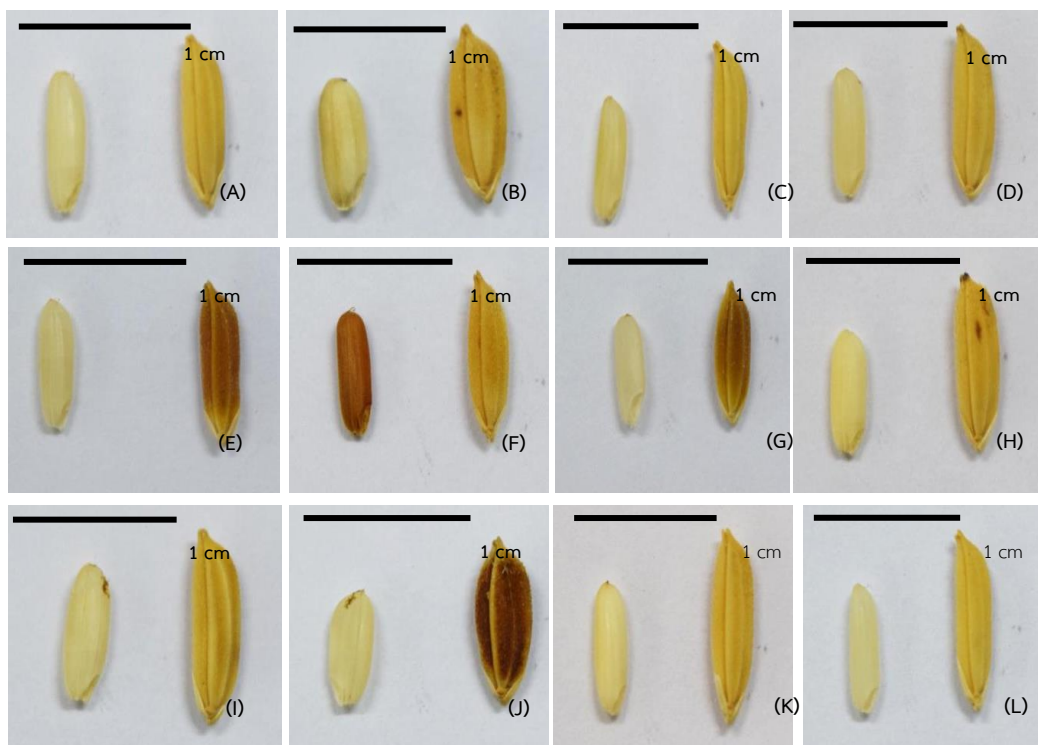


Fig. 1 Rice Seed with Hull and without Hull (dehulled) of Ku Muang Luang (A), Kore Deaw (B), Som Ma Lee (C), Kaw Dore (D), Chao Deang (E), Leaug Kum Mad (F), Sum Pun Deang (G), Hom Nang Nuan (H), Kum Dum Tia (I), Pha Deang (J), RD 6 (K), and KDML 105 (L)

ผลการวิจัย

1. ความงอก

ทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เศรษฐกิจ (พันธุ์เปรียบเทียบ) ที่อายุการเก็บรักษา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว จากการศึกษพบว่า อายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลวงและหอมนางนวลที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและสภาพอุณหภูมิห้องมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลวงที่เก็บ

รักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิมีค่า 71.00% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่อายุ 6 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (91.50%) และมีความงอกสูงสุดที่ 97.50% ที่อายุการเก็บรักษานาน 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลวงที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง ที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยวมีค่า 72.50% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่อายุ 4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (94.50%) จนถึงอายุ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (96.50%) เช่นเดียวกับเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์หอมนางนวลที่เก็บรักษานาน 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว มีความงอกเพียง 62.50% และ 61.50% เมื่อเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและสภาพอุณหภูมิห้อง

ตามลำดับ และที่อายุการเก็บรักษาตั้ง 4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยวเป็นต้นไป ความงอกมีค่าสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 80.50 - 84.50% และ 80.00 - 83.50% เมื่อเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและสภาพอุณหภูมิห้อง ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพอุณหภูมิห้องมีผลให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์โสมมาลีและก่ำดำเตี้ยมีความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ โดยการเก็บรักษานาน 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอก 90.00% และ 91.50% ตามลำดับ จากนั้น ที่อายุการเก็บรักษานาน 4 เดือนขึ้นไป ความงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์โสมมาลีมีความงอกระหว่าง 96.00 - 98.50% และข้าวพันธุ์ก่ำดำเตี้ยมีความงอกระหว่าง 94.00 - 97.50% ขณะที่ความงอกของพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น แต่สำหรับข้าวพันธุ์เจ้าแดงกลับมีค่าลดลง โดยที่อายุ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว มีความงอกเท่ากับ 92.00% ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอายุการเก็บรักษาระหว่าง 2 - 10 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีความงอกระหว่าง 97.00 - 98.50%

อย่างไรก็ตาม พบว่า อายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ข้าวดอกส้มพันธุ์แดง ผาแดง และ กข 6 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและสภาพอุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ พบว่า ที่อายุการเก็บรักษาเดียวกันแต่สภาพการเก็บรักษาต่างกันมีผลให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ พันธุ์กุเมืองหลวง ข้าวดอก เหลืองกำแมด ส้มพันธุ์แดง หอมนางนวล ก่ำดำเตี้ย ผาแดง และ กข 6 (Table 2)

2. เวลาเฉลี่ยในการงอก

เวลาเฉลี่ยในการงอกแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการงอก โดยหากเวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าน้อยแสดงว่าเมล็ด

พันธุ์นั้นสามารถงอกได้เร็วและมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจากการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ พบว่า อายุการเก็บรักษามีผลให้ข้าวทุกพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและสภาพอุณหภูมิห้องมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเวลาเฉลี่ยในการงอกมีแนวโน้มลดลงหรือกล่าวคือ ข้าวสามารถงอกได้เร็วยิ่งขึ้นเมื่อเก็บรักษายาวนานขึ้น ทั้งนี้ พันธุ์ข้าวส่วนใหญ่สามารถงอกได้เร็วหรือมีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุดที่อายุการเก็บรักษานาน 10 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ข้าวพันธุ์กอดีวมีเวลาเฉลี่ยในการงอกที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 8 - 9 วัน แต่ที่อายุการเก็บรักษาระหว่าง 10 - 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าเวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าลดลงโดยมีค่า ระหว่าง 6 - 7 วัน เท่านั้น หรือสามารถงอกได้เร็วขึ้นประมาณ 1 - 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับที่อายุการเก็บรักษานาน 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ก่ำดำเตี้ยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 8 - 9 วัน ที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว และที่อายุการเก็บรักษา 10 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าประมาณ 6 - 7 วัน หรือเมล็ดพันธุ์ข้าวสามารถงอกได้เร็วขึ้นประมาณ 1 - 3 วัน รวมถึงเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ผาแดงมีค่าประมาณ 9 วัน ที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว และสามารถงอกได้เร็วที่สุด (6 - 7 วัน) ที่อายุ 10 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว

นอกจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองสามารถงอกได้เร็วขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 10 เดือน แล้ว เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข 6 และข้าวดอกมะลิ 105 ยังมีเวลาเฉลี่ยในการงอกในลักษณะเดียวกันด้วยเช่นกัน โดยทั้งสองพันธุ์สามารถงอกได้เร็วขึ้นประมาณ 2 วัน

ขณะที่ ที่อายุการเก็บรักษาเท่ากันแต่อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต่างกัน พบว่า เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และในกรณีที่เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อุณหภูมิห้องทำให้ข้าวสามารถงอกได้เร็วกว่าการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ เช่น ข้าวพันธุ์กุดเดียว ที่อายุการเก็บรักษานาน 2, 8 และ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (Table 3)

3. ดัชนีความงอก

ดัชนีความงอกหรือความเร็วในการงอกแสดงถึงความแข็งแรงของเมล็ดที่สามารถงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ โดยค่าดัชนีความงอกมีค่าสูงเท่าใดย่อมแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์นั้นมีความแข็งแรงสูง โดยจากการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ (กข 6 และ ขาวดอกมะลิ 105) พบว่าค่าดัชนีความงอกสอดคล้องกับเวลาเฉลี่ยในการงอก โดยดัชนีความงอกของข้าวทุกพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่ออายุการเก็บรักษาต่างกัน (ในทุกสภาพการเก็บรักษา) ทั้งนี้ ค่าดัชนีความงอกของข้าวทุกพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น และมีค่าสูงสุดที่อายุการเก็บรักษา 10 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ในทุกสภาพการเก็บรักษาซึ่งพันธุ์ข้าวดังกล่าว ได้แก่ โสมมาลี (6.60 - 6.77) ข้าวตอ (6.96 - 7.08) เจ้าแดง (6.84 - 7.65) เหลืองกำแมด (6.76 - 7.19) สัมพันธ์แดง (6.85 - 7.56) หอมนางนวล (6.17 - 6.30) กำด่าเตี้ย (7.40 - 7.75) ผาแดง (6.88 - 7.77) กข 6 (6.52 - 6.94) และขาวดอกมะลิ 105 (6.89 - 7.06) ขณะที่ การเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันแต่ที่อายุการเก็บรักษาเดียวกันมีผลให้ค่าดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และในกรณีที่มีค่าดัชนีความงอกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติหรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุการเก็บรักษาเท่ากันแต่อุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการเก็บรักษาต่างกัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าดัชนีความงอกสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ เช่น ข้าวพันธุ์กำด่าเตี้ย ที่อายุ 8 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ดัชนีความงอกมีค่า 6.90 และ 6.25 ตามลำดับ และที่อายุ 12 เดือนหลัง

การเก็บเกี่ยว ค่าดัชนีความงอกมีค่า 7.33 และ 6.37 ตามลำดับ เป็นต้น (Table 4)

วิจารณ์ผลการวิจัย

พันธุ์ข้าวที่ต่างกันมีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน เนื่องจากผลของการควบคุมลักษณะปรากฏ (phenotype) โดยคุณภาพทางพันธุกรรม (genetic quality) (Siri, 2015) หรืออาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในเมล็ดพันธุ์ที่แม้จะเป็นเมล็ดพันธุ์พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์ เมล็ดพันธุ์เหล่านั้นย่อมมีลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ที่ต่างกันจึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ดังกล่าวมีคุณภาพแตกต่างกัน (Benech-Arnold and Sanchez, 2004) สอดคล้องกับการศึกษาของ Veasey *et al.* (2004) ที่ได้ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว (*Oryza sativa*) ทันทีภายหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยพบว่า ข้าวพันธุ์ “Maravilha” มีความงอก 66% ขณะที่พันธุ์ “Rio Verde” มีความงอกต่ำมากหรือมีความงอกน้อยกว่า 10%

ทั้งนี้ เนื่องจากข้าวบางพันธุ์อาจแสดงการพักตัวตามธรรมชาติ หรือการพักตัวหลังการเก็บเกี่ยว (after-ripening) กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์จะมีความงอกต่ำหรือไม่สามารถงอกได้ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งภายหลังจากการเก็บเกี่ยว เพราะอาจมีสาเหตุจากลักษณะทางกายภาพของส่วนห่อหุ้มเมล็ดหรือส่วนห่อหุ้มต้นอ่อนขัดขวางการเข้าออกของก๊าซออกซิเจนระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตาม การพักตัวจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหรือภายหลังจากการเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาหนึ่ง (Benech-Arnold and Sanchez, 2004) ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ยาวนานขึ้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำให้ข้าวพันธุ์กุ่มเมืองหลวงและหอมนางนวลลดการพักตัวที่อายุประมาณ 4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว หรือกล่าวคือ ข้าวพันธุ์กุ่มเมืองหลวงและหอมนางนวลมีการพักตัวหลังการเก็บเกี่ยว (Table 2) ทั้งนี้ Prasertsak (2008) ได้รายงานว่าการพักตัวของข้าวพันธุ์

รับรอง จำนวน 52 พันธุ์ พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีระยะ คลายการพักตัวที่จำเพาะเจาะจงต่อพันธุ์ข้าวอื่นๆ เช่น กข 6 นาน 5 สัปดาห์ ขาวดอกมะลิ 105 นาน 8 สัปดาห์ และ สันป่าตอง 1 นาน 8 สัปดาห์ เป็นต้น ขณะที่ Veasey *et al.* (2004) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ “Maravilha” และ พันธุ์ “Rio Verde” คลายการพักตัวที่อายุ 2 เดือน หรือ 60 วันหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั้งสองพันธุ์มีความงอกมากกว่า 90%

อย่างไรก็ตาม พบว่า สามารถเก็บรักษาพันธุ์ข้าวทั้ง พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เปรียบเทียบกับในสภาพเปิด (ไม่ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) ได้โดยส่งผล กระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพียงเล็กน้อยอาจเนื่องมาจาก ข้าว (*O. sativa*) เป็นพืชที่สามารถเก็บรักษาได้ดี (good storage) ภายใต้สภาพแวดล้อมทั่วไป เช่นเดียวกับข้าว สาลี (wheat) หรือข้าวบาเลย์ (barley) (Hill, 1999) รวมถึงพันธุ์ข้าวที่นำมาศึกษาครั้งนี้ทั้งพันธุ์พื้นเมืองและ พันธุ์เปรียบเทียบกับเป็นข้าว (*O. sativa*) ในกลุ่มอินดิกา (indica) ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือถูกพัฒนาพันธุ์เพื่อ ใช้สำหรับการเพาะปลูกในเขตร้อน (Chongkid, 2014) จึงอาจทำให้การเก็บรักษาในสภาพเปิด (ที่อุณหภูมิห้อง) ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวหรืออาจ ช่วยให้พันธุ์ข้าวบางพันธุ์มีคุณภาพดีกว่าการเก็บรักษาใน สภาพควบคุมอุณหภูมิด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ Siri (2015) รายงานว่า เมล็ดที่มีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบมาก เช่น ข้าว ข้าวโพด และข้าวฟ่าง เป็นต้น สามารถเก็บ รักษาได้ยาวนานกว่าเมล็ดที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น น้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และทานตะวัน เป็นต้น

ขณะเดียวกัน ที่อายุ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีคุณภาพด้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ มีอายุเก็บรักษานาน 10 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (ในทุก สภาพการเก็บรักษา) โดยลักษณะดังกล่าวอาจเป็นผล สืบเนื่องจากการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Seed deterioration) ที่เริ่มขึ้นภายหลังระยะแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological Maturity; PM) ตั้งแต่อายุบนต้นแม่หรือ

ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอการเพาะปลูกในฤดูต่อไป (Jyoti and Malik, 2013) ดังนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่จึง นิยมเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อใช้เพาะปลูกในฤดูต่อไป ด้วยการเก็บเกี่ยวข้าวในช่วงปลายเดือนตุลาคม - ปลาย เดือนธันวาคม (แตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว) เพื่อใช้เพาะปลูก ในช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายนของฤดูปลูกต่อไป (สำหรับการเพาะปลูกข้าวนาปี)

สรุปผลการวิจัย

เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ภูมิเมืองหลวงและหอมนางนวล แสดงลักษณะการพักตัวหลังการเก็บเกี่ยวและคลายการพัก ตัวเมื่อเก็บรักษานานประมาณ 4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้น เพื่อให้การเพาะปลูกข้าวพันธุ์ดังกล่าวประสบ ความสำเร็จ เกษตรกรหรือผู้เพาะปลูกควรเลือกใช้พันธุ์ ข้าวที่คลายการพักตัวแล้วตามช่วงอายุการเก็บรักษาที่ กล่าวมาแล้วข้างต้น ขณะที่ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เปรียบเทียบกับที่อายุการเก็บรักษา ต่างกันมีเปอร์เซ็นต์ความงอกใกล้เคียงกันตลอดอายุการ เก็บรักษา สำหรับเวลาเฉลี่ยในการงอกและดัชนีความ งอกที่บ่งชี้ถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีลักษณะที่ ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อายุการเก็บรักษานาน 10 หรือ 12 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจเป็นผลจากการคลาย การพักตัวหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ ยังสามารถเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์ได้ในสภาพเปิด (ที่อุณหภูมิห้อง) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่ ให้ การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินการวิจัยใน ครั้งนี้

Table 2 Germination percentage of rice seed varieties under controlled condition and ambient condition at 2, 4, 6, 8, 10, and 12 months after harvest

Variety	Storage Condition	Storage Period (months after harvest)						F-test	C.V. (%)
		2	4	6	8	10	12		
Ku Muang Luang	Controlled condition	71.00c ^{1/2}	90.00b	91.50ab	94.50ab	90.50b	97.50a	**	4.61
	Ambient condition	72.50b	94.50a	95.00a	95.00a	97.50a	96.50a	**	3.94
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	6.61	3.83	4.44	3.20	4.88	2.65		
Kore Deaw	Controlled condition	90.50bc	87.00c	90.00bc	97.00aA	94.50ab	89.50bc	*	4.32
	Ambient condition	91.50	86.50	90.50	90.50B	91.50	92.50	ns	4.31
	F-test	ns	ns	ns	**	ns	ns		
	C.V. (%)	3.53	5.63	4.68	2.42	3.23	5.64		
Som Ma Lee	Controlled condition	93.00	91.00B	98.00	95.50	96.50	94.00	ns	3.84
	Ambient condition	90.00b	98.50aA	96.00a	98.00a	98.50a	97.00a	**	2.42
	F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	4.28	3.63	2.67	1.84	3.08	3.31		
Kaw Dore	Controlled condition	95.00	96.50	97.00	95.50	97.50	98.50	ns	2.53
	Ambient condition	94.50	94.00	98.50	97.00	96.00	98.50	ns	3.76
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	3.20	5.86	2.00	2.65	2.19	1.55		
Chao Deang	Controlled condition	93.50	94.50	93.50	93.00	96.50	97.50	ns	3.75
	Ambient condition	98.50a	97.50a	97.50a	97.50a	97.00a	92.00b	**	2.18
	F-test	ns	ns	*	*	ns	**		
	C.V. (%)	3.35	4.46	2.01	2.06	3.56	1.88		
Leaung Kum Mad	Controlled condition	93.00c	91.50c	91.50c	97.50ab	98.00a	95.00abc	*	3.17
	Ambient condition	93.00	95.50	92.00	97.50	94.50	94.00	ns	3.05
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	2.15	5.49	2.31	1.96	2.78	2.59		
Sum Pun Deang	Controlled condition	93.00	93.50	95.00	96.50	98.00	96.00	ns	3.03
	Ambient condition	93.00	93.00	96.00	96.50	97.50	97.50	ns	3.21
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	3.51	4.78	2.84	1.58	2.98	2.19		
Hom Nang Nuan	Controlled condition	62.50b	83.00a	80.50a	83.50a	84.50a	83.50a	**	6.29
	Ambient condition	61.50b	80.00a	80.00a	82.50a	83.50a	83.50a	**	4.20
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	10.16	6.87	2.64	3.61	4.91	3.01		
Kum Dum Tia	Controlled condition	93.50	96.50	95.00	95.00	94.00	95.00	ns	3.53
	Ambient condition	91.50b	96.50a	94.00ab	97.00a	97.00a	97.50a	*	2.80
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	3.48	3.33	2.87	2.41	3.08	3.77		
Pha Deang	Controlled condition	92.50	95.50	97.00	94.50	97.50	96.50	ns	2.55
	Ambient condition	93.00	95.50	97.50	96.50	96.00	96.00	ns	2.47
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	2.75	3.58	2.01	2.01	2.77	1.41		
RD 6	Controlled condition	93.50	94.00	91.00	95.50	96.00	95.50	ns	3.21
	Ambient condition	93.00	94.50	90.50	94.00	96.50	93.50	ns	4.33
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	2.73	3.75	3.34	2.24	3.47	6.08		
KDML 105	Controlled condition	98.00	98.00	97.00A	99.00	98.00	99.00	ns	1.59
	Ambient condition	98.50ab	96.50b	91.50cB	100.00a	98.50ab	98.00ab	**	1.61
	F-test	ns	ns	**	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	1.81	2.48	1.68	0.82	0.72	1.44		

^{1/2}Mean in the same column followed by different capital letters and mean in the same row followed by different lower case were significantly different at the 5% level of probability by DMRT. * = Significant at $p < 0.05$, ** = Significant at $p < 0.01$ ns = not significant

Table 3 Mean germination time (day) of rice seed varieties under controlled condition and ambient condition at 2, 4, 6, 8, 10, and 12 months after harvest

Variety	Storage Condition	Storage Period (months after harvest)						F-test	C.V. (%)
		2	4	6	8	10	12		
Ku Muang Luang	Controlled condition	8.83a ¹²	8.44bA	7.95c	7.97c	7.46d	7.46d	**	2.20
	Ambient condition	8.78a	8.38bB	8.20b	7.78c	7.51c	7.48c	**	2.47
	F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	1.58	2.03	3.32	1.59	3.10	1.41		
Kore Deaw	Controlled condition	9.00a	8.98aA	7.58b	7.68b	6.01cB	7.57bA	**	2.89
	Ambient condition	8.97a	8.32bB	7.63c	7.59c	7.03dA	6.82dB	**	3.01
	F-test	ns	**	ns	ns	**	**		
	C.V. (%)	2.38	2.66	2.50	3.73	3.83	2.67		
Som Ma Lee	Controlled condition	9.27a	9.67a	8.19b	7.79bc	7.48c	7.94bcB	**	3.99
	Ambient condition	9.44a	9.62a	7.85c	7.77c	7.74c	8.69bA	**	3.79
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**		
	C.V. (%)	5.47	3.94	3.55	1.67	4.32	2.32		
Kaw Dore	Controlled condition	9.70aA	9.50a	8.24c	8.57bcA	7.15d	8.92bA	**	2.91
	Ambient condition	8.88aB	9.13a	8.09b	7.40cdB	6.95d	7.57cB	**	4.05
	F-test	*	ns	ns	**	ns	**		
	C.V. (%)	4.08	4.28	2.06	2.48	1.79	4.21		
Chao Deang	Controlled condition	8.12b	8.69a	7.64b	7.66bA	6.59dB	7.15c	**	4.05
	Ambient condition	8.00b	8.87a	7.48c	7.19cB	7.34cA	7.10c	**	3.43
	F-test	ns	ns	ns	*	**	ns		
	C.V. (%)	5.16	3.82	3.57	3.23	3.49	1.97		
Leaung Kum Mad	Controlled condition	8.81a	7.85bB	7.97b	8.00bA	7.01c	7.69b	**	4.80
	Ambient condition	8.68a	8.58abA	7.96c	7.06dB	7.23d	8.09bc	**	4.68
	F-test	ns	**	ns	**	ns	ns		
	C.V. (%)	8.29	2.68	4.22	2.47	3.57	3.07		
Sum Pun Deang	Controlled condition	8.95a	8.66a	7.78b	7.77bA	6.72dB	7.31c	**	3.35
	Ambient condition	8.90a	8.29b	7.47c	7.15dB	7.30cdA	7.29cd	**	2.57
	F-test	ns	ns	ns	**	*	ns		
	C.V. (%)	3.05	3.04	2.84	2.56	4.09	1.99		
Hom Nang Nuan	Controlled condition	9.56a	8.97b	8.69bc	8.38c	7.17d	7.28d	**	3.68
	Ambient condition	9.58a	9.12b	8.75bc	8.44c	7.57d	7.53d	**	3.11
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	2.36	3.06	2.98	2.04	4.16	5.61		
Kum Dum Tia	Controlled condition	9.15a	7.72cB	8.42bA	7.83cA	6.35d	7.68cA	**	3.08
	Ambient condition	8.88a	8.37bA	7.92cB	7.14dB	6.73d	6.96dB	**	3.54
	F-test	ns	**	*	**	ns	**		
	C.V. (%)	4.11	3.10	2.60	3.20	3.55	2.77		
Pha Deang	Controlled condition	9.06a	8.38b	8.42bA	7.43c	6.48dB	7.21c	**	2.58
	Ambient condition	9.09a	8.23b	7.90cB	7.70c	7.20dA	7.24d	**	2.72
	F-test	ns	ns	*	ns	**	ns		
	C.V. (%)	2.73	2.61	3.06	2.15	2.62	2.45		
RD 6	Controlled condition	9.83a	8.46bcB	8.82b	8.12cA	7.13dB	8.04c	**	4.03
	Ambient condition	9.95a	9.14bA	8.84b	7.76dB	7.57dA	8.22c	**	2.88
	F-test	ns	**	ns	**	*	ns		
	C.V. (%)	4.54	2.37	3.52	1.12	2.68	4.57		

Table 3 Continue

Variety	Storage Condition	Storage Period (months after harvest)						F-test	C.V. (%)
		2	4	6	8	10	12		
KDML 105	Controlled condition	9.69a	10.03aA	7.95bB	7.81bB	7.15c	7.97b	**	3.14
	Ambient condition	9.53a	9.40aB	8.63bA	8.03cA	7.26d	7.97c	**	3.55
	F-test	ns	*	*	*	ns	ns		
	C.V. (%)	4.14	3.16	4.07	1.56	2.55	3.22		

¹⁴Mean in the same column followed by different capital letters and mean in the same row followed by different lower case were significantly different at the 5% level of probability by DMRT.

*=Significant at $p < 0.05$, **=Significant at $p < 0.01$

ns=not significant

Table 4 Germination index of rice seed varieties under controlled condition and ambient condition at 2, 4, 6, 8, 10, and 12 months after harvest

Variety	Storage Condition	Storage Period (months after harvest)						F-test	C.V. (%)
		2	4	6	8	10	12		
Ku Muang Luang	Controlled condition	3.98d ¹⁴	5.45cB	5.85bc	6.05b	6.26ab	6.60a	**	5.01
	Ambient condition	4.23d	5.80cA	5.97c	6.18bc	6.61a	6.56ab	**	4.63
	F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	9.41	3.00	4.89	2.45	5.28	3.99		
Kore Deaw	Controlled condition	5.23c	5.02c	6.15b	6.52b	8.25aA	6.19bB	**	4.91
	Ambient condition	5.33d	5.42d	6.07c	6.36bc	6.56abB	7.02aA	**	5.04
	F-test	ns	ns	ns	ns	**	**		
	C.V. (%)	4.11	5.63	4.23	5.54	5.26	4.35		
Som Ma Lee	Controlled condition	4.86c	4.87cB	6.15b	6.23b	6.77a	6.10bA	**	6.08
	Ambient condition	5.03c	5.44bA	6.26a	6.40a	6.60a	5.77bB	**	4.56
	F-test	ns	*	ns	ns	ns	*		
	C.V. (%)	9.07	5.09	4.97	2.55	6.15	3.16		
Kaw Dore	Controlled condition	5.12d	5.27d	6.16b	5.83cB	6.96a	5.88cB	**	3.20
	Ambient condition	5.59c	5.45c	6.25b	6.73abA	7.08a	6.69abA	**	5.23
	F-test	ns	ns	ns	**	ns	**		
	C.V. (%)	5.35	9.52	2.67	0.89	1.68	3.37		
Chao Deang	Controlled condition	5.99cd	5.71d	6.40c	6.28cB	7.65aA	6.95b	**	5.48
	Ambient condition	6.32b	5.71c	6.66ab	6.87aA	6.84aB	6.73a	**	3.68
	F-test	ns	ns	ns	*	*	ns		
	C.V. (%)	4.44	6.22	3.86	3.87	6.15	2.35		
Leaung Kum Mad	Controlled condition	5.41d	5.95c	5.98c	6.23bcB	7.19a	6.38bA	**	3.94
	Ambient condition	5.58b	5.76b	5.91b	7.02aA	6.76a	5.99bB	**	4.96
	F-test	ns	ns	ns	**	ns	*		
	C.V. (%)	6.13	6.42	3.56	2.36	4.34	3.41		
Sum Pun Deang	Controlled condition	5.51d	5.65d	6.41bc	6.32cB	7.56aA	6.78b	**	4.18
	Ambient condition	5.54b	5.78b	6.52a	6.85aA	6.85aB	6.84a	**	3.39
	F-test	ns	ns	ns	**	*	ns		
	C.V. (%)	5.06	4.54	4.19	2.74	4.05	1.95		
Hom Nang Nuan	Controlled condition	3.25c	4.86b	4.98b	5.23b	6.30a	5.94a	**	5.60
	Ambient condition	3.38c	4.87b	4.91b	5.17b	6.17a	5.75a	**	5.63
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	7.95	9.19	5.56	4.76	3.43	3.14		

Table 4 Continue

Variety	Storage Condition	Storage Period (months after harvest)						F-test	C.V. (%)
		2	4	6	8	10	12		
Kum Dum Tia	Controlled condition	5.02d	6.34b	5.83c	6.25bcB	7.75a	6.37bB	**	4.56
	Ambient condition	5.40d	5.97c	6.05c	6.90bA	7.40a	7.33aA	**	3.28
	F-test	ns	ns	ns	*	ns	**		
	C.V. (%)	5.01	4.11	3.97	4.46	3.08	3.35		
Pha Deang	Controlled condition	5.20d	5.94c	5.91cB	6.45b	7.77aA	6.76b	**	3.89
	Ambient condition	5.36d	5.97c	6.33bA	6.41b	6.88aB	6.79a	**	3.22
	F-test	ns	ns	*	ns	**	ns		
	C.V. (%)	4.63	5.00	3.34	2.54	3.09	2.86		
RD 6	Controlled condition	4.96c	5.71bA	5.33c	5.97b	6.94a	6.08b	**	4.29
	Ambient condition	4.90c	5.35cB	5.31c	6.17ab	6.52a	5.90b	**	6.15
	F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	4.35	3.58	4.29	2.71	5.01	8.80		
KDML 105	Controlled condition	5.36c	5.03d	6.21bA	6.43b	7.06a	6.38b	**	3.18
	Ambient condition	5.45cd	5.27d	5.52cB	6.35b	6.89a	6.26b	**	2.34
	F-test	ns	ns	**	ns	ns	ns		
	C.V. (%)	2.94	4.51	3.65	1.64	2.03	1.87		

^{1/4}Mean in the same column followed by different capital letters and mean in the same row followed by different lower case were significantly different at the 5% level of probability by DMRT.

*=Significant at $p < 0.05$, **=Significant at $p < 0.01$

ns=not significant

References

- Association of Official Seed Analysis (AOSA). 2002. Seed Vigor Testing Handbook. AOSA. Handbook. No. 32.
- Benech-Arnold, R. and Sanchez, R. A. 2004. Handbook of Seed Physiology Applications to Agriculture. 1st Edition. CRC Press, Boca Raton.
- Chongkid, B. 2014. Rice and Production Technology. 2nd Edition. Thammasat Press. Pathum Thani. (in Thai)
- Du, W., Cheng, J., Cheng, Y., Wang, L., He, Y., Wang, Z. and Zhang, H. 2015. Physiological characteristics and related gene expression of after-ripening on seed dormancy release in rice. Plant Biol (Stuttg). Nov 17(6): 1156-1164.
- Duangkumjan, S., Praiswan, K., Jantasri, R. and Pimratch, S. 2013. Effects of Blue Green Algae and Chemical Fertilizer on Growth and Yield of Off-Season Rice Cultivar Chai Nat 1. Prawarun Agr. J. 10(1): 9 - 18. (in Thai)
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum* L.). Ann. Bot. 45: 31-37.
- Gunyamee, Y. and Prasertsak, A. 2014. Evaluation of RD14 seed longevity using accelerated aging test. [online]. [Accessed December 10, 2017]. Available from: URL: <https://dspace.tarr.arda.or.th/handle/6622815955/9412>. (in Thai)
- Hill, M. 1999. The Drying and Storage of Grain and Herbage Seeds. Foundation of Arable Research pub., Lincoln.

- International Rice Research Institute (IRRI). 2013. Seed Quality. [Online]. [Accessed December 10, 2017]
Available from: URL: <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/training-manual-seed-quality.pdf>.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing – Edition 2009. International Seed Testing Association, Zurich.
- Jyoti and Malik, C.P. 2013. Seed Deterioration: A Review. Int. J. LifeSc. Bt & Pharm. Re. 2(3): 374 - 385.
- Pimratch, S., Butsat, S., Chinnasaen, Th., and Ketmala, Th. 2015. GABA Content and Antioxidant Activity of Five Local Germinated Brown Rice Varieties. Prawarun Agr. J. 12(1): 35 - 40. (in Thai)
- Pranee, S., Koatedoke, U., Chanthabut, L. and Pimratch, S. 2013. The Paradigm Shift Traditional Agriculture to Community: Case Study at Bo Noi Village, Muang District, Maha Sarakham Province. Prawarun Agr. J. 10(2): 183 - 192. (in Thai)
- Prasertsak, A. 2008. Rice Seed Dormancy. pp 78 - 83, In handout of the Testing of Rice Seed Quality Course. Pathumthani Rice Research Center. Pathum Thani. (in Thai)
- Siri, B. 2015. Seed Improvement and Seed Enhancement. 1st Edition. Klungnanawittaya, Khon Kaen. (in Thai)
- Veasey, E.A., Karasawa, M.G., Santos, P.P., Rosa, M.S., Mamani, E. and Oliveira, G.C.X. 2004. Variation in the Loss of Seed Dormancy during After-ripening of Wild and Cultivated Rice Species. Ann. Bot. 94: 875–882.

การรับรู้และการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

บุญยาพร ปรางบาง¹, ทิพวรรณ ชันคุณ¹, ธัญชนก ยะมงคล¹, นาฏสุดา ภูมิจำนงค์¹,
สุกัญญา เสรีนนท์ชัย¹, อุทัย เจริญวงศ์², Thomas Neal Stewart¹ และ นพพล อรุณรัตน์^{1*}

¹คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม 73170

²ศูนย์บริการถ่ายทอดการสื่อสารแห่งประเทศไทย จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10700

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรม การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการรับรู้ของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) ศึกษารูปแบบการปรับตัว และทางเลือกในการปรับตัวของเกษตรกร และ 3) วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวของเกษตรกรในแต่ละภูมิภาค โดยใช้แบบสอบถามทั้งแบบปลายปิดและปลายเปิด ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ในพื้นที่ 4 จังหวัดของแต่ละภูมิภาค (พิษณุโลก ลพบุรี มหาสารคาม และนครศรีธรรมราช) และ Binary logistic regression ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวของเกษตรกร ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรจังหวัดลพบุรีและจังหวัดมหาสารคาม รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา สำหรับการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน พบว่า เกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก เพียงจังหวัดเดียวที่รับรู้สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา สำหรับรูปแบบการปรับตัวของเกษตรกรทั้ง 4 จังหวัด พบว่า ส่วนใหญ่เลือกปรับตัวโดยใช้พันธุ์พืชที่มีความต้านทานต่อความแห้งแล้ง หาอาชีพอื่นนอกเหนือจากการเกษตร ขุดบ่อน้ำเพิ่มเติม เพิ่มระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ และเพาะปลูกให้มีความหลากหลาย นอกจากนี้ ยังพบว่า แหล่งน้ำสำรอง จำนวนหนีสิน รายได้อื่นนอกเหนือจากการทำนา พื้นที่เพาะปลูก และ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกร

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกษตรกร การรับรู้ และ การปรับตัว

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: noppol.aru@mahidol.ac.th

Farmers' Perception and Adaptation to Climate Change in Thailand

Punyaporn Prangbang¹, Tippawan Kunkoon¹, Thanchanok Yamongkol¹,
Nathsuda Pumijumnong¹, Sukanya Sereenonchai¹, Uthai Chareonwong²,
Thomas Neal Stewart¹ and Noppol Arunrat^{1*}

¹*Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University,
Nakhon Pathom 73170, Thailand*

²*Thai Telecommunication Relay Service, Bangkok 10700, Thailand*

Abstract

Climate change has a direct impact on agriculture. The objectives of this study are: 1) to investigate farmers' perception to climate change; 2) to explore and identify farmers' adaptation options to climate change; and 3) to clarify the factor influencing farmers' decision to adapt to climate change in each region. Purposive sampling and questionnaire survey by using both closed and open-ended approaches were employed in four provinces of four regions (Phitsanulok, Lop Buri, Maha Sarakham and Nakhon Si Thammarat Provinces). Binary logistic regression was used to clarify the factor influencing farmers' decision to adapt to climate change. The results show that the farmers in Lop Buri and Maha Sarakham Provinces perceived the changing of temperature, which was in line with meteorological data. Regarding farmers' perception on precipitation changes, only the farmers in Phitsanulok Province perceived the changing of precipitation, which is consistent with meteorological data. Using crop varieties that are resistant to drought, seeking for non-farm jobs, increasing of surface pond or artesian well, improving in irrigation efficiency, participating in crop insurance programs, and cultivating variety of crop (mixed cropping system) are the favored options for farmers' adaption to cope with climate change. The results also reveal that water reserves, amount of debt, non-farm income, planted area, and number of household member are the important factors influencing farmers' decision to adapt to climate change.

Keywords: Climate Change, Farmers, Perception and Adaptation

* Corresponding author: E-mail: noppol.aru@mahidol.ac.th

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในทุกพื้นที่ ทุกภาคส่วน ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ ในระดับที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ในหลายพื้นที่จะส่งผลกระทบต่อทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตาม ภาคการเกษตรจึงมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยตรง เนื่องจากปัจจัยสำคัญในการทำการเกษตรดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป จากรายงานฉบับล่าสุดของ IPCC AR5 (IPCC, 2013) ระบุว่าตั้งแต่ ค.ศ 1880-2012 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น 0.85 องศาเซลเซียส และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นอีก 0.3-4.8 องศาเซลเซียส ในปลายศตวรรษที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบทางลบต่อผลผลิตทางการเกษตรมากกว่าผลกระทบทางบวก และส่งผลให้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยต้องเผชิญกับอุณหภูมิ (ค.ศ 1970-2016) และความชื้นของฝนที่เพิ่มขึ้น แต่ความถี่ของฝนลดลง (ค.ศ 1955-2014) (Limjirakan and Limsakul, 2012; Limsakul *et al.*, 2010) ปริมาณความรุนแรงของฝนนี้อาจทำให้เกิดความเสี่ยงสูงในการเกิดน้ำท่วมในระดับภูมิภาค นอกจากนี้ ในช่วง ค.ศ.1901-2010 ค่าเฉลี่ยระดับน้ำทะเลโลกเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.19 เมตร และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต อาจส่งผลกระทบต่อารรุกคืบของน้ำเค็มเข้าสู่ภาคพื้นดินในหลายภูมิภาค และหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส ประกอบกับความแปรปรวนของปริมาณฝน และระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวสาลี ข้าว และข้าวโพดในเขตร้อนชื้นและเขตอบอุ่น

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีพื้นที่การเกษตรร้อยละ 46.54 ของประเทศ การเกษตรโดยส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนธรรมชาติ และ

ปัจจุบันมีพื้นที่การเกษตรที่มีระบบชลประทานที่พัฒนาแล้วเพียงร้อยละ 21.33 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (Royal Irrigation Department, 2016) พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ร้อยละ 21.82 เป็นนาข้าว (Office of Agricultural Economics, 2015) ยิ่งไปกว่านั้น การปลูกข้าวเป็นวิถีชีวิตอย่างหนึ่งของคนไทย และข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ มีอิทธิพลโดยตรงต่อภาคเกษตรกรรม (Priyanka, 2009) หากสภาพอากาศในอนาคตมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของเกษตรกรและผลผลิตข้าวในประเทศ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่เพียงแต่ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรมีแนวโน้มลดลง ความแปรปรวนของสภาพอากาศ หรือภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น ยังจะสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น ภาครัฐของประเทศไทย ต้องจ่ายเงินชดเชยเนื่องจากความเสียหายจากภัยธรรมชาติ (ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง และอุทกภัย) ให้กับเกษตรกร และมีแนวโน้มว่าการจ่ายเงินชดเชยนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2551 จาก 1,963.55 ล้านบาทใน พ.ศ. 2548 เป็น 3,289.08 ล้านบาท และ 3,891.59 ล้านบาทใน พ.ศ. 2529 และ พ.ศ. 2550 และเพิ่มขึ้นเป็น 5,252.17 ล้านบาทใน พ.ศ. 2551 ซึ่งงบประมาณที่ภาครัฐจะต้องใช้จ่ายในการชดเชยให้กับเกษตรกรอาจสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้น การปรับตัวเพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง (Chinwanno and Promburom, 2016)

ดังนั้น การเข้าใจ และทราบถึงการรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกภาคส่วนควรมีแนวทางในการปรับตัว โดยเฉพาะเกษตรกรซึ่งจะเป็นผู้ได้รับผลกระทบโดยตรงทั้งในแง่ของรายได้เนื่องจากผลผลิตที่ลดลง และวิถีชีวิตที่อาจเปลี่ยนแปลงไป การเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรจำเป็นที่จะต้องทราบแนวทางปฏิบัติในการบรรเทาและลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศ (Sereenonchai and Arunrat, 2019; Sereenonchai and Arunrat, 2018; Arunrat *et al.*, 2017; Jin *et al.*, 2015; Panda *et al.*, 2013; Jodha *et al.*, 2012; Mwinjaka *et al.*, 2010) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) ศึกษาการรับรู้ของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาค 2) ศึกษารูปแบบการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและทางเลือกในการปรับตัวของเกษตรกรในแต่ละภูมิภาค และ 3) วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวและทางเลือกในการปรับตัวของเกษตรกรในแต่ละภูมิภาค ซึ่งจะนำไปสู่การให้ความรู้กับทุกภาคส่วน เพื่อบรรเทาหรือลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ทั้งในแง่ของรายได้และวิถีชีวิตของเกษตรกร การลดความเสี่ยงและค่าเสียหายความเสียหายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ รวมถึงการรักษาระดับผลผลิตเพื่อเศรษฐกิจและความมั่นคงทางอาหารของประเทศ ตลอดจนการเตรียมความพร้อมและเพิ่มขีดความสามารถในการรับมืออย่างมีประสิทธิภาพที่จะอยู่กับสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ทำการเลือกพื้นที่ปลูกข้าว โดยใช้ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2557 ที่ได้ระบุถึงพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมซ้ำซาก (น้ำท่วมซ้ำ 8-10 ครั้งในรอบ 10 ปี) ภัยแล้งซ้ำซาก (ประสบความแห้งแล้ง 1-3 ปีต่อครั้ง) และการรุกของน้ำเค็ม โดยได้ทำการเลือกพื้นที่ตัวแทนภาคละ 1 จังหวัด เพื่อเป็นพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาจาก 2 เกณฑ์หลัก คือ เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวมากที่สุด และเกษตรกรประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก ภัยแล้งซ้ำซาก และการรุกของน้ำเค็ม ดังนั้น พื้นที่ศึกษาจึง ประกอบด้วย 1) ภาคเหนือ: ตำบลคุดม่วง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็นตัวแทนของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก 2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ตำบลยางท่าแจ้ง อำเภอโกสุมพิสัย

จังหวัดมหาสารคาม เป็นตัวแทนของพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก 3) ภาคกลาง: ตำบลเกาะรัง อำเภอยะบะดี จังหวัดลพบุรี เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่เคยเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก และเปลี่ยนเป็นพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้ง และ 4) ภาคใต้: ตำบลบ้านเพิง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่ประสบปัญหาการรุกคืบของน้ำเค็ม (Fig. 1)

2. กลุ่มประชากรเป้าหมาย

การศึกษานี้ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) หรือ Judgement Sampling โดยผู้วิจัยจะทำการระบุจำนวนหมู่บ้าน และจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่คาดหวัง ซึ่งจะเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยเอง โดยเลือกให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา กล่าวคือ การศึกษานี้ต้องการทราบข้อมูลเฉพาะเกษตรกรผู้ปลูกข้าว เท่านั้น

ดังนั้น หากคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนครัวเรือนทั้งหมดของแต่ละหมู่บ้านจะทำให้ได้จำนวนของกลุ่มตัวอย่างเกินกว่ากลุ่มตัวอย่างเป้าหมายที่ต้องการ (ครอบคลุมอาชีพอื่น ๆ ด้วย) อย่างไรก็ตาม จำนวนของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้าน ผู้วิจัยได้ขอคำชี้แนะและปรึกษากับ สำนักงานเกษตรอำเภอ และองค์การบริหารส่วนตำบลนั้น ๆ โดยอาศัยความรอบรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ในเชิงพื้นที่ ว่าควรจะไปเก็บข้อมูลที่หมู่บ้านใดบ้าง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งจำนวนตัวอย่างที่ทำการสุ่ม คือ หมู่บ้านละไม่น้อยกว่า 10 ครัวเรือน แต่หากพบว่ามีข้อมูลที่ไ้ยังมีความแตกต่างกันมาก ผู้วิจัยจะทำการสุ่มตัวอย่างเพิ่มเติม จนกว่าข้อมูลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ประเด็นคำถามที่นำมาพิจารณาความแตกต่างและความเหมือนของข้อมูล คือ การรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น จำนวนตัวอย่างที่ได้ของแต่ละพื้นที่ ประกอบด้วย 1) ภาคเหนือ: ตำบลคุดม่วง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 60 ราย 2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ตำบลยางท่าแจ้ง อำเภอโกสุม

พิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 52 ราย 3) ภาคกลาง:
ตำบลเกาะรัง อำเภอยะบะดี จังหวัดลพบุรี จำนวน 50

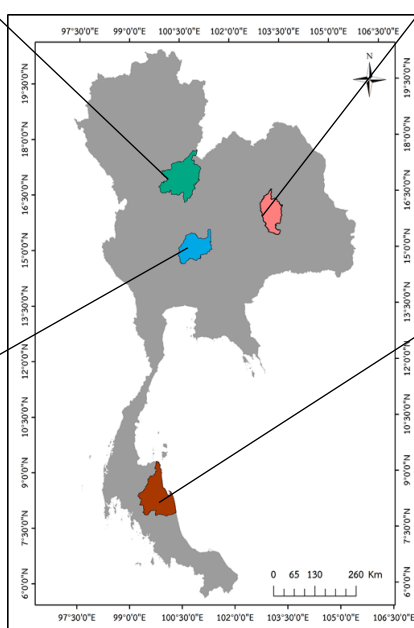
ราย 4) ภาคใต้: ตำบลบ้านเพิง อำเภอปากพนัง จังหวัด
นครศรีธรรมราช จำนวน 80 ราย รวมทั้งสิ้น 242 ราย



Khui Muang Subdistrict,
Bang Rakam District,
Phitsanulok Province



Ko Rang Subdistrict,
Chai Badan District,
Lopburi Province



Yang Tha Chang Subdistrict,
Kosum Phisai District,
Maha Sarakham Province



Ban Phoeng Subdistrict,
Pak Phanang District,
Nakhon Si Thammarat Province

Fig. 1 Study areas

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ขอบเขตการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลลักษณะประชากร เช่น เพศ อายุ
ระดับการศึกษา เป็นต้น
- 2) ข้อมูลการทำการเกษตร เช่น ขั้นตอนการ
ปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นต้น

3) นโยบายความช่วยเหลือ การสนับสนุนจาก
หน่วยงาน และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการทำ
การเกษตร

4) การรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
จากอดีตถึงปัจจุบัน การรับรู้และแนวทางการปรับตัวต่อ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการรับรู้ถึง
ประสิทธิภาพของแนวทางการปรับตัว โดยมีการออกแบบ
แบบสอบถามโดยใช้วิธี Likert Four Point Method โดย

ที่คะแนน 4 = มากที่สุด, 3 = มาก, 2 = น้อย, 1 = น้อยที่สุด

5) รูปแบบการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ น้ำท่วม ภัยแล้ง และการรुक้าของน้ำเค็ม

6) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอดีตตั้งแต่ ค.ศ. 1987 - 2016 ตัวแปรข้อมูลสภาพอากาศในอดีต คือ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อวิเคราะห์ระดับความรุนแรงและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านภูมิอากาศในอดีตเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การรับรู้ของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่

3.2 ขอบเขตระเบียบวิธีวิจัย ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1) การศึกษาเชิงคุณภาพ ได้แก่ ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม

2) การศึกษาเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถาม จากนั้น ใช้โปรแกรม SPSS Version 21 เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านภูมิอากาศ ใช้ Binary logistic regression ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวของเกษตรกร (Table 1) และใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel Version 2010 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ และนำเสนอในรูปแบบกราฟเส้น

Table 1 Definition of variables in the farmer adaptation model

Variables	Description
Planted area (X_1)	Dummy, 1 = irrigated area, 0 = rainfed area
Gender (X_2)	Dummy, 1 = male, 0 = female
Agriculture experience (X_3)	Continuous, number of years farmer has worked related to agriculture
Schooling (X_4) (year)	Continuous, number of years in school completed by farmer
Household size (X_5) (person)	Continuous, number of household members
Farm size (X_6) (rai)	Continuous, total farm area planted in rai
Farm income (X_7)	Continuous, net income from farming in Baht per month
Non-farm income (X_8)	Continuous, total income from other sources in Baht per month
Water reserves (X_9)	Dummy, 1 = yes, 0 = no
Debt (X_{10})	Continuous, total amount of debt in Baht
Farmers' perception on climate change (X_{11})	Dummy, 1 = yes, 0 = no

สมการ Binary logistic regression

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_{11} X_{11}$$

ตัวแปรตาม (Y) คือ ปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (1 = ปรับตัว 0 = ไม่มีการปรับตัว)

ตัวแปรอิสระ (X_n) โดยกำหนดให้ β_n คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ (Table 1)

ในการวัดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระแต่ละตัวว่ามีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเท่าไรนั้น แบบจำลอง logit จะใช้ Marginal effect แทนค่า Coefficient เนื่องจากแบบจำลอง logit ไม่ได้อยู่ในรูปเส้นตรง

ค่า Marginal effect ของแบบจำลอง logit คือ

$$\frac{\partial p}{\partial x_i} = \beta(P)(1 - P)$$

เมื่อ x_i เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะมีผลกระทบให้ความน่าจะเป็นเปลี่ยนแปลงไป $\beta(P)(1-P)$ โดยขนาดของ Marginal effect จะแปรผันตามค่า βx_i ; P คือ โอกาสที่เกษตรกรจะมีการปรับตัว; $1-P$ คือ โอกาสที่เกษตรกรจะไม่ปรับตัว

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

แนวโน้มของอุณหภูมิเฉลี่ยตั้งแต่ ค.ศ 1987-2016 (30 ปี) ของจังหวัดลพบุรีและมหาสารคามมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้น ซึ่งจังหวัดมหาสารคามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 0.0027 °C/ปี ในรอบ 3 ทศวรรษ ในขณะที่จังหวัดพิษณุโลกและนครศรีธรรมราชมีแนวโน้มของอุณหภูมิเฉลี่ยลดลง ซึ่งจังหวัดพิษณุโลกลดลงมากที่สุดนั้นคือ 0.0059 °C/ปี ในรอบ 3 ทศวรรษ (Fig. 2)

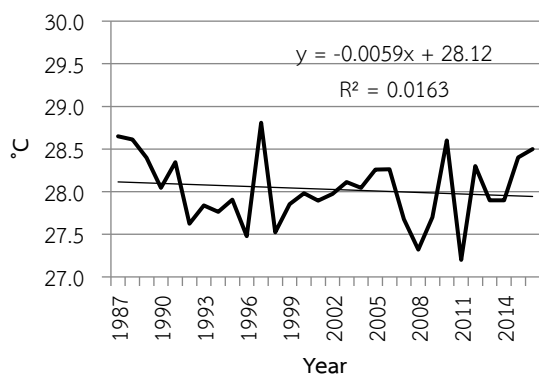
2. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน

แนวโน้มของปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ ค.ศ 1987-2016 (30 ปี) ของจังหวัดพิษณุโลกและนครศรีธรรมราชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งจังหวัดนครศรีธรรมราชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 14.328 มิลลิเมตร/ปี ในรอบ 3 ทศวรรษ ในขณะที่ จังหวัดลพบุรีและมหาสารคามมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจังหวัดลพบุรีมีแนวโน้มลดลงมากที่สุดเท่ากับ 38.108 มิลลิเมตร/ปี ในรอบ 3 ทศวรรษ (Fig. 3)

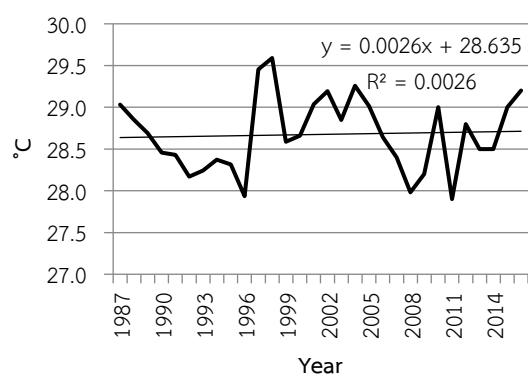
3. การรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก เกษตรกรรับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ร้อยละ 82.0 และ 96.0 ตามลำดับ จังหวัดลพบุรี รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ร้อยละ 73.3 และ 98.3 ตามลำดับ จังหวัดมหาสารคาม รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ร้อยละ 92.3 และ 98.1 ตามลำดับ และ จังหวัดนครศรีธรรมราช รับรู้ถึงการลดลงของปริมาณน้ำฝนและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ร้อยละ 67.9 และ 94.6 ตามลำดับ (Table 2)

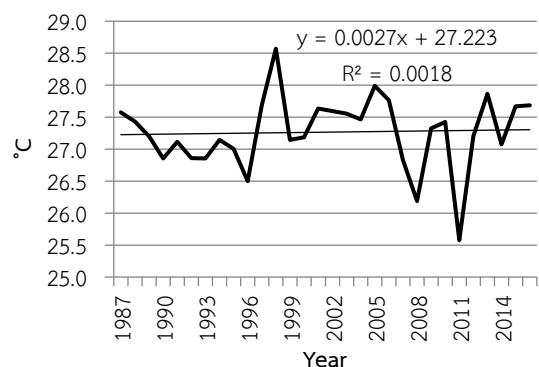
Phitsanulok Province



Lopburi Province



Maha Sarakham Province



Nakhon Si Thammarat Province

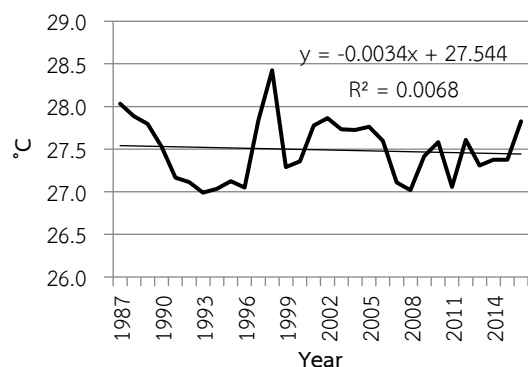
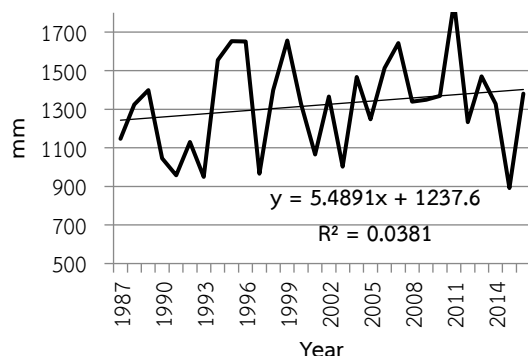


Fig. 2 Trend of average temperature over the past 30 years

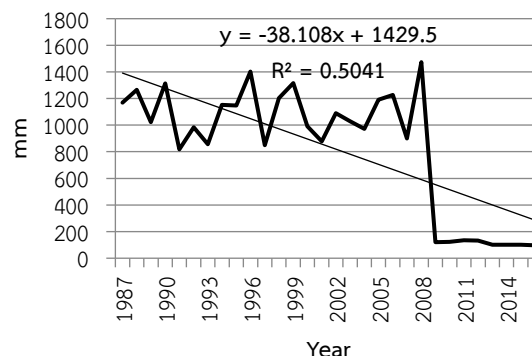
Table 2 Percentage of farmers' perception on climate change

	Farmers' perception (%)			
	Phitsanulok Province	Lopburi Province	Maha Sarakham Province	Nakhon Si Thammarat Province
Precipitation				
Increased	82.0	73.3	92.3	32.1
Decreased	18.0	26.7	7.7	67.9
Temperature				
Increased	96.0	98.3	98.1	94.6
Decreased	4.0	1.7	1.9	5.4

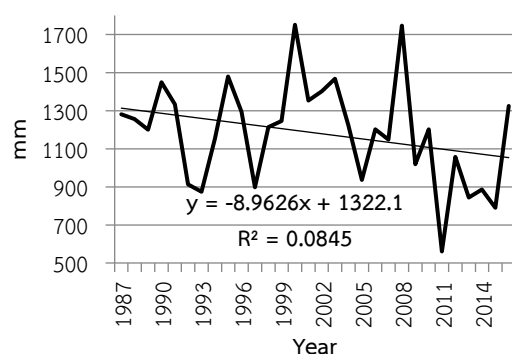
Phitsanulok Province



Lopburi Province



Maha Sarakham Province



Nakhon Si Thammarat Province

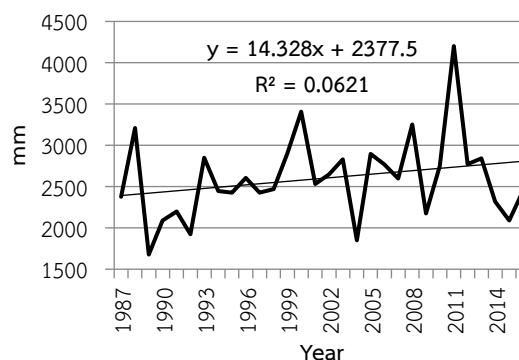


Fig. 3 Trend of average precipitation over the past 30 years

4. การเปรียบเทียบการรับรู้ของเกษตรกรกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอดีต

จากการเปรียบเทียบการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในตำบลคูม่วง จังหวัดพิษณุโลก ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 96.0) มีการรับรู้ที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ในเรื่องของอุณหภูมิเฉลี่ย สำหรับปริมาณน้ำฝนเกษตรกรส่วนใหญ่มีการรับรู้ที่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา คือ รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำฝน ร้อยละ 82.0

ตำบลเกาะวัง จังหวัดลพบุรี ส่วนใหญ่มีการรับรู้ที่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ในเรื่องของอุณหภูมิ คือ รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทั้งสิ้น ร้อยละ 98.3 ส่วนปริมาณน้ำฝนเกษตรกร รับรู้การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน ร้อยละ 73.3 ซึ่งไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป

ตำบลยางท่าแจ้ง จังหวัดมหาสารคาม ส่วนใหญ่มีการรับรู้ที่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ในเรื่องของอุณหภูมิ คือ รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทั้งสิ้น ร้อยละ 98.1 ส่วนปริมาณน้ำฝน เกษตรกรถึงการเพิ่มขึ้น

ของปริมาณน้ำฝนทั้งสิ้น ร้อยละ 92.3 ซึ่งไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป

ตำบลบ้านเพิง จังหวัดนครศรีธรรมราช เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 94.6) มีการรับรู้ไม่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในเรื่องของอุณหภูมิ ส่วนปริมาณน้ำฝนเกษตรกรส่วนใหญ่ รับรู้ถึงการลดลงของปริมาณน้ำฝน ร้อยละ 67.9 ซึ่งไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป เช่นกัน

5. การปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตำบลคูม่วง จังหวัดพิษณุโลก เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวด้วยวิธี ขุดบ่อน้ำเพิ่มเติม การใช้พันธุ์พืชที่มีความต้านทานต่อความแห้งแล้ง และหาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร มากที่สุด ตามลำดับ และรับรู้ถึงประสิทธิภาพของการปรับตัวด้วยวิธี การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ ขุดบ่อน้ำเพิ่มเติม การใช้พันธุ์พืชที่มีความต้านทานต่อความแห้งแล้ง มากที่สุดตามลำดับ (Table 3)

ตำบลเกาะรัง จังหวัดลพบุรี เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวด้วยวิธี ขุดบ่อน้ำเพิ่มเติม หาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร และการใช้พันธุ์พืชที่มีความต้านทานต่อความแห้งแล้ง มากที่สุด ตามลำดับ และรับรู้ถึงประสิทธิภาพของการปรับตัวด้วยวิธี เพิ่มระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ ขุดบ่อน้ำเพิ่มเติม และหาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร มากที่สุด ตามลำดับ (Table 3)

ตำบลยางท่าแจ้ง จังหวัดมหาสารคาม เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวด้วยวิธี การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ เพิ่มระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ และหาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร มากที่สุดตามลำดับ และรับรู้ถึงประสิทธิภาพของการปรับตัวด้วยวิธี การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ เพิ่มระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ และดำเนินการเพาะปลูกให้มีความหลากหลาย มากที่สุด ตามลำดับ (Table 3)

ตำบลบ้านเพิง จังหวัดนครศรีธรรมราช เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวด้วยวิธี หาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร ดำเนินการเพาะปลูกให้มีความหลากหลาย และเพาะปลูกพืชที่มีรอบการเก็บเกี่ยวสั้น (พืชอายุสั้น) มากที่สุด ตามลำดับ และรับรู้ถึงประสิทธิภาพของการปรับตัวด้วยวิธี การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ หาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร และการประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ มากที่สุด ตามลำดับ (Table 3)

จากการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงประสิทธิภาพของแนวทางการปรับตัวในแต่ละทางเลือกเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจาก เป็นเหตุผลหลักประกอบการตัดสินใจของเกษตรกรว่าจะเลือกปฏิบัติหรือไม่ ซึ่งประสิทธิภาพของแนวทางการปรับตัว เกษตรกรสามารถรับรู้ได้จากหลายช่องทาง เช่น เพื่อนเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จ ข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐ เอกชน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ รวมถึง ข้อมูลเผยแพร่ทางสื่อออนไลน์ เป็นต้น

6. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกร

จากผลการศึกษา พบว่า จังหวัดพิษณุโลก แหล่งน้ำสำรอง จำนวนหนึ่งสิน และรายได้อื่นนอกเหนือจากการทำนา เป็นปัจจัยที่ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับตัวของเกษตรกร ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01, 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หากเกษตรกรมีแหล่งน้ำสำรองมากขึ้น มีจำนวนหนึ่งสินมาก และมีรายได้อื่นนอกเหนือจากการทำนาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวเพื่อบรรเทาผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ เนื่องจากแหล่งน้ำสำรองเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการทำการเกษตร ซึ่งการทำเกษตรทุกรูปแบบจำเป็นต้องใช้น้ำอย่างเพียงพอต่อการเพาะปลูก เช่นเดียวกับเกษตรกรที่ทำการเกษตรกรรมที่ใช้น้ำฝนจะมีประสพการณ์ด้านการจัดการดินและการจัดการน้ำ (Tesfahunegn *et al.*, 2016) ดังนั้น หากมีแหล่งน้ำสำรองเพิ่มขึ้นทำให้การปรับตัวของเกษตรกรเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับจำนวนหนึ่งสิน บ่งบอกถึงความพร้อมในการเข้าถึงสินเชื่อทางการเงินซึ่งจะช่วยลดข้อจำกัดด้าน

เงินสด และช่วยให้เกษตรกรสามารถซื้อปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงพันธุ์พืช และเครื่องมือชลประทาน การวิจัยเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตรบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างระดับการยอมรับและความพร้อมของเครดิต (Yirga, 2007; Pattanayak *et al.*, 2003) จำนวนหนี้สินจึงทำให้เกษตรกรเลือกที่จะการปรับตัวเพิ่มมากขึ้น เช่น การปรับตัวเพื่อหาแนวทางเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น สำหรับรายได้อื่นนอกเหนือจากการทำนา บ่งบอกถึงความมั่งคั่งของเกษตรกร ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตร เนื่องจากมีสภาพคล่องทางการเงินที่เพียงพอ (Knowler and Bradshaw, 2007)

จังหวัดลพบุรี พบว่า พื้นที่เพาะปลูก และแหล่งน้ำสำรอง เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวเชิงลบ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หากเกษตรกรมีพื้นที่การเพาะปลูกอยู่นอกเขตชลประทาน จะส่งผลให้เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวเพื่อบรรเทาผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรมีแหล่งน้ำสำรอง จะส่งผลให้เกษตรกรไม่ปรับตัว ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่ตำบลเกาะรัง จังหวัดลพบุรี หันมาปลูกอ้อยกันมากขึ้น ดังนั้น การปรับตัวสำหรับการทำนาจึงอาจไม่จำเป็น เนื่องจากเกษตรกรสามารถมีรายได้จากการปลูกอ้อย

Table 3 Percentage of farmers who adopted the main adaptation strategies

Adaptation strategies	Farmers' decision to implement adaptation strategies (%)			
	Phitsanulok Province	Lopburi Province	Maha Sarakham Province	Nakhon Si Thammarat Province
Increasing of surface pond or artesian well	10.0	32.0	67.3	22.1
Implementing crop diversity	26.7	40.0	28.8	54.5
Integrated farming	10.0	14.0	13.5	16.9
Using drought-resistant crops and varieties	58.3	54.0	46.2	32.5
Practicing crop rotation	16.7	22.4	17.3	32.5
Planting short-lived crops	31.7	34.0	36.5	35.1
Cultivating variety of crop (mixed cropping system)	26.7	44.0	30.8	28.6
Seeking for non-farm jobs	54.2	58.0	55.8	61.0
Changing to non-agricultural jobs	5.1	12.0	7.7	15.4
Agroforestry (3 Forests, 4 Benefits)	13.3	6.0	9.6	10.3
Implementing soil conservation	20.0	46.0	17.3	24.4
No-tillage	13.6	10.0	11.5	9.1
Crop insurance	42.4	30.0	75.0	33.3
Changing to livestock	11.7	16.0	19.2	26.9
Buying the water for using in farm	8.3	2.0	7.7	2.6
Changing water management techniques	1.7	10.0	9.6	7.7
Improving in irrigation efficiency	65.0	60.0	30.8	23.1
Farming calendar adjustment	46.7	22.0	17.3	26.0

จังหวัดมหาสารคาม พบว่า แหล่งน้ำสำรอง เป็นเพียงปัจจัยเดียว ที่พบว่าส่งผลต่อการปรับตัวเชิงบวก ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (Table 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หากเกษตรกรมีแหล่งน้ำสำรองเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวเพื่อบรรเทาผลกระทบที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น เกษตรกรสามารถปรับเปลี่ยนช่วงการเพาะปลูก เพราะสามารถมีน้ำใช้ได้ตลอดเวลาของรอบการเพาะปลูก อีกทั้งการมีแหล่งน้ำสำรอง ยังเป็นแหล่งสำหรับพักน้ำ หรือเก็บกักน้ำ ชะลอการท่วมของน้ำ ในช่วงหน้าน้ำท่วมด้วย (Arunrat *et al.*, 2017; Aiamchom *et al.*, 2017)

จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า จำนวนสมาชิกในครัวเรือน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวเชิงลบ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (Table 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หากเกษตรกรมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกษตรกรเลือกที่จะไม่ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากครัวเรือนที่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมาก มีศักยภาพในการประกอบอาชีพเสริมอย่างอื่นได้มาก เช่น รับจ้าง หรือใช้แรงงานในกิจกรรมนอกภาคเกษตรด้วย ซึ่งเป็นการสร้างรายได้เพื่อบรรเทาความกดดันด้านการบริโภคของครัวเรือน (Yirga, 2007)

Table 4 Estimated marginal effects of farmers' decision to adapt to climate change

Variables	Marginal Effect			
	Phitsanulok Province	Lopburi Province	Maha Sarakham Province	Nakhon Si Thammarat Province
Planted area	-0.0456	-0.1004*	0.0711	-0.0948
Household size	0.0673	0.0376	0.0136	-0.0357**
Gender	0.0218	0.0083	-0.0095	-0.0098
Schooling	0.02183	0.044	0.0808	0.0653
Agriculture experience	0.0232	-0.049	0.0512	0.0234
Farm size	-0.0222	-0.0453	-0.0683	-0.0102
Water reserves	0.0324**	-0.0120**	0.0311**	0.0032
Farm income	0.0004	0.0002	0.0002	0.0006
Non-farm income	0.0012*	0.00007	0.0021	0.00007
Debt	0.00006**	0.00002	0.000008	0.000006
Farmers' perception on climate change	-0.0442	-0.0642	-0.0631	0.0332

* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$

สรุปผลการวิจัย

การรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรตำบลเกาะรัง และตำบลยางท่าแจ้ง รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ร้อยละ 98.3 และ 98.1 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ในขณะที่ตำบลคูยม่วงและตำบลบ้านเพิงส่วนใหญ่ (ร้อยละ 96.0 และ 94.6 ตามลำดับ) รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา สำหรับการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน พบว่า เกษตรกรตำบลคูยม่วง เพียงพื้นที่เดียวที่รับรู้ถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน ซึ่งรับรู้ร้อยละ 73.3 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ส่วนเกษตรกรตำบลเกาะรัง ตำบลยางท่าแจ้ง และตำบลบ้านเพิง การรับรู้ของปริมาณน้ำฝนไม่สอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

รูปแบบการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรตำบลคูยม่วง และ เกษตรกรตำบลเกาะรัง ส่วนใหญ่มีรูปแบบการปรับตัวที่คล้ายคลึงกัน คือ การใช้พันธุ์พืชที่มีความต้านทานต่อความแห้งแล้ง หามาซื้อพันธุ์พืชที่นอกเหนือจากการเกษตร และขุดบ่อน้ำเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกรตำบลยางท่าแจ้ง มีรูปแบบการปรับตัว คือ เพิ่มระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ หามาซื้อพันธุ์พืชที่นอกเหนือจากการเกษตร และ การประกันผลผลิตจากภัยธรรมชาติ และเกษตรกรตำบลบ้านเพิง มีรูปแบบการปรับตัว คือ ดำเนินการเพาะปลูกให้มีความหลากหลายและหาอาชีพอื่นที่นอกเหนือจากการเกษตร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรตำบลคูยม่วง คือ 1) แหล่งน้ำสำรอง 2) จำนวนหนี้สิน และ 3) รายได้อื่นนอกเหนือจากการทำนา เป็นปัจจัยที่ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับตัว เกษตรกรตำบลเกาะรัง คือ 1) พื้นที่เพาะปลูก และ 2) แหล่งน้ำสำรอง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวเชิงลบ เกษตรกรตำบลยางท่าแจ้ง พบว่า แหล่งน้ำสำรอง เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวเชิงบวก และเกษตรกรตำบลบ้านเพิง พบว่า จำนวนสมาชิกในครัวเรือน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวเชิงลบ ต่อการปรับตัวเกษตรกร

อย่างไรก็ตาม หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่สามารถดำเนินการ และช่วยเหลือเกษตรกรเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้ได้ ดังนั้น หน่วยงานหรือสถาบันที่เกี่ยวข้องทางการเกษตรควรสนับสนุนหรือพัฒนาแหล่งน้ำสำรอง เพื่อเพิ่มการปรับตัวของเกษตรกรและลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) และ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) (BEDO) ประจำปีงบประมาณ 2560 และได้รับการสนับสนุนจากบัญชีเงินสนับสนุนการวิจัยและบริการวิชาการแก่สังคม ของ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

References

- Aiamchom, P., Jatuporn, C., Sukprasert, P., Pattanakiat, S. 2017. Adaptation of rice farmers to drought situation in Mueang District, Lop Buri Province. *Prawarun Agr. J.* 14(2): 191-198. (in Thai)
- Arunrat, N., Wang, C., Pumijumnon, N., Sereenonchai, S., Cai, W. 2017. Farmers' intention and decision to adapt to climate change: a case study in the Yom and Nan basins, Phichit province of Thailand. *J. Clean. Prod.* 143: 672-685.
- Chinwanno, S., and Promburom, P. 2016. Adaptation to climate change in the context of agricultural systems. Synthesis report and Knowledge status Thailand's Second Climate Change: Knowledge, Risk and Adaptation to Climate Change. The Thailand Research Fund. (in Thai)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Summary for policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Stocker TF, Qin D, Plattner GK et al.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. The Third National Climate Change Assessment in China. 2015. Sciences Press.
- Jin, J., Gao, Y., Wang, X., and Nam, P.K. 2015. Farmers' Adaptation to Climate Change and Their Risk Preferences, Yongqiao District, China. *Land Use Policy* 47: 365-372.
- Jodha, N.S., Singh, N.P., & Bantilan, M.C.S. 2012. Enhancing farmers' adaptation to Climate Change in Arid and Semi-Arid Agriculture of India: Evidences from Indigenous Practices: Developing International Public Goods from Development-Oriented Projects. Working Paper Series No. 32. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru 502324, Andhra Pradesh, India, p. 28.
- Knowler, D., and Bradshaw, B. 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Polic.* 32(1): 25-48.
- Limjirakan, S., and Limsakul, A. 2012. Observed trends in surface air temperatures and their extremes in Thailand from 1970 to 2009. *J. Meteorol. Soc. Jpn.* 90 (5): 647-662.
- Limsakul, A., Limjirakan, S., and Sriburi, T. 2010. Observed changes in daily rainfall extreme along Thailand' coastal zones. *J. Environ. Res.* 32 (1): 49-68.
- Mwinjaka, O., Gupta, J., and Bresser, T. 2010. Adaptation strategies of the poorest farmers in drought-prone Gujarat. *Climate and Development.* 2: 346 – 363.
- Office of Agricultural Economics. 2015. Landuse: Annual report of agriculture landuse areas 2013. Retrieved January 16, 2017, from http://www.oae.go.th/download/use_soilNew/soiNew/landused2556.html. (in Thai)

- Panda, A., Sharma, U., Ninan, K.N., and Patt, A. 2013. Adaptive capacity contributing to improved agricultural productivity at the household level: Empirical findings highlighting the importance of crop insurance. *Global Environmental Change*. 23: 782-790.
- Pattanayak, S.K., Mercer, D.E., Sills, E., and Jui-Chen, Y. 2003. Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agroforestry Systems*. 57(3): 173–186.
- Priyanka, P.D. 2009. Climate change impacts on tropical agriculture and the potential of organic agriculture to overcome these impacts. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 10–17.
- Royal Irrigation Department. 2016. Annual Report 2016 [in Thai]. Retrieved January 07, 2017, from http://www.rid.go.th/2009/index.php?option=com_content&view=article&id=93&Itemid=37
- Sereenonchai, S., Arunrat, N. 2019. Fishers' decisions to adopt adaptation strategies and expectations for their children to pursue the same profession in Chumphon Province, Thailand. *Climate*. 7(34): 1-16.
- Sereenonchai, S., Arunrat, N. 2018. Practical agricultural communication: Incorporating scientific and indigenous knowledge for climate mitigation. *Kasetsart J. Soc. Sci.* 1-8.
- Tesfahunegn, G.B., Mekonen, K., and Tekle, A. 2016. Farmers' perception on causes, indicators and determinants of climate change in northern Ethiopia: Implication for developing adaptation strategies. *Appl. Geogr.* 73: 1-12.

การวิจัยเพื่อพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัย ภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

ทัศนีย์ อารมย์เกลี้ยง*

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและพัฒนาศักยภาพของชุมชนภาคการเกษตรในจังหวัดเชียงใหม่ ด้านการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน บนพื้นฐานปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ สนับสนุนด้วยการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ จำนวน 5 ตำบล 5 กลุ่มเกษตรกร อาศัยวิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วม (PAR) วิเคราะห์ศักยภาพด้วย SWOT Analysis อภิปรายผลด้วยข้อมูลสถิติ คือ ค่าเฉลี่ยในลักษณะของสถิติเชิงพรรณนา และการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาของโครงการด้วย 6 มิติ เพื่อแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของกลุ่มเกษตรกรและสามารถหาแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนจังหวัดเชียงใหม่สู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ผลการวิจัยพบว่า ศักยภาพของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ทั้ง 5 กลุ่ม มีจุดแข็งคือ กลุ่มเกษตรกรมีความเชี่ยวชาญในด้านการผลิต การตลาด คุณสมบัติของดิน การแปรรูปสินค้า การประชาสัมพันธ์ การจัดการบัญชีกลุ่ม สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้สนใจได้ แต่มีจุดอ่อนคือ ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการฟาร์มที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนปัจจัยด้านโอกาสที่สำคัญ มีหน่วยงานสนับสนุนในการจัดการฟาร์มและให้ความรู้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนอุปสรรคที่สำคัญได้แก่ ความต้องการสินค้าเกษตรมีเพียงกลุ่มลูกค้าประจำในระดับชุมชนเท่านั้น จากศักยภาพของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถนำมาสร้างแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน บนพื้นฐานปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ทั้งหมด 7 ประเด็นดังนี้ 1) การวางแผน 2) ระบบการผลิตและมาตรฐานที่ปลอดภัย 3) การเจรจาต่อรองทางการค้า 4) ความกระตือรือร้นในการหาความรู้ 5) การบูรณาการการทำงานร่วมกันของเกษตรกรกับหน่วยงานอื่น ๆ 6) การสร้างต้นแบบของกลุ่มเกษตรกร และ 7) ความมุ่งมั่นในการทำการเกษตรปลอดภัย เน้นวิถีเกษตรธรรมชาติตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: สินค้าเกษตร อาหารปลอดภัย ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และ เศรษฐกิจพอเพียง

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: tasaneemail999@gmail.com

Research on the Improvement and the Development of Agricultural Products in the Communities for Food Safety System under ASEAN Economic Community (AEC)

Tasane Aromkliang^{*}

*Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chiangmai Rajabhat University,
Chiangmai 50300, Thailand*

Abstract

The objective were to study and to increase the potential of agricultural communities in Chiang Mai and develop the agricultural products in the communities for the Food Safety System under ASEAN Economic Community (AEC), based upon the Sustainable Economy Philosophy. This qualitative research was supported by the quantitative analysis and Chosen as a sample group by purposive sampling from 5 groups of volunteering farmers from 5 Thumbols. PAR, was implemented along with the SWOT analysis to interpret the potential of the communities using statistical data in terms of averages from descriptive statistics. In addition, 6-dimension analysis was also conducted to measure the achievement of the project development and to demonstrate the potential of the farmers in order to offer suggestions for the improvement and the development of the agricultural products in the Chiang Mai communities for the Food Safety System under ASEAN Economic Community.

It was found from the research that the strengths of all 5 groups of farmers in Chiang Mai was their expertise in production, marketing, soil quality, product processing, promotion, group accounting management and knowledge transfer. On the other hand, their weakness was the lack of knowledge regarding good and effective farming. Their most important possible opportunity was the support of governmental agencies in farming and knowledge sharing; while their threat was that the needs for their agricultural products were limited to regular customers in their own communities. From the mentioned potential of farmers in Chiang Mai, 7 guidelines to improve and develop the agricultural products in the communities for the Food Safety System under ASEAN Economic Community based upon the Sustainable Economy Philosophy are as follows: 1) Planning; 2) Safe Production and Standards; 3) Business Negotiations; 4) Knowledge Acquisition; 5) Cooperation and Integration with Other Related Parties; 6) Farmer's Prototype Creation and 7) Safe Farming Based on Sustainable Economy.

Keywords: Agricultural Products, Food Safety System, ASEAN Economic Community (AEC) and Sustainable Economy

^{*} Corresponding author: E-mail: tasaneemail999@gmail.com

บทนำ

ตามที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้อาหารไทยเป็นอาหารยอดนิยมของผู้บริโภคในระดับสากลโดยได้วางยุทธศาสตร์ให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก (Thai Kitchen To The World) โดยรัฐบาลได้มีการกำหนดเป้าหมายและแนวทางการดำเนินงาน 4 ประการ ได้แก่ ประการที่หนึ่ง ไทยต้องเป็นผู้ส่งออกสินค้าอาหารรายการใหญ่ 1 ใน 5 ของโลกภายในเวลา 2-3 ปี โดยที่ต้องได้รับการยอมรับและเชื่อมั่นระดับสูงสุด ในด้านความปลอดภัยและสุขอนามัย ประการที่สอง เป้าหมายของยุทธศาสตร์ครัวโลกจะผลักดันให้วัตถุดิบในการปรุงอาหารของไทยตลอดจนเครื่องปรุงรสอื่นๆ อีกหลายชนิดสามารถส่งออกได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลในการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ประการที่สาม เพื่อสนับสนุนให้ร้านอาหารไทยในต่างประเทศเป็นศูนย์กระจายข้อมูลการท่องเที่ยว รวมทั้งเป็นจุดประชาสัมพันธ์เมืองไทยให้ชาวต่างชาติได้รับรู้ และเป็นแหล่งขายสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ และประการสุดท้ายคือ สนับสนุนการเปิดธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศเพื่อผลักดันให้ร้านอาหารไทยบริการอาหารรสชาติไทยแท้ๆ และเป็นผู้รู้จักในตลาดโลกมากขึ้น รวมไปถึงมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ แต่ผลกระทบอันเนื่องมาจากอาหารที่ส่งออกไม่มีความปลอดภัย ส่งผลให้อาหารไทยหลายรายการ ต้องถูกระงับหรือสั่งห้ามนำเข้าจากหลาย ๆ ประเทศ เช่น การห้ามนำเข้าไก่ในประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป เป็นต้น (Sirhiram, 2019) สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ร่วมกันกำหนดวิสัยทัศน์ของยุทธศาสตร์ ครัวไทยสู่ครัวโลก พ.ศ. 2559-2564 โดยเน้นครอบคลุมการพัฒนาทั้งการผลิต การส่งออก สินค้าและบริการด้านอาหาร ไว้ดังนี้ “ไทยเป็นผู้นำในการผลิตและส่งออกสินค้าอาหาร และบริการด้านอาหาร อันดับ 1 ใน 10 ของโลก ที่มีความปลอดภัยและสุขอนามัยสูง มีคุณภาพมาตรฐานสากลบนพื้นฐาน

ของความยั่งยืนและมั่นคงทางอาหารของประเทศ” (Office of the National Economic and Social Development Board, 2015) ทั้งนี้เพื่อให้ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการผลิตและส่งออกสินค้าอาหารอย่างมีมาตรฐาน อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและความมั่นคงทางอาหารควบคู่กับการพัฒนาตลอดเพื่อตอบสนองต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคของโลก ซึ่งถ้าหากพิจารณาแล้วมูลค่าการส่งออกอาหารของอุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทย เป็นหนึ่งในประเด็นที่น่าจับตามอง เนื่องจากประเทศไทยสามารถผลิตอาหารส่งออกไปยังต่างประเทศและสร้างรายได้กลับสู่ประเทศเป็นจำนวนมหาศาลกว่า 25 พันล้านเหรียญสหรัฐ หรือคิดเป็นร้อยละ 207 ของตลาดสินค้าอาหารโลก และร้อยละ 13 ของสินค้าส่งออกทั้งหมดของประเทศ (Global Trade Atlas) อ้างถึงส่วนงานวิจัย National food Institute, 2012) โดยสหภาพยุโรปถือเป็นผู้ส่งออกมากที่สุดในโลก คิดเป็นร้อยละ 41.2 ของมูลค่าการส่งออกของโลก โดยเป็นผู้ส่งออกอาหารรายการใหญ่เป็นอันดับ 8 ของโลกรองจากกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (EU 27) สหรัฐอเมริกา บราซิล และจีน (Sirhiram, 2019)

โอกาสของประเทศในไทยในอาเซียน พบว่า การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนเป็นอีกหนึ่งโอกาสของภาคการเกษตรของไทย เพราะด้วยขนาดตลาดที่ใหญ่ขึ้นในด้านจำนวนประชากร (จากตลาดภายในประเทศไทยที่มีจำนวนประชากร 60 กว่าล้านคน เพิ่มขึ้นเป็น 600 ล้านคนในระดับอาเซียน), มูลค่าตลาด (GDP) ไทยมีมูลค่าประมาณ 3.5 แสนล้าน\$ ในขณะที่อาเซียนมี GDP มูลค่ารวม มากกว่า 2 ล้านล้าน\$) และด้านกำลังซื้อ (ประชากรไทยมีรายได้เฉลี่ย 10,000\$ ต่อคนต่อปี ในขณะที่ประเทศอื่น ๆ เช่น สิงคโปร์ บรูไน และมาเลเซีย ประชากรมีรายได้เฉลี่ย 17,675\$, 50,927\$, และ 62,400\$ ตามลำดับ) ทำให้ปริมาณความต้องการสินค้าเกษตรและอาหารมีเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ในขณะที่หลายประเทศยังผลิตอาหารไม่พอเลี้ยงประชากรในประเทศของตน และบางประเทศ มีกำลังซื้อ พอที่จะนำเข้าสินค้าที่เราผลิตได้ จึงนับเป็นโอกาสทางการตลาดที่เพิ่มมากขึ้นแต่อย่างไรก็

ตามเมื่อมาวิเคราะห์ ในรายประเทศ พบว่า ประเทศไทย จัดว่า เป็นประเทศที่มีผลผลิตอาหารพอเพียง ประชาชน ไม่ได้หิวโหย ดังนั้นจึงเป็นโอกาสของไทย ที่จะผลิตอาหาร เลี้ยงภูมิภาค และโลก ได้อีกมาก (Global Harvest Initiative's, 2016) ดังนั้น จึงเป็นโอกาสของไทย ในการ เป็นศูนย์กลางอาหารของอาเซียน (Food Hub Of ASEAN) ในการเป็นผู้ผลิต เพื่อสร้างมูลค่า และการ บริหารจัดการ เพื่อการส่งออกอาหาร ไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก ที่ยังไม่มี ความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะ ประเทศเพื่อนบ้านที่มีกำลังซื้อสูงในอาเซียน ที่ยังมีความ ต้องการพึ่งพิงการนำเข้าอาหารจากประเทศอื่น ๆ สำหรับ กลุ่มประเทศที่มีรายได้ต่ำ ไทยสามารถนำเข้าวัตถุดิบที่มี ราคาต่ำกว่า เพื่อนำเข้ามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหาร และผลิตภัณฑ์แปรรูป ส่งออกสินค้าต่อไป

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food And Agricultural And Development Economics Division, FAO) ได้ให้คำนิยามว่า ความ มั่นคงทางอาหาร (Food Security) หมายถึง ประชาชน สามารถเข้าถึงอาหารที่มีปริมาณมากพอเพียง (Sufficient) มีความปลอดภัย (Safe) และ มีโภชนาการที่ พอเพียงต่อการเจริญเติบโต (Nutritious Food) (Agricultural And Development Economics Division, 2013) โดยประเทศไทยได้รับการพิจารณาให้ เป็นประเทศที่มีความมั่นคงทางอาหารและมีศักยภาพใน การส่งออก ในระดับอาเซียน เป็นลำดับที่ 2 รองจาก มาเลเซีย (ไม่รวมประเทศ สิงคโปร์ และบรูไน) ดังนั้นจึง เป็นเรื่องน่าพิจารณาว่า หากไทยจะวางยุทธศาสตร์ ใน การเป็น “ครัวของโลก” ไทยต้องปรับตัวอย่างไร เพื่อให้ เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ด้วยเหตุนี้คณะนักวิจัยจึงได้ จัดทำโครงการวิจัยเพื่อทบทวนและวิเคราะห์สถานการณ์ และทิศทางการวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ต่อ ภาคเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ต่อการปรับตัวในอาเซียน โดย จัดทำเป็นโครงการก่อนการวิจัยจริง (Pre-Research) เป็นการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อทบทวนแผนกลยุทธ์ ท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่ด้านเศรษฐกิจเกษตร วิเคราะห์ สถานการณ์การแข่งขันในอาเซียนต่อภาคเกษตร ปัญหา

และอุปสรรค เพื่อให้ได้โจทย์วิจัย ซึ่งการทำ Pre-Research ครั้งนี้ได้จัดขึ้นในวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2558 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่ ภายในงานมีหน่วยงาน เข้าร่วมมากกว่า 40 หน่วยงาน ทั้งภาครัฐ เอกชน รัฐวิสาหกิจ และชุมชนเกษตร รวมถึงท้องถิ่นจังหวัด เชียงใหม่ ทำให้สามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นกับภาค เกษตรของท้องถิ่นในจังหวัดเชียงใหม่ที่สำคัญ คือ ปัญหา ด้านการบริหารจัดการธุรกิจเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ โดยเฉพาะธุรกิจแปรรูปพืชผลทางเกษตรที่ต้องพัฒนา กลุ่มธุรกิจชุมชนหรือกลุ่ม OTOP และกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ที่พร้อมและสามารถแข่งขันในประชาคมเศรษฐกิจ อาเซียนได้ แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานของเศรษฐกิจพอเพียง

ดังนั้น นักวิจัยจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่องการวิจัย เพื่อพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบ อาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Research On The Improvement And The Development Of Agricultural Products In The Communities For Food Safety System Under ASEAN Economic Community (AEC) ภายใต้ชุด โครงการ “การสร้างและพัฒนาศักยภาพภาคการเกษตร ของชุมชน จังหวัดเชียงใหม่อย่างสร้างสรรค์ เพื่อการ แข่งขันในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน บนพื้นฐานปรัชญา ของเศรษฐกิจพอเพียง (Project Management “Research And Developing The Potentiality Of Chiang Mai Agricultural Community Creatively For ASEAN Economic Community Competition Base On Sufficiency Economy Philosophy (R&D AGGIE For AEC)” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและพัฒนา ศักยภาพของชุมชนภาคการเกษตรในจังหวัดเชียงใหม่ ด้านการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบ อาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนบน พื้นฐานปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อเสนอยุทธศาสตร์ ในการพัฒนาศักยภาพภาคการเกษตรชุมชน จังหวัด เชียงใหม่ ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผลที่ได้จะนำไป ขยายต่อในระดับภาคต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความต้องการเข้าร่วมโครงการใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Sampling) จากอำเภอต่าง ๆ ที่สนใจจะเข้าร่วมโครงการทั้งหมด 25 อำเภอ 207 ตำบล ในจังหวัดเชียงใหม่

1.2 ขั้นตอนที่ 2 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีสุ่มแบบเจาะจงตามวัตถุประสงค์ (Purposive Sampling) โดยมีผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 20 ชุมชน และทำการคัดเลือกโดยศึกษาถึงศักยภาพที่จะพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายในระดับอาเซียนได้ โดยมีตำบลที่สนใจในประเด็นการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยของชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ ให้มีศักยภาพการแข่งขันในอาเซียน จำนวน 5 ตำบล 5 กลุ่มเกษตรกร

2. ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการสำรวจ สอบถามและสัมภาษณ์ในพื้นที่ 25 อำเภอ 5 ชุมชน ทั่วจังหวัดเชียงใหม่

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ เอกสาร งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาศักยภาพชุมชนเกษตรในจังหวัดเชียงใหม่ การวิจัยและพัฒนาศักยภาพภาคการเกษตรของชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ ในประเด็นการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และการเสนอยุทธศาสตร์ในการพัฒนาศักยภาพภาคการเกษตรชุมชน จังหวัดเชียงใหม่

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบฟอร์มแสดงความประสงค์เข้าร่วมโครงการ

2) แบบฟอร์มเพื่อประเมินคัดกรองผู้เข้าร่วมโครงการ

3) แบบฟอร์มวิเคราะห์และประเมินผลในส่วน of ผลผลิตใช้แบบสำรวจ Diamond Model ของ Michael E. Porter (1990)

4) แบบฟอร์มการประเมิน Focus Group 3 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคชุมชน

3. การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

3.1 ใช้การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงระบบ System Analysis ประกอบด้วย Input ปัจจัยนำเข้า ได้แก่ กลุ่มเป้าหมายของโครงการ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของโครงการ ได้แก่ ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคชุมชน รวมถึงนักวิจัยที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด Process ได้แก่ กระบวนการต่าง ๆ ในแต่ละกิจกรรม Output ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ด้านการพัฒนาการตลาดสินค้าเกษตรของชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ให้มีศักยภาพการแข่งขันในอาเซียน ตามตัวชี้วัดของแบบจำลอง Diamond Model ของ Michael E. Porter (1990)

3.2 การประเมินผล ในการประเมินผลครั้งนี้จะแบ่งการประเมินผลเป็นสองรูปแบบ คือการประเมินผลในเชิงปริมาณ และการประเมินผลเชิงคุณภาพ

3.2.1 การประเมินผลเชิงปริมาณ จะแบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้

3.2.1.1 การหาข้อมูลสถิติจากค่าเฉลี่ย การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในลักษณะของสถิติเชิงพรรณนา และ

3.2.2.2 การประเมินผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาของโครงการประกอบด้วยมิติต่าง ๆ 6 มิติ ได้แก่ 1. ปัจจัยในการดำเนินงาน (Factor Condition) 2. เงื่อนไขด้านความต้องการของตลาด (Demand Condition) 3. อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องและสนับสนุน (Related And Supporting Industries) 4. กลยุทธ์ขององค์กร โครงสร้าง และการแข่งขัน (Firm Strategy, Structure And Rivalry) 5. รัฐบาล (Government) และ 6. เหตุสุวิสัย หรือโอกาส (Chance)

3.2.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ผลจากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายต่าง ๆ ที่เป็นการเก็บข้อมูลเชิง

คุณภาพมาประมวล เพื่อยืนยันหรือเสริมข้อมูลเชิงปริมาณให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ผลการวิจัย

1. ศักยภาพของชุมชนเกษตรกรใน จังหวัดเชียงใหม่ ในส่วนปัจจัยสภาพแวดล้อมภายใน พบว่า มีจุดแข็งคือ กลุ่มเกษตรกรมีสมาชิกที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการผลิต การตลาด คุณสมบัติของดิน การแปรรูปสินค้า การประชาสัมพันธ์ การจัดการบัญชีของกลุ่ม และสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้ที่สนใจได้ แต่ยังคงมีจุดอ่อนคือ เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการฟาร์มที่ดี และมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก พบว่า มีโอกาสที่สำคัญคือ สินค้าเกษตรมีความต้องการในระดับประเทศทั้งในกลุ่มลูกค้ารายใหญ่และรายย่อย และกลุ่มเกษตรกรมีหน่วยงานและสถาบันการศึกษาเข้ามาช่วยสนับสนุนในการจัดการฟาร์ม และให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ ส่วนอุปสรรคที่สำคัญคือ สินค้าเกษตรมีความต้องการในระดับชุมชนจากกลุ่มลูกค้าประจำเท่านั้น ทำให้ตลาดไม่มีความหลากหลาย

2. แนวทางการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนบนพื้นฐานของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในประเด็นการพัฒนา ทั้งหมด 7 ประเด็น ดังนี้

2.1 กลุ่มเกษตรกรชุมชนจังหวัดเชียงใหม่มีการวางแผนการพัฒนาและต่อยอดอาหารหรือสินค้าเกษตรของตนที่จะนำมาเป็นอาหารบริโภคสำหรับมนุษย์ให้มีความปลอดภัย โดยไม่มีลักษณะของอาหารไม่บริสุทธิ์ตามกฎหมายว่าด้วยอาหาร และตามกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้บริโภคปลอดภัยจากอันตรายที่มาจากอาหาร (Food Hazard) ได้แก่ อันตรายทางชีวภาพ อันตรายทางเคมี และอันตรายทางกายภาพ

2.2 การพัฒนาสินค้าเกษตรของกลุ่มให้มีระบบการผลิตที่ปลอดภัย และหามาตรฐานที่เหมาะสมกับ

สินค้าเกษตรของตนเอง โดยมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยด้านอาหาร มีดังนี้ (1) โครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission: Codex) (2) การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agricultural Practice, GAP) (3) มาตรฐานสุขลักษณะที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Hygiene Practice, GHP) (4) มาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์ (Good Manufacturing Practice, GMP) (5) การวิเคราะห์อันตรายและการควบคุมจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) (6) สมาคมผู้ประกอบการธุรกิจค้าปลีกแห่งสหราชอาณาจักร (British Retail Consortium Standard-Food, BRC) (7) มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (International Food Standard, IFS) (8) European Hygienic Equipment Design Group (EHEDG) หรือองค์กรหนึ่งในสหภาพยุโรปที่ก่อตั้งขึ้นด้วยเพื่อสร้างความก้าวหน้าในด้านสุขอนามัยและวิศวกรรมอาหาร (9) 3-A Sanitary Standards, Inc. (3-A SSI) หรือ องค์กรอิสระ ที่ไม่แสวงหากำไรซึ่งดำเนินการกำหนดมาตรฐานทางด้านสุขอนามัย และ (10) ระบบควบคุมปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร ซึ่งอาจตกค้างในสินค้าอาหารครอบคลุมถึงยาฆ่าแมลง สิ่งปรุงแต่งในอาหารสัตว์ และยารักษาโรคสำหรับสัตว์ (Positive List System) ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกมาตรฐานสินค้าที่เหมาะสมเพื่อสร้างเป้าหมายในการพัฒนาสินค้าของตนได้

2.3 กลุ่มเกษตรกรสามารถพัฒนาสินค้าเกษตรสู่ระบบอาหารปลอดภัยโดยใช้เป็นข้อต่อรองทางการค้าได้ เช่น คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยจากสารเคมีตกค้าง กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเลี้ยงที่ถูกสุขอนามัย และกระบวนการดูแลรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น การเข้าสู่ประชาคมอาเซียนทำให้การแข่งขันของสินค้าเกษตรสูงและรุนแรงมากขึ้น เกษตรกรจึงควรพัฒนาและต่อยอดมาตรฐานสินค้าเกษตรสู่ระบบอาหารปลอดภัยให้มีคุณภาพที่สูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันสินค้าเกษตรของชุมชนจนสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

2.4 เกษตรกรควรมีความกระตือรือร้นให้หาความรู้ด้านมาตรฐานสินค้าเกษตร สินค้าปลอดภัย ทั้งในประเทศและสำหรับสินค้าที่จะส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งเกษตรกรสามารถเข้าร่วมการอบรมจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากหนังสือหรือบทความงานวิจัยเชิงวิชาการต่าง ๆ หรือสามารถสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตได้ เช่น สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นต้น

2.5 การบูรณาการการทำงานร่วมกันของเกษตรกรกับหน่วยงานรัฐและเอกชน ผ่านกิจกรรมหรือโครงการด้านการพัฒนาศักยภาพด้านการผลิตและการจัดการสินค้าเกษตรปลอดภัย ให้มีมาตรฐานที่มั่นคงและยั่งยืน เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรมีแนวทางในการพัฒนาสินค้าเกษตรที่ชัดเจนมากขึ้น

2.6 การสร้างต้นแบบของกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ด้านการพัฒนาสินค้าเกษตรในระบบอาหารปลอดภัย การยกระดับการผลิตสินค้าให้ได้มาตรฐานและมีคุณภาพที่สูง รวมไปถึงการจัดระบบฟาร์มอย่างมีมาตรฐาน เพื่อเป็นต้นแบบ เชื่อมโยงเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิต โรงงาน และตลาด ในลักษณะที่มีการผลิตวัตถุดิบและการเก็บเกี่ยวที่มีคุณภาพ ปลอดภัย ป้อนสู่โรงงานหรือแหล่งจำหน่าย ซึ่งสามารถสร้างความแน่นอนและยกระดับราคาสินค้าเกษตรคุณภาพได้

2.7 เกษตรกรควรมีความมุ่งมั่นและแน่วแน่ในการทำการเกษตรปลอดภัย เน้นวิถีเกษตรธรรมชาติตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง อีกทั้งคนในชุมชนหรือสมาชิกกลุ่มควรมีความสามัคคีกัน ร่วมมือร่วมใจกันในการพัฒนาและต่อยอดสินค้าของตนเอง

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การวิจัยเพื่อพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบ อาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน” อาศัยแนวคิดกระบวนการ

วิเคราะห์ SWOT ของ Hutanuwatr and Hutanuwatr (2002) ในการวิเคราะห์จุดแข็ง โอกาส จุดอ่อน และอุปสรรคของกลุ่มเกษตรกร จังหวัดเชียงใหม่ ทั้ง 5 กลุ่มเกษตรกร ซึ่งการวิจัยพบว่า จุดแข็งของกลุ่มเกษตรกรที่สำคัญ คือ กลุ่มเกษตรกรมีสมาชิกที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการผลิต การตลาด คุณสมบัติของดิน การแปรรูปสินค้า การประชาสัมพันธ์ การจัดการบัญชีของกลุ่ม และสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้ที่สนใจได้ ด้านโอกาสที่สำคัญ คือ สินค้าเกษตรมีความต้องการในระดับประเทศ ทั้งในกลุ่มลูกค้ารายใหญ่และรายย่อย และกลุ่มเกษตรกรมีหน่วยงานและสถาบันการศึกษาเข้ามาช่วยสนับสนุนในการจัดการฟาร์ม และให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ แต่กลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมยังมีจุดอ่อนที่สำคัญ คือ เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการฟาร์มที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีอุปสรรคที่สำคัญ คือ สินค้าเกษตรมีความต้องการในระดับชุมชนจากกลุ่มลูกค้าประจำเท่านั้น ทำให้ตลาดไม่มีความหลากหลาย ซึ่งการศึกษาของ Suankaew (2014) กล่าวว่า ความสำเร็จในการดำเนินการตามนโยบายครัวไทยสู่ครัวโลกภายใต้ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน พบว่า มูลค่าทางการค้าที่เพิ่มสูงขึ้นมาจากการเพิ่มฐานข้อมูลในการวิเคราะห์โอกาสทางการค้าจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

จากการวิเคราะห์และประเมินผลโดยใช้แบบจำลอง Diamond Model ของ Michael E. Porter (1990) และแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งมีปัจจัยส่งเสริมและท้าทายสู่ความเป็นเลิศต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกร ประกอบไปด้วย 1) ปัจจัยในการดำเนินงาน (Factor Condition) 2) เงื่อนไขด้านความต้องการของตลาด (Demand Condition) 3) อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องและสนับสนุน (Related And Supporting Industries) 4) กลยุทธ์ โครงสร้าง และการแข่งขัน (Firm Strategy Structure And Rivalry) 5) รัฐบาล (Government) และ 6) เหตุสุฉวิสัย หรือโอกาส (Chance) ทำให้ค้นคว้าเห็นถึงศักยภาพของชุมชนในแต่ละแห่ง และทราบแนวทางในการพัฒนาและต่อยอด

สินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัย ทั้งหมด 7 ประเด็น ซึ่งประเด็นที่สำคัญที่สุด คือ การพัฒนาสินค้าเกษตรของกลุ่มให้มีระบบการผลิตที่ปลอดภัย และหามาตรฐานที่เหมาะสมกับสินค้าเกษตรของตนเอง เพื่อสร้างเป้าหมายในการพัฒนาสินค้าเกษตรสู่ระบบปลอดภัยและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งการศึกษาของ Tunchareon (2015) เรื่อง พฤติกรรมการบริโภคผักให้ปลอดภัยจากสารพิษของประชาชน: ศึกษากรณี ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ปัจจัยหลักของผู้บริโภค คือ ระดับรายได้ ความรู้ ทักษะ ปัจจัยอื่น ได้แก่ การได้รับความสะดวกในการบริโภคผักให้ปลอดภัยจากสารพิษ และการมีวัสดุ อุปกรณ์ในการลดสารพิษ ปัจจัยเสริม ได้แก่ การได้รับคำแนะนำจากคนใกล้ชิดมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคผักให้ปลอดภัยจากสารพิษ

การศึกษาของ Potjanamart (2012) กล่าวว่า การจัดเวทีเสวนา เป็นกิจกรรมที่ปรับแนวคิดด้านสุขภาพ ทบสวนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างชุมชนกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดความตระหนักถึงปัญหา และกำหนดแนวทางการจัดการหมู่บ้านอาหารปลอดภัยไปในทิศทางเดียวกัน สร้างองค์ความรู้ให้แก่ชุมชนที่จะควบคุมการผลิตอาหารที่ปลอดภัย ก่อให้เกิดความเข้มแข็งของชุมชน อันเป็นภาพที่แสดงออกถึงศักยภาพของชุมชนในการดำเนินการที่เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย ควรที่จะศึกษาผลกระทบของประชาคมอาเซียนที่มีต่อกลุ่มเกษตรกรชุมชนท้องถิ่น จังหวัดเชียงใหม่ ในด้านการพัฒนาและต่อ

ยอดสินค้าเกษตรสู่ระบบอาหารปลอดภัยของทุกชุมชนทั้ง 207 ชุมชนในจังหวัดเชียงใหม่ หลังจากนั้นทำการคัดเลือกชุมชนที่มีศักยภาพในการแข่งขันประชาคมอาเซียนด้านการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรสู่ระบบอาหารปลอดภัย เพื่อนำมาเป็นตัวแทนของชุมชนในการวางแผนการพัฒนาการเกษตรด้านการพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรสู่ระบบอาหารปลอดภัย บนพื้นฐานปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ในจังหวัดเชียงใหม่ และในระยะต่อไป การวิจัยควรบูรณาการการทำงานกับชุมชนนอกจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายของการขยายผลการวิจัยให้เกิดประโยชน์ของการนำไปใช้ให้มากขึ้น รวมถึงการวางแผนการพัฒนาสินค้าเกษตรสู่ระบบอาหารปลอดภัยร่วมกับชุมชนในประเทศอาเซียนทั้ง 9 ประเทศ เพื่อให้เกิดการพัฒนาสินค้าเกษตรอย่างยั่งยืนและเกิดประโยชน์ร่วมกันมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้มีส่วนสนับสนุนให้การวิจัยประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ เริ่มจาก กลุ่มเกษตรกรชุมชนท้องถิ่น 5 ตำบล 5 กลุ่มเกษตรกร และหน่วยงานสนับสนุน ทั้งภาครัฐและเอกชน และภาคชุมชน กิจวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้สนับสนุนทุนวิจัย

References

- Agricultural and Development Economics Division. 2006. Food Security. Policy Brief 2. (June, 2013).
- Global Harvest Initiative's. 2016. New Report Warns of Regional Food Security Challenges Despite Global Progress [online]. [Accessed Oct 18, 2016]. Available from: URL: <https://www.globalharvestinitiative.org/media-resources/press-releases/2012-gap-report-press-release>.
- Hutanuwatr, N. & Hutanuwatr N. 2002. SWOT: Strategic Planning for Community Enterprises. Ubon Ratchathani: Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Local Development Institute. (in Thai)
- National food Institute. 2012. Global trade Atlas. Bangkok. Ministry of Industry. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Board. 2015. Kitchen to the world: Strategic plan (2016-2121). Bangkok: Prime minister' office. (in Thai)
- Potjanamart, C., Jaiwat, S., Konkaew, S. and Junkaew, N. 2012. Enhance community capacity in managing food safety village. School of nursing Mae Fah Luang University: Chiang Rai Province. (in Thai)
- Porter, Michael, E. 1990. Competitive Strategy: Techniques for analyzing industries and competitions: with a new introduction, New York: Free Press.
- Sirhiram, N. 2019. Food safety: Kitchen to the world. Faculty of Humanities: Chiangmai University. (in Thai)
- Suankaew, P. 2014. The Success of the Thai Kitchen to the world policy with cooperation between public and private sectors. Faculty of political science. Bangkok: Bangkok University. (in Thai)
- Tunchareon, M. 2015. Peoples' behavior of pesticide-residue free vegetable consumption: A case study of Tambon donchedi, Amphur phanomthuan, Kanchanaburi. Social Science for development progame: Kanchanaburi Rajabhat University. (in Thai)

พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ ในเขตอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

ศิริรัตน์ สารแสง*, กิตติศักดิ์ รสโสภา, ภัฏญารัตน์ โคตรชมพู และ อรรถศาสตร์ วิเชียรศาสตร์

สาขาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ทำการศึกษากลุ่มผู้บริโภคจำนวน 400 ราย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-30 ปี สถานภาพโสด อาชีพนักศึกษา การศึกษาระดับปริญญาตรี มีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาทต่อเดือน ด้านพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างรู้จักผักไฮโดรโปนิคส์จากช่องทางทางโทรทัศน์มากที่สุด ความถี่ในการบริโภคมากที่สุด คือ เดือนละครั้ง สถานที่ซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุด คือ ห้างสรรพสินค้า ชนิดของผักไฮโดรโปนิคส์ที่นิยมบริโภคมากที่สุดคือ เรดโอ๊ค ปริมาณการซื้อในแต่ละครั้งมากที่สุด คือ ต่ำกว่าครึ่งกิโลกรัม ค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์แต่ละครั้ง คือ 30-50 บาท ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ที่สำคัญที่สุด คือ สุขภาพ ราคา ความสะอาดของร้านจำหน่าย และสัญลักษณ์รับรองความปลอดภัย

คำสำคัญ: พฤติกรรมการบริโภค และ ผักไฮโดรโปนิคส์

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: Sirirat110211@gmail.com

Behavior and Factors Influencing Consumers on Hydroponic Vegetable Consumption in Mueang District, Udon Thani Province

Sirirat Sansaeng*, Kittisak Rossoda, Kanyarat Kotchomphu and Atthasat Wiseansat

Program in Agribusiness, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

Abstract

This research was conducted to investigate behavior and factors influencing consumers on hydroponic vegetable consumption in Mueang District of Udon Thani Province. Four hundred consumers were selected as samples of this study. Data collection was done from September to October 2017 towards questionnaires. To analyze the data, descriptive statistics like frequency, percentage, mean, and standard deviation were used. Results revealed that most of the samples responding to the questionnaires were 20 – 30 years old females who were single undergraduate students having income less than 5,000 baht per month. Results of hydroponic vegetable consumption stated that the samples had known hydroponic vegetables from television the most. The highest frequency of consuming hydroponic vegetables was once a month. Besides, the samples preferred to buy hydroponic vegetables from a shopping mall, and Red Oak was the most popular vegetable for their consumption. The highest quantity of their buying was less than half a kilo, and they averagely spent 30 – 50 baht to buy hydroponic vegetables per time. The most important factors influencing consumers' behavior on hydroponic vegetable consumption were health, prices, cleanness, and safety guarantee.

Keywords: Consumption behavior and Hydroponic vegetables

* Corresponding author: E-mail: Sirirat110211@gmail.com

บทนำ

องค์การอนามัยโลกแนะนำให้มีการบริโภคผักและผลไม้วันละ 400 กรัมเป็นประจำ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDS) ได้แก่ หัวใจขาดเลือด ร้อยละ 31 เส้นเลือดในสมองตีบ ร้อยละ 19 ลดอัตราการป่วยและเสียชีวิตจากมะเร็งกระเพาะอาหาร ร้อยละ 19 มะเร็งปอด ร้อยละ 12 มะเร็งลำไส้ใหญ่ ร้อยละ 2 เป็นต้น (Tancharoen, 2017) จากการสำรวจสุขภาพประชาชน ครั้งที่ 5 ระหว่างปี 2557-2558 ใน 21 จังหวัด พบว่า คนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป มีเพียง 1 ใน 4 เท่านั้นที่รับประทานผักและผลไม้อย่างเพียงพอ (Thai Health Promotion Foundation, 2018) ทำให้รัฐบาลต้องเร่งรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงประโยชน์ของการรับประทานผักและผลไม้

จากการส่งเสริมด้านสาธารณสุข ทำให้ปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมาดูแลสุขภาพและป้องกันโรคมามากขึ้น เนื่องจากปัญหาโรคภัยไข้เจ็บที่มีเพิ่มมากขึ้น (Thai Health Promotion Foundation, 2018) ซึ่งนอกจากการออกกำลังกายแล้วการรับประทานอาหารก็เป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยในการป้องกันโรค ทำให้อาหารเข้ามามีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพ อาหารสุขภาพที่นิยมรับประทานมีมากมายหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช เป็นต้น แต่ที่นิยมมากที่สุด คือ ผักปลอดสารพิษ

การรับประทานผักปลอดสารพิษจึงมีความสำคัญเนื่องจากมีประโยชน์ต่อร่างกาย (Suwanaruang, 2017) เช่น ผักที่ให้สีขาว ได้แก่ หัวไชเท้า กระเทียม งาขาว ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสียหายของเซลล์และอวัยวะในร่างกาย ผักสีเหลือง ได้แก่ ฟักทอง พริกหวาน และผักสีส้ม ได้แก่ แครอท ช่วยดูแลรักษา สุขภาพหัวใจ หลอดเลือดและระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายเรา และลดโอกาสการเกิดมะเร็ง กระตุ้นการกำจัดเซลล์มะเร็งในร่างกาย ผักสีแดง ได้แก่ ช่วยต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง ผักสีเขียว ได้แก่ คะน้า ผักบุ้ง ผักโขม ช่วยให้มีพรรณเปลี่ยนแปลงปลั่งสดใสยับยั้งการเกิดริ้วรอย

(Maneetong, 2016) ผักสีม่วง ได้แก่ มะเขือม่วง อัญชัน กะหล่ำปลีสีม่วง ช่วยทำลายสารก่อมะเร็งช่วยขยายหลอดเลือด ซึ่งจากประโยชน์ที่ได้กล่าวมานั้น ทำให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคผักเพิ่มขึ้น (Submarharchoke and Kamonpratuengkorn, 2017)

ผักไฮโดรโปนิคส์เป็นผักที่ใช้กระบวนการปลูกพืชในน้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยตรง (Thummasang, *et al.*, 2013) การปลูกด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว (Department of Agriculture Extension, 2018) ซึ่งระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สามารถจำแนกได้เป็นหลายระบบขึ้นอยู่กับวิธีการต่างๆ แต่ที่นิยมใช้มากในไทยมีดังนี้ 1) การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักเป็นแผ่นบางๆ อย่างต่อเนื่อง (Nutrient Film Technique : NFT) (Duang-onnam, 2016) พืชที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักกินใบจำพวกผักสลัด ที่มีอายุยาวประมาณ 45-50 วัน 2) การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักในระดับลึก (Deep Flow Technique : DFT) การปลูกผักโดยวิธีนี้เหมือนการปลูกแบบลอยน้ำซึ่งสามารถปลูกได้ดีในที่ที่มีแดดจัด โดยวิธีนี้จะมีช่องว่างระหว่างแผ่นปลูกกับสารละลายธาตุอาหารพืชประมาณ 3-5 เซนติเมตร เพื่อให้รากผักบางส่วนถูกอากาศและบางส่วนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักไทย (ผักกินใบที่มีอายุสั้น ประมาณ 20-30 วัน) เช่น ผักคะน้า ผักบุ้ง ผักโขม เป็นต้น 3) การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารและอากาศไหลวนผ่านรากผักในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (Dynamic Root Floating Technique : DRFT) (Department of Agriculture Extension, 2018) ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูก ได้แก่ ผักไทย ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง กะหล่ำดอก ผักกาดหัว ผักกาดขาว ผักบุ้งจีน ผักกาดหอม ขึ้นฉ่าย ผักชี และสายพันธุ์ต่างประเทศ ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค

แบตเตอรี่เฮด สลัดคอส ฟิลเลย์ ไอซ์เบิร์กซ์ เป็นต้น (Thong-Aram, 2007)

จังหวัดอุดรธานีเป็นอีกหนึ่งจังหวัดที่มีการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์เพิ่มมากขึ้น โดยซูเปอร์มาเก็ตแทบทุกแห่งในเขตอำเภอเมืองอุดรธานีมีการนำผักไฮโดรโปนิคส์เข้ามาวางจำหน่าย อย่างไรก็ตามราคาผักไฮโดรโปนิคส์ที่จำหน่ายมีราคาแพงกว่าผักที่ปลูกด้วยดิน แต่กลับมีผู้บริโภคเข้ามาซื้อเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ของคนในพื้นที่เขตอำเภอเมืองอุดรธานี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมืองอุดรธานีและเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในเขตอำเภอเมืองอุดรธานี ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจผักไฮโดรโปนิคส์ต่อไป โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดังนี้

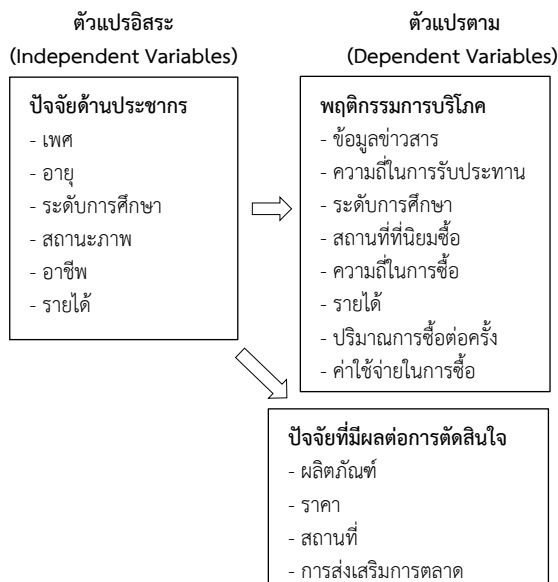


Fig.1 Conceptual Framework

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ประชากรในเขตอำเภอเมืองอุดรธานี จำนวน 179,800 คน ซึ่งขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาร์โร ยามาเน (Yamane, 1973) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน ขนาดของประชากร

e แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง

เมื่อ N = 179,800

e = 0.05

เมื่อแทนค่าจะได้กลุ่มตัวอย่างดังนี้

$n = 179,800 / 1 + 179,800(0.05)^2$

= 399.11 คน

ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ 400 คน

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามซึ่งมีลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบ โดยเลือกตอบได้เพียง 1 ข้อที่ตรงกับพฤติกรรมมากที่สุด ออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค เกี่ยวกับด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานะภาพทางครอบครัว อาชีพ ระดับรายได้

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ ได้แก่ ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับผักไฮโดรโปนิคส์ ความถี่ในการรับประทาน สถานที่ที่นิยมซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ ความถี่ในการซื้อ ปริมาณการซื้อต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการซื้อต่อครั้ง

ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ คำถามจะเกี่ยวกับปัจจัยในด้าน

การตลาดที่มีอิทธิพลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้บริโภค โดยใช้โครงสร้างเป็นแบบมาตรวัดจำแนกระดับ (Rating Scale)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแบ่งออก เป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ จำนวน 400 คน ในระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค จำนวน 7 ข้อ โดยได้นำมาแจกแจงความถี่ และหาค่าร้อยละ

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ จำนวน 8 ข้อ โดยได้นำมาแจกแจงความถี่ และหาค่าร้อยละ

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธี Mid-Point ในการแบ่งระดับความสำคัญของปัจจัย ซึ่งแปลความหมาย ได้ดังนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
4.50-5.00	มีผลในระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีผลในระดับมาก
2.50-3.49	มีผลในระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีผลในระดับน้อย
1.00-1.49	มีผลในระดับน้อยที่สุด

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

จากการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 65.5 เป็นเพศหญิง มากที่สุด และร้อยละ 34.5 เป็นเพศชาย ด้านอายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 35 มีอายุระหว่าง 21-30 ปี มากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 22.25 มีอายุระหว่าง 10-20 ปี ร้อยละ 18.25 มีอายุระหว่าง 31-40 ปี ร้อยละ 11 มีอายุระหว่าง 41-50 ปี ร้อยละ 10.50 มีอายุระหว่าง 51-60 ปี และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 3 มีอายุ 61 ปีขึ้นไป ด้านการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 50.50 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 23.50 มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ร้อยละ 11.50 มีการศึกษาระดับอนุปริญญา/ปวส. ร้อยละ 5 มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 5 มีการศึกษาระดับปริญญาโท ร้อยละ 2.75 มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.75 มีการศึกษาระดับปริญญาเอก ด้านสถานภาพ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 62.50 มีสถานภาพโสดมากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 35.25 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 2 สถานภาพอยู่ร้าง และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.25 มีสถานภาพหม้าย ด้านอาชีพ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 36.25 มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษามากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 19.50 มีอาชีพพนักงานเอกชน ร้อยละ 18 มีอาชีพธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 14.75 มีอาชีพรับราชการ ร้อยละ 6.75 มีอาชีพรับจ้างทั่วไป ร้อยละ 3.25 อาชีพแม่บ้าน และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.50 มีอาชีพเกษตรกร ด้านรายได้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 29 มีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท มากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 16.75 มีระดับรายได้ 30,001 บาทขึ้นไป ร้อยละ 15.75 มีระดับรายได้ 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 14.75 มีระดับรายได้ 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 12.5 มีระดับรายได้ 20,001-30,000 บาท และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 11.25 มีระดับรายได้ 15,001- 20,000 บาท (Table 1)

Table 1 Buyers' General Information in Muang Udon Thani District

Information	Number of Sample	Percentage
1. Gender		
- Male	138	34.50
- Female	262	65.50
Total	400	100
2. Age		
- 10 – 20 years old	89	22.25
- 21 – 30 years old	140	35.00
- 31 – 40 years old	73	18.25
- 41 – 50 years old	44	11.00
- 51 – 60 years old	42	10.50
- More than 60 years old	12	3.00
Total	400	100
3. Level of Education		
- Elementary school or lower	11	2.75
- Junior high school	20	5.00
- Senior high school/vocational certificate	94	23.50
- Diploma/ high vocational certificate	46	11.50
- Bachelor degree	202	50.50
- Master degree	20	5.00
- Philosophy of Doctoral degree	7	1.75
Total	400	100
4. Status		
- Single	250	62.50
- Married	141	35.25
- Divorced	8	2.00
- Widowed	1	0.25
Total	400	100
5. Occupation		
- Students	145	36.25
- Government officers	59	14.75
- Private employees	78	19.50
- Businesses owners	72	18.00
- Maids	13	3.25
- Farmers	6	1.50
- Labor	27	6.75
Total	400	100
6. Income/month		
- Less than 5,000 baht	116	29.00
- 5,001-10,000- baht	63	15.75
- 10,001-15,000 bah	59	14.75
- 15,001-20,000baht	45	11.25
- 20,001-30,000 baht	50	12.50
- More than 30,000 baht	67	16.75
Total	400	100

2. พฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์

ด้านพฤติกรรมการรับรู้ข้อมูลผักไฮโดรโปนิคส์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 38.5 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จากช่องโทรทัศน์มากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 27.75 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จาก Facebook ร้อยละ 9.75 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จากเพื่อน/ญาติ ร้อยละ 9.25 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จากการเข้าอบรม ร้อยละ 6.5 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จากนิตยสาร ร้อยละ 5.25 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จากห้างสรรพสินค้า ร้อยละ 2.25 รู้จักผักไฮโดรโปนิคส์ จากหนังสือพิมพ์ และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.75 รู้จากแม่ค้าในตลาดสด

ด้านความถี่ในการรับประทานผักไฮโดรโปนิคส์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 30.5 รับประทานผักไฮโดรโปนิคส์เดือนละครั้งมากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 20.25 รับประทานผักไฮโดรโปนิคส์ 2-3 วัน/ครั้ง ร้อยละ 15.51 รับประทานผักไฮโดรโปนิคส์สัปดาห์ละครั้ง ร้อยละ 12.75 รับประทานผักไฮโดรโปนิคส์สัปดาห์ละครั้ง 2 สัปดาห์/ครั้ง ร้อยละ 11 รับประทานผักไฮโดรโปนิคส์นานๆ ครั้ง และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 10 รับประทานผักไฮโดรโปนิคส์ทุกวัน

ด้านสถานที่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 72 ซื้อจากห้างสรรพสินค้ามากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 16.25 ซื้อจากตลาดสด ร้อยละ 7 ซื้อจากร้านอาหารเพื่อสุขภาพ และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 4.75 ซื้อจากฟาร์มหรือสถานที่ผลิต

ด้านความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 28.75 มีความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโป

นิคส์เดือนละครั้งมากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 25.25 มีความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์สัปดาห์ละครั้ง ร้อยละ 18.75 มีความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ 2-3 วัน/ครั้ง ร้อยละ 10 มีความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ 2 สัปดาห์/ครั้ง ร้อยละ 9.25 มีความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ทุกวัน และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 8 มีความถี่ในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์นานๆ ครั้ง

ด้านปริมาณการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 40.5 มีปริมาณการซื้อในแต่ละครั้งต่ำกว่าครึ่งกิโลกรัมมากที่สุด ร้อยละ 31.5 มีปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง 0.50-1 กิโลกรัม ร้อยละ 13.75 มีปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง 1.1-1.5 กิโลกรัม ร้อยละ 10.75 มีปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง 2.1 กิโลกรัม ขึ้นไป และน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 3.5 มีปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง 1.6-2 กิโลกรัม

ด้านค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ ในแต่ละครั้ง พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 25.75 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง 30-50 บาท มากที่สุด รองลงมา ร้อยละ 21.75 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง 131 บาทขึ้นไป ร้อยละ 20 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง 51-70 บาท ร้อยละ 11.25 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง 111-130 บาท ร้อยละ 10.75 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง 71-90 บาท และน้อยที่สุด ร้อยละ 10.5 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ในแต่ละครั้ง 91-110 บาท (Table 2)

Table 2 Consumers' Behavior in Hydroponics Vegetable Consumption in Muang Udon Thani District

Consumers' Behavior	Number of Sample	percentage
1. Channels for receiving hydroponics vegetable information		
- Television	154	38.50
- Magazine	26	6.50
- Newspapers	9	2.25
- Friends/relatives	39	9.75
- Facebook	111	27.75
- Shopping malls	21	5.25
- Fresh markets	3	0.75
- Training	37	9.25
Total	400	100
2. Frequency of consuming hydroponics vegetables		
- Every day	40	10.00
- 2 - 3 days a time	81	20.25
- Once a week	62	15.50
- 2 weeks a time	51	12.75
- Once a month	122	30.50
- Rarely	44	11.00
Total	400	100
3. Places popular for buying hydroponics vegetables		
- Fresh markets	65	16.25
- Shopping malls	288	72.00
- Health food stores	28	7.00
- Farms	19	4.75
Total	400	100
4. Frequency of buying hydroponics vegetables		
- Every day	37	9.25
- 2 - 3 days a time	75	18.75
- Once a week	101	25.25
- 2 weeks a time	40	10.00
- Once a month	115	28.75
- Rarely	32	8.00
Total	400	100
5. Quantity of buying hydroponics vegetables per time		
- Less than half a kilogram	162	40.50
- 0.50 - 1 kg	126	31.50
- 1.1 - 1.5 kg	55	13.75
- 1.6 - 2 kg	14	3.50
- More than 2.1 kg	43	10.75
Total	400	100
6. Amount of money paid for buying hydroponics vegetables per time		
- 30 - 50 baht	103	25.75
- 51 - 70 baht	80	20.00
- 71 - 90 baht	43	10.75
- 91 - 110 baht	42	10.50
- 111 - 130 baht	45	11.25
- More than 131 baht	87	21.75
Total	400	100

3. ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์

จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ของกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

ด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ในภาพรวมด้านผลิตภัณฑ์ มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ ในระดับมาก (= 4.12, S.D. = 0.72) ในรายละเอียดข้อย่อย พบว่า การรับประทานผักเพื่อสุขภาพ มีผลในระดับมาก (= 4.31, S.D. = 0.72) ผักมีความสะอาด มีผลในระดับมาก (= 4.29, S.D. = 0.68) ผักมีความสดใหม่อยู่เสมอ มีผลในระดับมาก (= 4.18, S.D. = 0.68) ความปลอดภัยจากสารเคมี มีผลในระดับมาก (= 4.14, S.D. = 0.76) ผักมีสีกลิ่นสวยงาม มีผลในระดับมาก (= 4.13, S.D. = 0.71) บรรจุภัณฑ์สะอาดได้มาตรฐาน มีผลในระดับมาก (= 4.11, S.D. = 0.70) ผักมีให้เลือกหลากหลายชนิด มีผลในระดับมาก (= 3.92, S.D. = 0.77) และรสชาติของผักไฮโดรโปนิคส์ มีผลในระดับมาก (= 3.90, S.D. = 0.76)

ด้านราคา พบว่า ราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคในระดับมาก (= 3.61, S.D. = 0.76)

ด้านสถานที่จำหน่าย พบว่า ในภาพรวมด้านสถานที่จำหน่าย มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในระดับมาก (= 3.70, S.D. = 0.84) ในรายละเอียดข้อย่อย พบว่า ความสะอาดของร้าน มีผลในระดับมาก (= 3.96, S.D. = 0.75) ความสะดวกในการจอดรถ มีผลในระดับมาก (= 3.60, S.D. = 0.85) และสถานที่จำหน่ายผักไฮโดรโปนิคส์อยู่ใกล้บ้าน/ที่ทำงาน มีผลในระดับมาก (= 3.54, S.D. = 0.91)

ด้านการส่งเสริมการขาย พบว่า ในภาพรวมด้านการส่งเสริมการขาย มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในระดับมาก (= 3.96, S.D. = 0.87) ในรายละเอียดข้อย่อย พบว่า การให้สัญลักษณ์รับรองว่าปลอดภัย มีผลในระดับมาก (= 4.08, S.D. = 0.60) การให้บริการและมีผู้คำแนะนำสินค้า มีผลในระดับมาก (= 3.57, S.D. = 0.96) และการสร้างกระแสค่านิยม มีผลต่อการบริโภคในระดับปานกลาง (= 3.42, S.D. = 1.01) (Table 3)

Table 3 Factors influencing consumers' behavior on purchasing hydroponic vegetables in Mueang district of Udon Thani province

Factors	$\bar{X}$	S.D.	Level
1. Products			
1.1 Consuming the products is good for health.	4.31	0.72	High
1.2 The products are clean.	4.29	0.68	High
1.3 The products are always fresh.	4.18	0.68	High
1.4 The products are without pesticide.	4.14	0.76	High
1.5 The products are firm and beautiful.	4.13	0.71	High
1.6 The products' packaging is standard.	4.11	0.70	High
1.7 There is a variety of products.	3.92	0.77	High
1.8 The products' taste effects the consuming.	3.90	0.76	High
Total	4.12	0.72	High
2. Prices	3.61	0.76	High
Total	3.61	0.76	High
3. Places			
3.1 The shops are clean.	3.96	0.75	High
3.2 The shops include a car park to serve the customers.	3.60	0.85	High
3.3 The shops are close to the consumers' home or office.	3.54	0.91	High
Total	3.70	0.84	High
4. Promotion			
4.1 Ensuring the products through safety guarantee	4.08	0.66	High
4.2 Giving service about the products from the sellers	3.57	0.96	High
4.3 Making trend to consume the products	3.42	1.01	Medium
Total	3.69	0.87	High

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 21-30 ปี สถานภาพโสด ระดับการศึกษาปริญญาตรี สอดคล้องกับ Kongban (2011) ที่ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในจังหวัดภูเก็ต ที่

ระบุไว้ว่า ส่วนใหญ่ผู้บริโภคเป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 26-35 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน มีรายได้มากกว่า 20,000 บาท/เดือน และสอดคล้องกับ Jeensorn (2011) ที่ศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ระบุไว้ว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 25-34 ปี ระดับการศึกษาปริญญา

ตรี ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน มีรายได้มากกว่า 25,000–30,000 บาท/เดือน และสอดคล้องกับ Submahachok and Kamonprathuangkorn (2017) ที่ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคตามหลักเบญจศีลและเบญจธรรม ระบุไว้ว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุ 20-29 ปี มีอาชีพค้าขายมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนไม่เกิน 10,000 บาท มีการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรี

การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์พบว่า ผู้บริโภครู้จักผักไฮโดรโปนิคส์มากที่สุด จากช่องทางโทรทัศน์ ความถี่ในการรับประทานผักไฮโดรโปนิคส์ เดือนละครั้ง สถานที่ที่นิยมซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ ส่วนใหญ่นิยมซื้อจาก ห้างสรรพสินค้า ความถี่ในการซื้อผักเดือนละครั้ง ปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง ต่ำกว่าครั้ง กิโลกรัม ค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ของผู้บริโภคแต่ละครั้ง 30-50 บาท สอดคล้องกับ Areepongtham (2009) ที่ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ของผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ระบุไว้ว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะรับรู้ทางโทรทัศน์ ซื้อผักไฮโดรโปนิคส์สัปดาห์ละครั้ง ส่วนใหญ่จะซื้อจากห้างสรรพสินค้า ความถี่ในการซื้อไม่สม่ำเสมอ ปริมาณการซื้อในแต่ละครั้งต่ำกว่าครั้ง กิโลกรัม ค่าใช้จ่ายในการซื้อแต่ละครั้ง 51.54 บาท และสอดคล้องกับ Kongban (2011) ที่ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในจังหวัดภูเก็ต ที่ระบุไว้ว่า ผู้บริโภคใหญ่จะซื้อผักไฮโดรโปนิคส์จากห้างสรรพสินค้า (ซูเปอร์สโตร์) ความถี่ในการซื้อแต่ละครั้ง คือ ไม่ได้ซื้อทุกสัปดาห์ ค่าใช้จ่ายในการซื้อแต่ละครั้ง 41-60 บาท

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ คือ การรับประทานเพื่อสุขภาพ ผักมีความสะอาด ผักมีความสดใหม่ ปราศจากสารเคมี ผักมีสีสดสวยงาม มีบรรจุภัณฑ์สะอาดได้มาตรฐาน ผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในระดับมาก ผักมีให้เลือกหลากหลายชนิด มีผลในระดับมาก และรสชาติของผักไฮโดรโปนิคส์ มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในระดับมาก สอดคล้องกับ

Thummasang, *et al.* (2013) ที่ศึกษาการบริหารธุรกิจผักไฮโดรโปนิคส์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและการพัฒนาอุตสาหกรรม พบว่า ปัจจัยที่ผู้บริโภคพิจารณาเพื่อตัดสินใจซื้อผักไฮโดรโปนิคส์ คือ ด้านผลิตภัณฑ์ โดยเน้นความสะอาดปลอดภัยเพื่อดูแลสุขภาพตนเอง และสอดคล้องกับ Bamrungtham (2017) ที่ศึกษาแผนธุรกิจร้านไฮโดรฟาร์มผักไฮโดรโปนิคส์ผ่านช่องทางออนไลน์ พบว่า ปัจจัยหลักที่กลุ่มลูกค้าให้ความสำคัญ คือ คุณภาพของผัก ความสดใหม่ หวาน กรอบ

ด้านราคา คือ ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคในระดับมาก สอดคล้องกับ Jeensorn (2011) ที่ศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ระบุไว้ว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านราคาโดยรวมในระดับมาก ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการแสดงราคาที่ชัดเจน ราคาผักปลอดสารพิษมีความใกล้เคียงกับผักประเภทอื่น ความเหมาะสมของราคาเมื่อเทียบกับคุณภาพ ซึ่งตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

ด้านสถานที่จัดจำหน่าย คือ สถานที่จำหน่ายใกล้บ้านหรือที่ทำงาน ความสะดวกสบายในการจอดรถ และสถานที่จำหน่ายสะอาด มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคในระดับมาก สอดคล้องกับ Somteds and Ngarmsak (2018) ที่ศึกษาการวางแผนการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขายได้ของฟาร์มผักไฮโดรโปนิคส์ “23 ไฮโดรฟาร์ม ชุมแพ” ในตลาดเทศบาลเมืองชุมแพ จังหวัดขอนแก่น พบว่า ด้านช่องทางการจำหน่าย ความสะอาดของร้านมีผลในระดับมาก สถานที่จำหน่ายผักไฮโดรโปนิคส์มีความสะดวกในการจอดรถมีผลในระดับมาก สถานที่จำหน่ายผักไฮโดรโปนิคส์ใกล้บ้าน/ที่ทำงานมีผลในระดับมาก

ด้านการส่งเสริมการขาย คือ มีการรับรองมาตรฐานและการบริการที่มีพนักงานมาคอยแนะนำสินค้า มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคในระดับมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Submahachok and Kamonprathuangkorn (2017) ที่ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคตามหลักเบญจศีลและเบญจธรรม ระบุไว้ว่า ผู้บริโภคจะเลือกซื้อผักที่มีการรับรองความปลอดภัยจาก

หน่วยงานของรัฐหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องด้านคุณภาพ
เกษตรกรหรือผู้ผลิตที่ผ่านการตรวจสอบและรับรอง
มาตรฐานควรนำเสนอสัญลักษณ์และใบรับรองผลผลิตไปแสดงแก่
ผู้จำหน่ายและผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

ผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง
อายุระหว่าง 20–30 ปี สถานภาพโสด เป็นนักศึกษา มี
รายได้ต่ำกว่า 5,000 บาทต่อเดือน โดยมีความถี่ในการ
บริโภคมากที่สุด คือ เดือนละครั้ง สถานที่ซื้อผักไฮโดรโป
นิคส์ที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุด คือ ห้างสรรพสินค้า ชนิด
ของผักไฮโดรโปนิคส์ที่นิยมบริโภคมากที่สุดคือ เรดโอ๊ค
ปริมาณการซื้อในแต่ละครั้งมากที่สุด คือ ต่ำกว่าครึ่ง
กิโลกรัม ค่าใช้จ่ายในการซื้อผักไฮโดรโปนิคส์แต่ละครั้ง
คือ 30-50 บาท และมีปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภค

มากที่สุด คือ ด้านสุขภาพ ด้านความสะอาด ด้านราคา
ที่เหมาะสมกับคุณภาพ และด้านมาตรฐานและคุณภาพ

ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญในด้านตัว
ผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้นผู้ผลิตควรใช้กลยุทธ์การสร้าง
ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ โดยการผลิตสินค้าที่มี
คุณภาพ เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับผู้บริโภค

2) ผู้ผลิตและผู้จำหน่าย ควรสร้างความเชื่อมั่น
ให้กับผู้บริโภคในเรื่องความสด สะอาด มีการรับรอง
มาตรฐาน ความปลอดภัย และเพิ่มแหล่งจำหน่ายเพื่อ
ความสะดวกของผู้บริโภค และควรหาแนวทางในการลด
ต้นทุนการผลิต เพื่อการปรับลดราคาให้ผู้บริโภคตัดสินใจ
ซื้อได้มากขึ้น

References

- Areepongtham, K. 2009. Behavior of hydroponic consumption in Hat Yai City Municipality, Songkhlaprovince. Songkhla. Faculty of Economics, Prince of Songkla University. (in Thai)
- Bamrungtham, W. 2017. A business plan for Aileen hydroponic farm restaurant via online in Bangkok, Thailand. Bangkok. Faculty of commerce and accountancy, Thammasat University. (in Thai)
- Department of Agriculture Extension. 2018. Hydroponic cultivation [online]. [Accessed May 10, 2018]. Available from: URL: <https://www.servicelink.doae.go.th/corner%20book/book%2005/Hydroponic.pdf>.
- Duang-onnam, W. 2016. Development of KUS-58 Hydroponic Kit Appropriate to Urban limited Area. Thai Agr. Res. J. 34(2): 150-160.
- Jeensorn, V. 2011. Factors Affecting Purchase Secision Toward Non-toxic Vegetables of Consumers in Bangkok. Pathum Thani. Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Kongban, S. 2011. Hydroponics Vegetable Consumption Behavior in Phuket. Nonthaburi. Agricultural Extension and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat University. (in Thai)

- Maneetong, S. 2016. Extraction and antioxidant activity in four types of medicine plant by using DPPH radical scavenging assay. Buriram. Faculty of Science, Buriram Rajabhat University. (in Thai)
- Somteds, S. and Ngarmsak, T. 2018. Marketing Plan Increase Sales Revenue of Hydroponics Farm “23 Hydrofarm Chumphae” in Chumphae Municipality, Chumphae District, Khon Kaen Province. MBA-KKU J. 11(1): 57-72. (in Thai)
- Submahachok, P. and Kamonprathuangkorn, K. 2017. Consumers’ Behavior in Purchasing Selection on Organic Vegetable According to the Buddhist of Pancasila and Pancadhamma. J. MCU Soc. Develop. 2(1) : 11-19. (in Thai)
- Suwanarung, T. 2017. Total Carotenoid content in Fresh Vegetables. RAJABHAT AGRIC. 16 (2): 40-45 (in Thai)
- Tancharoen, M. 2017. Consumption Behaviour of Pesticide Residue Free Vegetables: A Case Study of Tambon Donchedi, Amphoe Phanom Thuan, Kanchanaburi. Dhonburi Rajabhat University J. 11(1): 35-45. (in Thai)
- Thai Health Promotion Foundation. 2018. Annual Report 2017 [online]. [Accessed July 25, 2018]. Available from: URL: <https://www.thaihealth.or.th>.
- Thong – Aram, D. 2007. Soilless culture. SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED: Bangkok. 816 pp. (in Thai)
- Thummasang, S., Khamanarong S., and Khamanarong K. 2013. Business Administration of Hydroponic Vegetable in the Northeast and The Development to Industry. KKU. Res. J. HS. (GS). 1 (1): 54-63. (in Thai)
- Yamane, T. (1973). Statistic: An Introductory Analysis (3rd ed). New York: Harper and Row. 1130 pp.

ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร

ภรภัทร ไชยสมบัติ* และ นราวุธ ระพันธ์คำ

สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร สภาพการเลี้ยงโคนม ต้นทุนผลตอบแทนจากการผลิตน้ำมัน และปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันของฟาร์มโคนมในจังหวัดสกลนคร เก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตในปี 2559 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 110 ครัวเรือน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และทำการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่มเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรเจ้าของฟาร์มส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 49 ปี มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 16 ปี ในส่วนสภาพการเลี้ยงโคนม พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 5.01 ไร่ต่อครัวเรือน ใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก เฉลี่ย 2 คนต่อครัวเรือน นิยมเลี้ยงโคนมพันธุ์ไทยฟรีเซียน ด้านต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงโคนม พบว่า ต้นทุนในการเลี้ยงโคนมส่วนใหญ่มาจากค่าอาหารข้น คิดเป็นร้อยละ 48.46 ของต้นทุนทั้งหมด เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบเป็นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์เฉลี่ย 20.87 บาทต่อกิโลกรัม มีต้นทุนที่ทางบัญชีเฉลี่ย 12.56 บาทต่อกิโลกรัม ราคาต้นทุนที่ขายได้เฉลี่ย 17.92 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นเกษตรกรจึงขาดทุนทางเศรษฐศาสตร์ 2.95 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำไรทางบัญชี 5.36 บาทต่อกิโลกรัม ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร ได้แก่ 1) ขนาดฟาร์ม ($P < 0.01$) ฟาร์มขนาดกลางมีโอกาสที่จะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าฟาร์มขนาดเล็ก 26.74 เท่า 2) ระดับการศึกษา ($P < 0.05$) เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษามีโอกาสที่จะมีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า 2.87 เท่า และ 3) จำนวนแรงงานประจำในฟาร์ม ($P < 0.01$) ถ้าเกษตรกรเพิ่มแรงงาน 1 คน จะทำให้โอกาสที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มลดลง 0.43 เท่า

คำสำคัญ: โคนม น้ำมันดิบ ต้นทุนการผลิต และ ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมัน

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

Factors Affecting Raw Milk Production Cost of Farmers in Sakon Nakhon Province

Phornphat Chaisombut* and Narawut Rapankum

*Agribusiness Program, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon 47000, Thailand*

Abstract

The purposes of this research were to study general information of dairy farmers, dairy farming conditions, cost and returns of milk production, and the factors affecting the cost of milk production in Sakon Nakhon Province. The data of 110 households was collected in 2016. Descriptive statistics was used to analyze the data, and binary logistic regression was used to determine the factors affecting raw milk production cost. The results showed that most of the farmers were male at the age of 49 years old on average and received primary education. The farmers had 16-year experience in dairy farming. The study also indicated that the farmers had the average area of 5.01 rai for dairy farming per household with the labor force of 2 persons. Thai Friesian breeders were popular among the farmers. The calculated main cost of dairy farming was the feed at 48.46% of the total cost. The average economic cost of raw milk was 20.28 baht per kilogram. The average accounting cost was 12.56 baht per kilogram. The raw milk price was 17.92 baht per kilogram. Therefore, the economic profit and accounting profit were -2.95 and 5.36 baht per kilogram respectively. The analysis revealed the factors affecting raw milk production cost of the farmers in Sakon Nakhon Province including: 1) Farm size ($P<0.01$) - the medium-size farms had more chance to have lower cost than average the group 26.74 times when compared to the small-size farms; 2) education ($P<0.05$) - the farmers which higher education than primary level had more chance to have lower cost than average the group 2.87 times compared the others; and 3) Labor ($P<0.01$) - with an addition of one worker chance to have lower cost than average the group decrease 0.43 times

Keywords: Dairy cow, Raw milk, Production cost and Factors affecting milk production cost

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

บทนำ

ประเทศไทยได้นำโคนมเข้ามาเลี้ยงเพื่อทดแทนการนำเข้านมและผลิตภัณฑ์นม และทดแทนการปลูกพืชที่มีปัญหาทางด้านการผลิตและการตลาด ซึ่งก่อให้เกิดการสร้างงาน สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรไทย และเสริมสร้างสุขภาพให้กับเยาวชนไทย (Department of Livestock Development, 2016) โคนมจึงนับว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง ในประเทศไทยพบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกษตรกรเลี้ยงโคนมมากเป็นอันดับสองรองจากภาคกลาง จังหวัดที่เลี้ยงมากที่สุดเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ นครราชสีมา รองลงมา คือ ขอนแก่น อุดรธานี บุรีรัมย์ มหาสารคาม และสกลนคร ตามลำดับ (Information and Communication Technology center, 2016) ปัจจุบันจังหวัดสกลนครมีสหกรณ์โคนมที่เกษตรกรเป็นสมาชิก จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ สหกรณ์โคนมภูพานสกลนคร จำกัด และสหกรณ์โคนมวาริชภูมิ จำกัด ในปี 2558 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทั้งหมด 151 ครัวเรือน เลี้ยงมากในเขตอำเภอวาริชภูมิ และอำเภอเมืองสกลนคร

เกษตรกรในจังหวัดสกลนครประกอบอาชีพเลี้ยงโคนมมานานกว่า 30 ปี เป็นอาชีพที่สร้างรายได้อย่างสม่ำเสมอ และเป็นอาชีพที่สามารถถ่ายทอดเป็นมรดกให้กับลูกหลานได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าอาชีพเลี้ยงโคนมจะเป็นอาชีพที่สามารถสร้างรายได้เลี้ยงครอบครัวได้ แต่กลับพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนครมีแนวโน้มลดลง จากสถิติปศุสัตว์ของสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสกลนครรายงานจำนวนผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนคร ในปี 2554-2558 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม 213, 201, 192, 181 และ 151 ครัวเรือน ตามลำดับ (Sakon Nakhon Provincial Livestock Office, 2016) ซึ่งลดลงทุกปี ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากเกษตรกรประสบปัญหาด้านต้นทุนการผลิตสูง หากเกษตรกรเข้าใจและจัดการกับรายจ่ายที่เกิดขึ้นภายในฟาร์มได้ จะทำให้สามารถลด

ต้นทุนการผลิตลงได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพให้ฟาร์มโคนมมีกำไรเพิ่มขึ้น (Ittharat *et al.*, 2018) ทั้งนี้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทั้งด้านบุคคล และด้านการจัดการการผลิต โดยปัจจัยที่แตกต่างกันนั้นอาจมีผลทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่ต่างกันด้วย เช่น ฟาร์มโคนมที่มีขนาดต่างกัน มีต้นทุนการผลิตน้ำมันแตกต่างกัน โดยฟาร์มขนาดกลางมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าฟาร์มขนาดเล็ก เป็นต้น (Chanthon, 2017) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร สภาพการเลี้ยงโคนม ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตน้ำมัน รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นองค์ความรู้ที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสามารถนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรให้ได้รับผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น และผลการวิจัยยังเป็นข้อมูลให้แก่สหกรณ์โคนมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้วางแผนในการส่งเสริมกิจการโคนมแก่เกษตรกรได้ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงโคนมอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนคร สังกัดสหกรณ์โคนมวาริชภูมิ จำกัด จำนวน 110 ครัวเรือน และสังกัดสหกรณ์โคนมภูพานสกลนคร จำกัด จำนวน 41 ครัวเรือน รวมจำนวน 151 ครัวเรือน การกำหนดตัวอย่างในครั้งนี้ใช้หลักการกำหนดโดยค่าความคลาดเคลื่อนของประชากรที่ Yamane นำเสนอไว้ในปี 1973 โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.05 ได้ขนาดตัวอย่าง 110 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 73 ของประชากร (Yamane, 1973) ดังนั้นได้กลุ่มตัวอย่างที่สังกัดสหกรณ์โคนมวาริชภูมิ จำกัด 80 ครัวเรือน และกลุ่มตัวอย่างที่สังกัดสหกรณ์โคนมภูพานสกลนคร จำกัด

30 ครั้วเรือน สุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็น (probability sampling) โดยการเลือกสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากฐานรายชื่อเกษตรกร การคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยวิธีของ Taro Yamane ใช้สูตร

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{151}{1 + 151(0.05)^2} = 110$$

โดยกำหนดให้ n = จำนวนตัวอย่างที่จะต้องทำการสุ่ม

N = จำนวนประชากรทั้งหมด

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างเท่ากับร้อยละ 0.05

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ เก็บรวบรวมข้อมูลจาก 2 แหล่ง ได้แก่

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนคร ในปีการผลิต 2559 (มกราคม – ธันวาคม 2559) โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าและรวบรวมจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความวิจัย บทความวิชาการ และข้อมูลต่างๆของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการอ้างอิง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ความถี่ และร้อยละ สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตทำการวิเคราะห์ทั้งต้นทุนทางบัญชี (accounting cost) คือ ต้นทุนแจ้งชัด เป็นรายการค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ได้มีการใช้จ่ายจริง ๆ เท่านั้น เช่น ค่าอาหารโค ค่าจ้างแรงงาน ค่าไฟฟ้า เป็นต้น และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

(economics cost) คือ ต้นทุนทุกชนิดที่จำเป็นต่อการผลิต ไม่ว่าจะมีการจ่ายออกไปจริงหรือไม่ก็ตาม เช่น ดอกเบี้ยเงินกู้ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์และโรงเรือน ค่าเสียโอกาสการใช้ที่ดิน เป็นต้น โดยต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์จะรวมต้นทุนทางบัญชีไว้ด้วย จึงมีค่าสูงกว่าต้นทุนทางบัญชี (Chutiwong, 2009) ในส่วนการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่ม (binary logistic regression analysis) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมของเกษตรกร ใช้เทคนิคการเลือกตัวแปรแบบ Enter ทำการทดสอบความเหมาะสมของสมการด้วยวิธี Hosmer-Lemeshow goodness of fit test (Vanichbuncha, 2017)

มีแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{SEX} + \beta_2 \text{AGE} + \beta_3 \text{EDUC} + \beta_4 \text{EXPER} + \beta_5 \text{F_SIZE} + \beta_6 \text{Type_CON} + \beta_7 \text{LABOR} + \beta_8 \text{CAPIT}$$

กำหนดให้ Y แทนต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกร

โดย $Y = 1$ หมายถึง เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตน้ำนมต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม

$Y = 0$ หมายถึง เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตน้ำนมสูงกว่าหรือเท่ากับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม

สมมติฐานตัวแปร

1) SEX หมายถึง เพศของเกษตรกร $\text{SEX} = 1$ คือ เพศชาย $\text{SEX} = 0$ คือ เพศหญิง มีสมมติฐานว่าเพศชายน่าจะมีโอกาสที่มีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มมากกว่าเพศหญิง ($\beta_1 > 0$) เนื่องจากเพศชายเป็นแรงงานหลักในการทำการเกษตร

2) AGE หมายถึง อายุของเกษตรกร (ปี) มีสมมติฐานว่าเกษตรกรที่มีอายุมากขึ้น น่าจะมีโอกาสมีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มเพิ่มขึ้น ($\beta_2 > 0$) ซึ่ง Wongwichan (2010) กล่าวว่าเกษตรกรที่เข้าสู่วัยกลางคน จะมีความรอบคอบระมัดระวังในการประกอบอาชีพ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรสามารถจัดการด้านต้นทุนการผลิตได้ดี

3) EDUC หมายถึง ระดับการศึกษา EDUC = 1 คือ ระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษา EDUC = 0 คือ ระดับการศึกษาประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีสมมติฐานว่าเกษตรกรมีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษา น่าจะมีโอกาสมีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มมากกว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ($\beta_3 > 0$) จากผลการศึกษาของ Wongprawmas (2007) พบว่า ระดับการศึกษา มีผลต่อการตัดสินใจของเกษตรกร โดยเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงจะมีโอกาสในการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงขึ้นมีโอกาสน่าจะยอมรับและปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) EXPER หมายถึง ประสบการณ์ (ปี) มีสมมติฐานว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์มากขึ้น น่าจะมีโอกาสมิต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มเพิ่มขึ้น ($\beta_4 > 0$) ซึ่ง Wongwathan (2010) กล่าวว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมมากขึ้น จะสามารถเลี้ยงโคนมให้ประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนได้ หรือมีการจัดการด้านต้นทุนการผลิตที่ดีกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์น้อย

5) F_SIZE หมายถึง ขนาดฟาร์ม F_SIZE = 1 คือ ฟาร์มขนาดกลาง (แม่โค 21-100 ตัว) F_SIZE = 0 คือ ฟาร์มขนาดเล็ก (แม่โคไม่เกิน 20 ตัว) มีสมมติฐานว่า ฟาร์มขนาดกลาง น่าจะมีโอกาสมิต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มมากกว่าฟาร์มขนาดเล็ก ($\beta_5 > 0$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chanthon (2017); Jaipratuang (2011) and Udomsuktaworn (2013) พบว่า ฟาร์มโคนมขนาดกลางมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าฟาร์มโคนมขนาดเล็ก

6) Type_CON หมายถึง ประเภทอาหารชั้นที่ใช้เลี้ยงโคนม Type_CON = 1 คือ ใช้อาหารชั้นสำเร็จรูปและอาหารชั้นผสม Type_CON = 0 คือ ใช้อาหารชั้นสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว มีสมมติฐานว่าเกษตรกรที่ใช้อาหารชั้นสำเร็จรูปและอาหารชั้นผสมน่าจะมีโอกาสมิต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มมากกว่าเกษตรกรที่ใช้

อาหารชั้นสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ($\beta_6 > 0$) เช่นเดียวกันกับผลการศึกษาของ Punyatong *et al.* (2017) พบว่าการเลี้ยงโคเนื้อด้วยหญ้าเนเปียร์และอาหารชั้นมีต้นทุนสูงกว่า การเลี้ยงด้วยอาหารผสมครบถ้วน

7) LABOR หมายถึง จำนวนแรงงานประจำในฟาร์ม (คน) มีสมมติฐานว่า หากเกษตรกรใช้แรงงานลดลง น่าจะมีโอกาสมิต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มเพิ่มขึ้น ($\beta_7 < 0$) เนื่องจากผลการศึกษาของ Suriya (2015) พบว่า ค่าแรงงาน เป็นต้นทุนในการผลิตน้ำนมดิบอันดับที่ 3 รองจากต้นทุนค่าอาหาร และค่าเสื่อมราคาทรัพย์สินและโคนม ถือได้ว่าค่าแรงงานเป็นต้นทุนหลักในการผลิตน้ำนม

8) CAPIT หมายถึง แหล่งเงินทุนที่นำมาเลี้ยงโคนม CAPIT = 1 คือ เงินทุนส่วนตัวทั้งหมด CAPIT = 0 คือ เงินทุนส่วนตัวและกู้ยืม มีสมมติฐานว่าเกษตรกรที่ใช้เงินทุนส่วนตัวทั้งหมด น่าจะมีโอกาสมิต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มมากกว่าเกษตรกรที่ใช้เงินทุนส่วนตัวและกู้ยืม ($\beta_8 > 0$) เนื่องจากการกู้ยืมเงินจะเกิดต้นทุนเงินทุน ทำให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการวิเคราะห์ และค่าสถิติจากการวิเคราะห์ทำการวิเคราะห์โดยการทดสอบชุดของตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จากสถิติทดสอบ Chi-square เท่ากับ 35.232 (sig = 0.000) นั่นคือตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกร วัดระดับความสัมพันธ์โดยการทดสอบความเหมาะสมของสมการโดย Hosmer and Lemeshow Test พบว่า ค่าวิกฤตของการแจกแจงไคสแควร์ $\chi^2_{(0.05,8)} = 15.507$ และค่า $\chi^2_{(H-L)}$ เท่ากับ 11.710 น้อยกว่า 15.507 และค่า Significance เท่ากับ 0.165 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าสมการมีความเหมาะสมที่จะแสดงความสัมพันธ์ และทดสอบความแม่นยำของสมการโดยใช้วิธีตารางจำแนก (Classification Table) พบว่า ร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องรวม 2 กรณี คือ ในกรณีที่เกษตรกรมีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม และในกรณีที่เกษตรกรมีต้นทุนสูงกว่า

หรือเท่ากับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม เท่ากับร้อยละ 78.29 และ วัดระดับความสัมพันธ์จากค่า Pseudo R^2 พบว่า ค่า Nagelkerke $R^2 = 0.377$ อธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระในสมการสามารถอธิบายโอกาสที่เกษตรกรจะมีต้นทุนการผลิตน้ำมันต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มได้ร้อยละ 37.70 และ ค่า Cox & Snell $R^2 = 0.274$ อธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระในสมการสามารถอธิบายโอกาสที่เกษตรกรจะมีต้นทุนการผลิตน้ำมันต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มได้ร้อยละ 27.40

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปและสภาพการเลี้ยงโคนมของเกษตรกร

ข้อมูลทั่วไปและสภาพการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร พบว่า เกษตรกรเจ้าของฟาร์มส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 49 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 16 ปี ในส่วนสภาพการเลี้ยงโคนม พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 5.01 ไร่ต่อครัวเรือน แบ่งเป็นพื้นที่โรงเรือนและคอกปล่อย 2.01 ไร่ และแปลงหญ้า 3.00 ไร่ ใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก เฉลี่ย 2 คนต่อครัวเรือน เงินทุนที่นำมาหมุนเวียนในกิจการได้จากเงินทุนส่วนตัว กู้ยืมจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ (ธ.ก.ส.) และกู้ยืมสหกรณ์โคนมที่สังกัด ด้านสายพันธุ์โคนม พบว่า เกษตรกรนิยมเลี้ยงโคนมพันธุ์ไทยฟรีเซียน (ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับสายเลือดมากกว่า 75 เปอร์เซนต์) ส่วนใหญ่มีรูปแบบการเลี้ยงแบบปล่อยในคอกและตัดหญ้าให้กิน โดยเกษตรกรนิยมให้หญ้าสดและฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ และให้อาหารข้นสำเร็จรูป ในส่วนของ

ขนาดฟาร์มโคนม พบว่า ส่วนใหญ่เลี้ยงโคนมเป็นฟาร์มขนาดเล็ก มีแม่โคเฉลี่ย 15 ตัวต่อครัวเรือน

ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงโคนมของเกษตรกร พบว่า มีต้นทุนเฉลี่ย 1,067,940.91 บาทต่อปีต่อครัวเรือน ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ 102,534.28 บาท คิดเป็นร้อยละ 9.60 และต้นทุนผันแปร 965,406.63 บาท คิดเป็นร้อยละ 90.40 ต้นทุนในการเลี้ยงโคนมส่วนใหญ่มาจากค่าอาหารข้น คิดเป็นร้อยละ 48.46 ของต้นทุนทั้งหมด รองลงมา คือ ค่าแรงงานในครัวเรือน ค่าอาหารหยาบ และค่าเสื่อมราคาแม่พันธุ์โคนมตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนต่อกิโลกรัม พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์เฉลี่ย 20.87 บาทต่อกิโลกรัม (ต้นทุนคงที่ 2.08 บาท และต้นทุนผันแปร 18.79 บาท) ราคาน้ำมันดิบที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 17.92 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้เกษตรกรขาดทุนทางเศรษฐศาสตร์ 2.95 บาทต่อกิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนทางบัญชี หรือต้นทุนที่เป็นเงินสด พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนเฉลี่ย 12.56 บาทต่อกิโลกรัม และมีกำไรทางบัญชี 5.36 บาทต่อกิโลกรัม

จาก Table 1 เปรียบเทียบต้นทุนทางบัญชีและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตามขนาดฟาร์ม พบว่า ฟาร์มที่มีแม่โค 21 ตัวหรือมากกว่า ซึ่งเป็นฟาร์มขนาดกลาง มีต้นทุนทางบัญชีและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ต่ำที่สุด รองลงมา คือ ฟาร์มที่มีแม่โค 11-20 ตัว และฟาร์มที่มีแม่โค 1-10 ตัว ตามลำดับ ซึ่งเป็นฟาร์มขนาดเล็ก แสดงให้เห็นว่าหากเกษตรกรมีแม่โคในฟาร์มเพิ่มขึ้นจะทำให้มีต้นทุนการผลิตน้ำมันต่ำลง เนื่องจากเกิดการใช้ปัจจัยการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพ

Table 1 Comparison of accounting costs and economic costs according to farm size

Farm size	Accounting costs (Baht / kg)	economics costs (Baht / kg)
1-10 milking cows (n = 39)	14.74	27.73
11-20 milking cows (n = 44)	11.71	18.38
21 or more milking cows (n = 27)	10.78	15.02

2. ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมของเกษตรกร

ตัวแปรอิสระทั้ง 8 ปัจจัย มีรายละเอียดดัง Table 2

Table 2 Socio-economic conditions and production conditions of dairy farms in Sakon Nakhon province

Variables	Variable value	Cost lower than average of the group		Cost higher than or equal average of the group		Total	
		frequency	percentage	frequency	percentage	frequency	percentage
1. SEX	male	49	44.55	28	25.45	77	70.00
	female	22	20.00	11	10.00	33	30.00
2. AGE	higher than average	34	30.91	16	14.54	50	45.45
(average 49 years)	lower than or equal average	37	33.64	23	20.91	60	54.55
3. EDUC	higher than primary education	18	16.36	31	28.18	49	44.54
	primary education or lower	15	13.64	46	41.82	61	55.46
4. EXPER	higher than average	32	29.09	19	17.27	51	46.36
(average 16 years)	lower than or equal average	39	35.46	20	18.18	59	53.64
5. F_SIZE	medium farm	29	26.36	2	1.82	31	28.18
	small farm	42	38.18	37	33.64	79	71.82
6. Type_CON	concentrated feed and Mixed feed	16	14.55	6	5.45	22	20.00
	concentrated feed	55	50.00	33	30.00	88	80.00
7. LABOR	higher than average	2	1.82	11	10.00	13	11.82
(average 2 people)	lower than or equal average	31	28.18	66	60.00	97	88.18
8. CAPIT	private funds	27	24.55	28	25.45	55	50.00
	private funds and loans	44	40.00	11	10.00	55	50.00

จาก Table 3 ผลการวิเคราะห์ Logit Model พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร มี 3 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ได้แก่ ขนาดฟาร์ม และจำนวนแรงงานประจำในฟาร์ม ส่วนปัจจัยที่มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือ ระดับการศึกษา ส่วนที่เหลืออีก 5 ปัจจัย ไม่มีผลต่อต้นทุนการผลิต ได้แก่ 1) เพศ แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรเพศหญิงหรือเพศชายมีการจัดการด้านต้นทุนไม่แตกต่างกัน 2) อายุ 3) ประสบการณ์ ซึ่งอธิบายได้ว่าแม้ว่าเกษตรกรจะมีอายุมากและมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมมาระยะเวลานาน ก็อาจจะไม่ส่งผลต่อการจัดการต้นทุนการผลิตที่ดี ดังนั้นเกษตรกรควรได้รับการฝึกอบรมความรู้ อย่างสม่ำเสมอและนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในฟาร์มของตนเอง ทั้งนี้ประสบการณ์ของเกษตรกรจะช่วยให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในฟาร์มได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 4) ประเภทอาหารชั้นที่ใช้เลี้ยง

โคนม ซึ่งพบว่าการใช้อาหารชั้นสำเร็จรูปกับอาหารชั้นผสม เกษตรกรมีต้นทุนไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากอาหารชั้นทั้งสองประเภทมีข้อดีข้อเสียด้านต้นทุนต่างกัน กล่าวคือ อาหารชั้นสำเร็จรูปมีราคาสูง แต่เกษตรกรมีความสะดวกในการจัดหา และไม่มีค่าแรงงานในการผสมอาหาร ส่วนอาหารชั้นผสม มีราคาต่ำกว่าอาหารชั้นสำเร็จรูป แต่เกษตรกรยุ่งยากต่อการจัดหาวัตถุดิบ และมีค่าแรงงานในการผสมอาหาร 5) แหล่งเงินทุน แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าเกษตรกรจะใช้เงินทุนส่วนตัวทั้งหมด หรือใช้เงินส่วนตัวกับกู้ยืม ก็ไม่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิต ทั้งนี้ แหล่งเงินทุนอาจขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการจัดการแต่ละฟาร์ม เช่น เกษตรกรที่กู้ยืมเงินมาซื้อฟางข้าวในช่วงฤดูกาลทำนา แม้ว่าเกษตรกรจะมีต้นทุนของเงินทุน แต่เกษตรกรก็สามารถลดต้นทุนค่าฟางข้าวได้เนื่องจากซื้อในช่วงราคาถูก เป็นต้น ดังนั้นการที่เกษตรกรมีต้นทุนเงินทุนเพิ่มขึ้น ก็อาจทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนอื่นลงได้เช่นกัน

Table 3 Logit model analysis results of factors affecting milk production cost

Variables	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
SEX	0.694	0.549	1.596	1	0.206	2.002	0.682	5.875
AGE	0.018	0.029	.383	1	0.536	1.018	0.962	1.077
EDUC*	1.054	0.500	4.447	1	0.035	2.870	1.077	7.647
EXPER	-0.008	0.030	0.073	1	0.787	0.992	0.936	1.052
F_SIZE**	3.283	0.872	14.189	1	0.000	26.749	4.838	147.899
Type_CON	0.236	0.627	0.141	1	0.707	1.266	0.371	4.322
LABOR**	-0.843	0.296	8.094	1	0.004	0.431	0.241	0.769
CAPIT	0.301	0.533	0.319	1	0.572	1.352	0.475	3.844
Constant	0.501	1.491	0.113	1	0.737	1.650		

**Significant difference 0.01, *Significant difference 0.05

วิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร มี 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ขนาดฟาร์ม (FARM_S) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความน่าจะเป็นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยฟาร์มขนาดกลางมีโอกาสที่จะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าฟาร์มขนาดเล็ก 26.74 เท่า เนื่องจากการเลี้ยงโคนมที่มีกำลังการผลิตมาก หรือเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ จะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเกิดการประหยัดต่อขนาด (economies of Scale)) สอดคล้องกับ Phinidsorn *et al.* (2015) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันของฟาร์มโคนมขนาดเล็กและขนาดกลางในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนพบว่า ขนาดฟาร์มมีความสัมพันธ์ต่อต้นทุนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chanthon (2017); Jaipratuang (2011) และ Udomsuktaworn (2013) พบว่า ต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบเฉลี่ยของฟาร์มโคนมขนาดกลางต่ำกว่าฟาร์มโคนมขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามการตัดสินใจเพิ่มหรือลดขนาดฟาร์มนั้น เกษตรกรควรพิจารณาทั้งในแง่ของต้นทุนการผลิตและคุณภาพของผลผลิต เพราะหากเกษตรกรเลี้ยงโคนมในจำนวนมากอาจดูแลไม่ทั่วถึง ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำมัน ทำให้เกษตรกรขายได้ในราคาตลาดจึงส่งผลต่อกำไรที่ลดลง ดังนั้นเกษตรกรควรปรับขนาดฟาร์มให้สอดคล้องกับจำนวนแรงงานในฟาร์ม 2) ระดับการศึกษา (EDUC) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความน่าจะเป็นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษามีโอกาสที่จะมีต้นทุนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาประถมศึกษาหรือต่ำกว่า 2.87 เท่า สอดคล้องกับ Wongprawmas (2007) ศึกษาการบริหารจัดการทรัพยากรและปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ พบว่า ระดับการศึกษามีผลต่อการตัดสินใจของเกษตรกร โดยเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงจะมีโอกาสใน

การปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงขึ้นมีโอกาสที่จะยอมรับและปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตให้มีประสิทธิภาพได้มากขึ้น สำหรับระดับการศึกษาของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนครนั้น พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ดังนั้นเกษตรกรควรเพิ่มพูนความรู้และพัฒนาตนเองโดยการศึกษาข้อมูลธุรกิจเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่น เช่น หนังสือ เอกสาร และตำรา เป็นต้น และควรเข้ารับการอบรมความรู้อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่ประสบความสำเร็จ ก็จะทำให้เกษตรกรสามารถจัดการธุรกิจให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ 3) จำนวนแรงงานประจำในฟาร์ม (LABOR) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความน่าจะเป็นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ถ้าเกษตรกรเพิ่มแรงงาน 1 คน จะทำให้ออกาสที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มลดลง 0.43 เท่า โดยการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดสกลนครใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก เฉลี่ย 2 คนต่อครัวเรือน หากเกษตรกรต้องการใช้แรงงานในฟาร์มเพิ่มขึ้น เกษตรกรจะต้องจ้างแรงงาน จึงส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และแรงงานจ้างมักจะมีใจไม่สู้เจ้าของฟาร์ม ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเลี้ยงลดลงด้วย ซึ่ง Suriya (2015) กล่าวว่า ต้นทุนส่วนใหญ่ของฟาร์มโคนม คือ ต้นทุนค่าอาหาร รองลงมา คือ ค่าเสื่อมราคาทรัพย์สินและโคนม และค่าแรงงาน ตามลำดับ ดังนั้นค่าแรงงานจึงถือว่าเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงโคนม เกษตรกรจึงควรให้ความสำคัญต่อการจัดการแรงงานให้เหมาะสม โดยการใช้แรงงานในครัวเรือนให้เต็มประสิทธิภาพก่อนตัดสินใจจ้างแรงงาน

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตน้ำมันของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนคร มีกำไรทางเศรษฐศาสตร์น้อยกว่าศูนย์หรือมีค่าติดลบ นั่นก็คือ เกษตรกรขาดทุนทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่ง Mingmaneeakin (2015) กล่าวว่า การผลิตในระยะสั้น หากขาดทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับต้นทุนคงที่รวม หน่วยผลิตจะดำเนินงานต่อไปสักระยะ

หนึ่งเพื่อรอดูสถานการณ์ หากมูลค่าหรือขนาดการขาดทุนมากกว่าต้นทุนคงที่ ผู้ผลิตมีแนวโน้มที่จะตัดสินใจเลิกกิจการ แต่ถ้าผู้ผลิตมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปัจจัยการผลิตทุกตัวให้เหมาะสมแล้ว จะแก้ปัญหการขาดทุนให้ผู้ผลิต ก็อาจจะดำเนินการต่อไปซึ่งถือเป็นการผลิตระยะยาว ทั้งนี้ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนคร ขาดทุนทางเศรษฐศาสตร์ 2.95 บาทต่อกิโลกรัม มีต้นทุนคงที่ 2.08 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งขาดทุนมากกว่าต้นทุนคงที่ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสกลนครจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปัจจัยการผลิตให้เหมาะสม จากผลการศึกษาปัจจัยที่เกษตรกรควรปรับเปลี่ยน คือ ขนาดฟาร์ม ระดับการศึกษา และแรงงานประจำในฟาร์ม กล่าวคือ เกษตรกรควรปรับขนาดฟาร์มให้เหมาะสมกับจำนวนแรงงานในฟาร์ม และใช้แรงงานในครัวเรือนอย่างเต็มประสิทธิภาพ รวมถึงการนำความองค์ความรู้ใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในฟาร์ม เพื่อเพิ่มรายได้และลดต้นทุนการผลิต หากเกษตรกรไม่สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณของปัจจัยการผลิตให้เหมาะสม หรือไม่สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ เกษตรกรก็มีแนวโน้มที่จะต้องเลิกกิจการเพราะไม่สามารถแบกรับภาวะการขาดทุนได้ ดังนั้น การนำปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตไปเป็นแนวทางในการวางแผนการผลิตจะช่วยให้เกษตรกรมีประสิทธิภาพในการผลิตมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เกษตรกรควรปรับขนาดฟาร์มให้เหมาะสมกับจำนวนแรงงานในฟาร์ม และใช้แรงงานในครัวเรือนอย่างเต็มประสิทธิภาพก่อนตัดสินใจจ้างแรงงาน เพื่อให้การใช้แรงงานในฟาร์มเกิดประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพผลผลิต

2. จากผลการศึกษา พบว่า ถ้าเกษตรกรมีระดับการศึกษาสูงขึ้นมีโอกาสที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่เกษตรกรส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ซึ่งระดับการศึกษาเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในทันที ดังนั้นเกษตรกรควรมีการพัฒนาความรู้โดยการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้อื่น เช่น หนังสือ เว็บไซต์ เป็นต้น หรือการเข้ารับการอบรมความรู้จากหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่ประสบความสำเร็จ เพื่อนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการฟาร์มให้มีประสิทธิภาพ

3. สหกรณ์โคนม หรือหน่วยงานภาครัฐ ควรมีการอบรมความรู้ในการเลี้ยงโคนมให้กับเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่อง เพื่อให้เกษตรกรได้รับองค์ความรู้ใหม่ให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบัน

4. สหกรณ์โคนม หรือหน่วยงานภาครัฐ ควรส่งเสริมให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของขนาดฟาร์มที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต เพราะปัจจุบันส่วนใหญ่ยังเป็นฟาร์มขนาดเล็กใช้ทรัพยากรในฟาร์มไม่เต็มประสิทธิภาพ ถ้าหากเกษตรกรใช้ทรัพยากรในฟาร์มให้เกิดประโยชน์สูงสุดก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- Chanthon, W. 2017. A comparison on costs and benefits of raw milk production classified by farm sizes in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. Thesis in Agribusiness, Khon Kaen University. (in Thai)
- Chutiwong, N. 2009. Principles of Economics I: Microeconomics. 11th edition. Chulalongkorn University. (in Thai)
- Department of Livestock Development. 2016. Dairy and dairy product development strategies 2017 – 2026. Ministry of Agriculture and Cooperatives: Bangkok. 40 pp. (in Thai)
- Information and Communication Technology center. 2016. Information of provincial level animal farmers in 2015 [online]. [Accessed December 10, 2018]. Available from: <http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/447-report-thailand-%20livestock%20/reportservey2558-1/869-report-survey58>.
- Ittharat, S. Lakornpol, S. Puangdogmai, K. and Meetham, P. 2018. The study on increasing effective in expenses management to reduce cost of milk productivity of small holder dairy farm in Borabu district of Maha Sarakham province. Pawarun Agriculture Journal, 15(1), 138-143. (in Thai)
- Jaipratuang, K. 2011. Financial cost-benefit analysis on dairy farm of members' of Chaiprakarn dairy agriculture cooperative Limited, Chaiprakarn district, Chiang Mai province. Thesis in Economics, Chiang Mai University. (in Thai)
- Mingmaneeakin, W. 2015. Introduction of Economics: Economics for the general public. 10th edition. Thammasat University, Bangkok. 190 pp. (in Thai)
- Phinidsorn, K. Punyapornwittaya, V and Rojanasthien, S. 2015. Factors of milk cost of small and medium dairy farms in Chiangmai and Lumphun provinces. The 53rd Kasetsart University Annual Conference. February 3-6, 2015. Kasetsart University. Bangkok. pp. 977-984. (in Thai)
- Punyatong, M. Intawicha, P. and Laenoi, W. 2017. Effect of field corn husk total mixed ration on beef production. Naresuan Phayao Journal 10(1), 5-8. (in Thai)
- Sakon Nakhon Provincial Livestock Office. 2016. Annual livestock statistics [online]. [Accessed November 25, 2018]. Available from: <http://pvlo-sno.dld.go.th/2014/?page=content&menu=sub&id=109>.
- Suriya, P. 2015. A comparison on economic costs and returns of raw milk production by dairy farm standards in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. Khon Kaen Agriculture Journal 43(1), 101-110. (in Thai)
- Udomsuktaworn, N. 2013. Cost-return analysis on dairy farming of members of Nakhonpathom dairy Cooperation Limitet, Nakhonpathom province. Thesis in Arts, Kasetsart University. (in Thai)

- Vanichbuncha, K. 2017. Advanced statistical analysis with SPSS FOR WINDOWS. 12th edition. Chulalongkorn University, Bangkok. 257 pp. (in Thai)
- Wongprawmas, R. 2007. Alternative: Resource management and factors affecting cultivation of organic cassava. Thesis in Science, Kasetsart University. (in Thai)
- Wongwichan, P. 2010. Factors affecting the success and sustainability of the dairy farming in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. Advanced certificate in Public administration and public law. King Prajadhipok's Institute.
- Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. 3rd edition. Harper and Row: New York. 1130 pp.

ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำในจังหวัดสกลนคร

นราวุธ ระพันธ์คำ* และ ภรภัทร ไชยสมบัติ

สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำในจังหวัดสกลนคร กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เป็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนโพนยางคำในเขตจังหวัดสกลนคร การคำนวณได้จากสูตรไม่ทราบขนาดตัวอย่างซึ่งคำนวณได้ 385 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) แบบ Binary Logistic ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ เพศ (SEX) บุคคลที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภค (IPC) และระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนผสมการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (P_3) มีค่า Significant เท่ากับ 0.000 0.001 และ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภค คือ ถ้าผู้บริโภคเป็นเพศชายมีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำลดลง 0.382 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเพศหญิง ถ้าผู้บริโภคเป็นผู้ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำเองมีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำเพิ่มขึ้น 2.576 เท่า และถ้าผู้บริโภคมีระดับความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนผสมการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำเพิ่มขึ้น 2.114 เท่า

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภค และ ผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: mrarawut2@gmail.com

Factors Affecting the Consumption of Processed Pon Yang Kham Beef Products in Sakon Nakhon Province

Narawut Rapankum * and Phornphat Chaisombut

*Agribusiness Program, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon 47000, Thailand*

Abstract

This research aimed to investigate the factors affecting the consumption of processed Pon Yang Kham beef products in Sakon Nakhon Province. 385 samples were selected by purposive sampling method. The data was collected by using interviews and analyzed by binary logistic regression. The results of the study were statistically significant at 0.01 in the areas of sex (SEX), influential persons on consumption decision (IPC), and satisfaction level on marketing mix factors of the distribution channel (P₃). The significant level of these variables was 0.000, 0.001 and 0.000, respectively showing that such variables affected the consumption decisions. The results showed that: 1) male consumers were likely to buy processed Pon Yang Kham beef products 0.382 times less than female consumers; 2) direct consumer were 2.576 times more likely to consumption processed Pon Yang Kham beef products; and 3) the consumers with the satisfaction on the increased distribution at the level of 1 had 2.114 times more potential to consume processed Pon Yang Kham beef products.

Keywords: An analysis, Factors affecting the consumption and Processed Pon Yang Kham beef products

* Corresponding author: E-mail: mnarawut2@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยให้ความสำคัญกับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) เนื่องจากเห็นว่า AEC เป็นโอกาสที่ประเทศไทยจะได้ขยายตลาดโดยเฉพาะด้านการเกษตร ปศุสัตว์ และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง แต่สถานการณ์ราคาโคเนื้อในปี พ.ศ. 2549-2552 ที่ตกต่ำทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อหันไปประกอบอาชีพอื่น จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ราคาโคเนื้อปรับตัวสูงขึ้น ส่งผลให้โคเนื้อไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดหลังจากเปิด AEC เมื่อปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา (Department of livestock Development, 2014)

การเลี้ยงโคขุนในจังหวัดสกลนครได้มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ทั้งเพื่อฆ่าและเป็นอาหารสำหรับชุมชน และจำหน่ายให้กับที่สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์กรป. กลาง โพนยางคำ จำกัด ปัจจุบันมีสมาชิก 4,372 ราย (Pon Yang Kham Cooperative, 2518) ซึ่งกระจายใน 18 อำเภอของจังหวัดสกลนคร และบางอำเภอในจังหวัดนครพนม การผลิตในปัจจุบันยังใช้วิธีการดั้งเดิมซึ่งมีผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของเนื้อที่จำหน่าย ทางสหกรณ์ฯ จึงต้องเร่งพัฒนาและยกระดับการผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับ ความ การ ของ ตลาด (Pon Yang Kham Cooperative, 2517) เนื้อโคขุนโพนยางคำเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรที่สร้างรายได้และชื่อเสียงให้กับจังหวัดสกลนครมาโดยตลอด เป็นที่นิยมในบรรดากลุ่มผู้บริโภคเนื้อโคคุณภาพสูง มีไขมันแทรก (Marbling) สูง เนื้อจึงมีรสชาตินุ่ม อร่อย จำหน่ายได้ในราคาสูง แต่สิ่งที่เป็นข้อกังวลในอนาคตที่ต้องเตรียมรับมือ คือ ผลกระทบที่เกิดจากข้อตกลงการเปิดเสรีทางการค้า (FTA) กับประเทศออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ เนื่องจากเป็นประเทศที่มีการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงต้นทุนต่ำ โดยในปี 2563 ภาษีการนำเข้าผลิตภัณฑ์เนื้อโคจะเป็นร้อยละ 0 เท่ากับว่าเป็นการเอื้อประโยชน์ให้มีการนำเข้าเนื้อโคจากต่างประเทศ

มากขึ้น กลุ่มผู้เลี้ยงโคขุนโพนยางคำจะต้องเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับปัญหาที่จะเกิดขึ้น โดยการสร้างความมั่นใจในคุณภาพสินค้า

คณะผู้วิจัยเห็นว่าถ้าหากต้องการขยายตลาดเนื้อโคขุนโพนยางคำและผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ จากเนื้อโคขุนโพนยางคำจำเป็นต้องหาข้อมูลหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเนื้อโคขุน ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าซึ่งในปัจจุบันยังเน้นแต่การขายเนื้อสดเป็นส่วนมาก

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการธุรกิจเนื้อโคขุนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำควมเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภค สามารถวางแผนการตลาด เพื่อเสนอขายผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนให้แก่ผู้บริโภคได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรสามารถเพิ่มปริมาณการเลี้ยงจำหน่ายโคขุนได้มากขึ้นอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือประชากรกลุ่มผู้บริโภคเนื้อโคขุนโพนยางคำในเขตจังหวัดสกลนคร เป็นผู้ที่เคยและไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนโพนยางคำก็ได้ ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากร

กลุ่มตัวอย่างได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เคยมีการบริโภคเนื้อโคขุนโพนยางคำ และกลุ่มตัวอย่างจะเป็นใครก็ได้ที่สามารถให้ข้อมูลได้ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของ W.G. Cochran ที่ไม่ทราบขนาดและไม่ทราบสัดส่วนของประชากร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (Kanchanakifsakul, 2012) สูตรที่ใช้ในการคำนวณครั้งนี้ คือ

$$n = \frac{Z^2}{4e^2}$$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่าง

Z = ระดับความเชื่อมั่นที่คณะผู้วิจัยกำหนดไว้มีค่าเท่ากับ 1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ระดับ 0.05)

e = ค่าความผิดพลาดสูงสุดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0.05 แทนค่าจะได้

$$n = \frac{1.96^2}{4 (0.05^2)} = 384.10 \approx 385 \text{ ราย}$$

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตอนที่ 1 เป็นแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ตอนที่ 2 เป็นแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคเมื่อโคขุนโพนยางคำและผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล

ในการศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) แบบ Binary Logistic กรณีที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว โดยนำปัจจัยต่าง ๆ เข้าสู่โมเดล เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุน ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบสมการสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{SEX} + \beta_2 \text{EDU} + \beta_3 \text{INC} + \beta_4 \text{MAR} + \beta_5 \text{IPC} + \beta_6 \text{OC} + \beta_7 \text{P}_1 + \beta_8 \text{P}_2 + \beta_9 \text{P}_3 + \beta_{10} \text{P}_4$$

กำหนดให้ Y แทนการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ ซึ่งหมายถึง เนื้อเค็ม เนื้อแดดเดียว เนื้อทุบ ใส่กรอก หม่า แหนม หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ ที่ทำมาจากเนื้อโคขุนโพนยางคำ โดย

$Y = 0$ หมายถึง ไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ

$Y = 1$ หมายถึง เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ

สมมติฐานตัวแปร

SEX หมายถึง เพศของผู้บริโภค SEX = 0 คือ เพศหญิง SEX = 1 คือ เพศชาย มีสมมติฐานว่าเพศชายน่าจะมีโอกาสที่จะตัดสินใจบริโภคน้อยกว่าเพศหญิง ($\beta_1 < 0$) สอดคล้องกับ Nanthasin (2015) พบว่า ผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านมูลค่าในการบริโภค (บาท/ครั้ง) แตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 โดยเพศหญิงมีมูลค่าในการบริโภค (บาท/ครั้ง) มากกว่าเพศชาย

EDU หมายถึง ระดับการศึกษา EDU = 0 คือระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี EDU = 1 คือ ระดับการศึกษาตั้งแต่ปริญญาตรีขึ้นไป มีสมมติฐานว่าหากผู้บริโภคมีระดับการศึกษาปริญญาตรีขึ้นไปน่าจะมีโอกาสที่จะตัดสินใจบริโภคมากขึ้น ($\beta_2 > 0$) อาจเป็นเพราะผู้ที่จบการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นจะมีอำนาจซื้อมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ Muenprasertdee (2014) พบว่า ระดับการศึกษาของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคสินค้าตามกระแสนิยมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านจำนวนเงินที่ซื้อ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยระดับสูงกว่าปริญญาตรี 5,001 - 10,000 บาท ปริญาตรี 2,001 - 5,000 บาท ระดับมัธยมศึกษาต้น ไม่เกิน 500 บาท

INC หมายถึง รายได้ (บาท/เดือน) INC = 0 คือ มีรายได้ไม่เกิน 10,000 บาท/เดือน INC = 1 คือ มีรายได้มากกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท/เดือน มีสมมติฐานว่าหากผู้บริโภคมีรายได้มากกว่า 10,000 บาท/เดือน น่าจะมีโอกาสที่จะตัดสินใจบริโภคมากขึ้น ($\beta_3 > 0$) สอดคล้องกับ Bupparit (2006) พบว่า รายได้เฉลี่ย/เดือนเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความเต็มใจจ่าย ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

MAR หมายถึง สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ MAR = 0 คือ ซื้อจากแหล่งอื่น ๆ MAR = 1 คือ ซื้อจากสหกรณ์ฯ โพนยางคำ จำกัด มีสมมติฐานว่าหากผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนจากสหกรณ์ฯ โพนยางคำ จำกัด มีโอกาสที่จะตัดสินใจบริโภคมากกว่า

แหล่งอื่น ๆ ($\beta_4 > 0$) เนื่องจากผู้บริโภคมีความภักดีต่อตราสินค้าและมีความมั่นใจในคุณภาพของสหกรณ์ฯ สอดคล้องกับ Mekwimon (2012) พบว่า ความภักดีมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครในด้านความถี่ในการบริโภค (ครั้ง/เดือน) และ มูลค่าในการบริโภค (บาท/ครั้ง) มีความสัมพันธ์กับความภักดีต่ออาหารเพื่อสุขภาพ ในเขตกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

IPC หมายถึง บุคคลที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภค IPC = 0 คือ บุคคลอื่น ๆ เช่น ครอบครัว เพื่อน เพื่อนบ้าน เป็นต้น DEC = 1 คือ ตัดสินใจบริโภคด้วยตนเอง มีสมมติฐานว่าถ้าผู้บริโภคตัดสินใจด้วยตนเองแล้วมีโอกาสที่ตัดสินใจบริโภคมากบุคคลอื่นตัดสินใจซื้อ ($\beta_5 > 0$) สอดคล้องกับ Reangruae (2011) พบว่า ตนเองเป็นผู้ที่มีอิทธิพลสูงที่สุดที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมกระชับสัดส่วน เมื่อเทียบกับบุคคลอื่น ๆ

OC หมายถึง อาชีพ OC = 0 คือ อาชีพอื่น ๆ OC = 1 คือ อาชีพธุรกิจส่วนตัวหรือค้าขาย มีสมมติฐานว่าหากผู้บริโภคมีอาชีพธุรกิจส่วนตัวหรือค้าขายน่าจะมียุทธศาสตร์ตัดสินใจบริโภคน้อยกว่าอาชีพอื่น ๆ ($\beta_6 < 0$) สอดคล้องกับ Poosoongnern (2005) พบว่า ถ้าผู้บริโภคมีอาชีพธุรกิจส่วนตัวหรือค้าขาย มีโอกาสซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลต่อปีเกือบทุกครั้งลดลง 1.511 เท่า

P₁ หมายถึง ระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านผลิตภัณฑ์

P₂ หมายถึง ระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านราคา

P₃ หมายถึง ระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่าย

P₄ หมายถึง ระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านการส่งเสริมการขาย

มีสมมติฐานว่าหากผู้บริโภคมีระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีโอกาสที่จะตัดสินใจบริโภคมากขึ้น ($\beta_7, \beta_8, \beta_9, \beta_{10} >$

0) สอดคล้องกับ Premthongsuk (2016) พบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อโพลีแลมด้านแบบโคลนและส่งผลเชิงบวก Kumyat *et al.* (2559) พบว่า การส่งเสริมการตลาดสินค้าผลการบอในด้านราคาจะช่วยให้การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค Phiwhum (2011) ที่ศึกษาพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านช่องทางการจัดจำหน่ายในระดับมาก โดยเรียงลำดับดังนี้ คือ มีการจัดจำหน่ายโดยตรงถึงลูกค้า มีการจำหน่ายผ่านตัวแทนที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ และมีการจำหน่ายทางโมเดิร์นเทรด และ Mabhud (2012) พบว่า ปัจจัยส่วนประสมการตลาด ด้านส่งเสริมการตลาดมีผลต่อการเลือกแพ็คเกจจิ้งทิวซันส์ในทิศทางเดียวกัน

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ ผลการศึกษาดังนี้

สภาพทั่วไปของผู้บริโภค พบว่า ส่วนมากเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 52.73 เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 47.27 อายุเฉลี่ยเท่ากับ 46.01 ปี ระดับการศึกษาส่วนมากมีระดับการศึกษาต่ำกว่าอนุปริญญา/ปวส. คิดเป็นร้อยละ 48.31 รองลงมา คือ ปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 26.49 อนุปริญญา/ปวส. คิดเป็นร้อยละ 20.26 สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 3.64 และไม่ได้รับการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 1.30 อาชีพส่วนมากมีอาชีพรับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 33.25 รองลงมา คือ ประกอบธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 17.14 พนักงาน/ลูกจ้างบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 15.32 ข้าราชการ/พนักงานราชการ คิดเป็นร้อยละ 13.25 เกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 10.91 และนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 10.13 ตามลำดับ

1. การทดสอบตัวแปรที่เหมาะสมของตัวแปรในแบบจำลอง

สมมติฐาน

H₀: การบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้าไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรในแบบจำลอง

H₁: การบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้าขึ้นอยู่กับตัวแปรอย่างน้อย 1 ตัวแปร

จาก Table 1 ค่า Model Chi-Square มีค่าเท่ากับ 66.261 ซึ่งมากกว่า 18.31 ($\chi^2_{(0.05,10)}$) และ ค่า Significant เท่ากับ 0.000 น้อยกว่า 0.01 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานรอง นั่นคือมีตัวแปรอย่างน้อย 1 ตัวแปรในแบบจำลองที่ส่งผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้า

Table 1 Omnibus test of model coefficients

	Chi-square	df	Sig
Step	66.261**	10	0.000
Block	66.261**	10	0.000
Model	66.261**	10	0.000

** Significant difference 0.01

ผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบจำลองมีค่า -2Log likelihood และ Pseudo R² (Cox & Snell R², Nagelkerke R²) สามารถอธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระในสมการสามารถอธิบายโอกาสที่ผู้บริโภคจะตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้าได้ร้อยละ 22.20 (Table 2)

Table 2 Model Summary

-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
413.054	0.158	0.222

2. การทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วย Hosmer - Lemeshow Test

เป็นสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยจะแบ่ง Case ออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน การแบ่งพิจารณาจากค่าประมาณของโอกาสที่เหตุการณ์จะเกิดด้วยสถิติไคสแควร์ โดยที่ขนาดตัวอย่างที่ทำการทดสอบต้องมากพอที่จะทำให้จำนวน Case ที่คาดไว้มากกว่า 5 และไม่มีกลุ่มใดที่มีค่า E_i น้อยกว่า 1 (Vanichbuncha, 2011)

โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

H₀: แบบจำลองมีความเหมาะสม

H₁: แบบจำลองไม่มีความเหมาะสม

การทดสอบความเหมาะสมของสมการโดย Hosmer and Lemeshow มีค่าเท่ากับ 2.138 ซึ่งน้อยกว่า 15.507 และค่า Significant เท่ากับ 0.976 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐานหลัก คือสมการมีความเหมาะสม (Table 3)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{10} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Table 3 Hosmer and Lemeshow test

Step	Chi-square	df	Sig
1	2.138	8	0.976

* Significant difference 0.05

3. การทดสอบความแม่นยำของสมการ

การทดสอบความน่าเชื่อถือได้ สามารถสรุปได้คือร้อยละของการทำนายถูกในกรณีผู้บริโภคไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้าเท่ากับร้อยละ 40.50 กล่าวคือข้อมูลจริงผู้บริโภคไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้า จำนวน 121 ราย แต่เมื่อใช้สมการพยากรณ์จะสามารถพยากรณ์ว่าผู้บริโภคที่ไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางค้าจำนวน 49 ราย นั่นคือ พยากรณ์ถูกต้อง ร้อยละ 40.50

ร้อยละของการทำนายถูกในกรณีผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ เท่ากับร้อยละ 87.90 กล่าวคือข้อมูลจริงของผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ จำนวน 264 ราย แต่เมื่อใช้สมการพยากรณ์จะสามารถพยากรณ์ว่าผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ จำนวน 232 ราย นั่นคือ พยากรณ์ถูกต้อง ร้อยละ 87.90

ดังนั้นร้อยละของการทำนายถูกโดยรวมทั้งกรณีที่เคยบริโภคและไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ หรือร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 73.00 (Table 4)

Table 4 Classification Table

Observed	Predicted		Percentage Correct
	Never	Ever	
Never	49	72	40.50
Ever	32	232	87.90
Overall Percentage			73.00

จาก Table 5 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ เพศ (SEX) บุคคลที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภค (IPC) และระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านช่องทางในการจัดจำหน่าย (P_3) มีค่า Significant เท่ากับ 0.000 0.001 และ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ณ ระดับความเชื่อมั่น 99% แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ ซึ่งสามารถเขียนสมการของการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$Y = -1.235 - 0.961SEX^{**} - 0.066EDU + 0.074INC + 0.315MAR + 0.946IPC^{**} - 0.150OC - 0.298P_1 + 0.082P_2 + 0.749P_3^{**} + 0.085P_4$$

จากสมการโลจิสติกข้างต้นสามารถแปลผลได้ว่าถ้าผู้บริโภคเป็นเพศชายมีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ ลดลง 0.382 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเพศหญิง ถ้าผู้บริโภคตัดสินใจบริโภคด้วยตนเองแล้ว มี

โอกาสในการบริโภคมากขึ้น 2.576 เท่า เมื่อเทียบกับบุคคลอื่น ๆ เช่น ครอบครัว เพื่อน เพื่อนบ้าน เป็นต้น และถ้าผู้บริโภคมีระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านช่องทางในการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำเพิ่มขึ้น 2.114 เท่า (Table 5)

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำในจังหวัดสกลนคร ผลการวิจัยสรุปได้ว่า สภาพทั่วไปของผู้บริโภค ส่วนมากเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 52.73 อายุเฉลี่ยเท่ากับ 46.01 ปี ระดับการศึกษาต่ำกว่าอนุปริญญา/ปวส. คิดเป็นร้อยละ 48.31 อาชีพรับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 33.25

สำหรับผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก ทำให้ทราบว่า ผู้บริโภคเป็นเพศชายมีโอกาที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนลดลง 0.382 เท่าเมื่อเทียบกับผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิง อาจเป็นเพราะว่าเพศหญิงโดยเฉพาะผู้ที่มีการมีครอบครัวแล้วจะได้รับมอบหมายให้ดูแลการใช้จ่ายใช้สอยภายในบ้านและมีความละเอียดมากกว่าเพศชาย ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพของ Serirat (2007) ที่กล่าวว่า ผู้หญิงกับผู้ชายมีความคิด ความนิยม และทัศนคติที่แตกต่างกัน สถานะทางสังคมและวัฒนธรรมเป็นตัวกำหนดบทบาทและกิจกรรมของเพศที่แตกต่างกัน โดยที่เพศหญิงจะมีบทบาทในการใช้จ่ายในด้านสินค้าและบริการมากกว่าเพศชาย Nanthasin (2015) ได้ทำการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านมูลค่าในการบริโภค (บาท/ครั้ง) แตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 โดยเพศหญิงมีมูลค่าในการบริโภค (บาท/ครั้ง) มากกว่าเพศชาย Anuchan *et al.* (2016) พบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับ

พฤติกรรมการซื้อขายไก่ของผู้บริโภค เนื่องจากผู้หญิงมักมีความเป็นแม่บ้านแม่เรือนมากกว่าผู้ชาย รวมทั้งผู้หญิงเป็นเพศที่มีจิตใจอ่อนไหวถูกใจได้ง่าย และผลการวิจัยยังพบว่าเพศหญิงมีพฤติกรรมการซื้อไก่มากกว่าเพศชาย แต่ไม่สอดคล้องกับ Srivaranan (2013) ได้ทำการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิง (Gender) มีแนวโน้มที่จะเต็มใจจ่ายเพิ่มในระดับน้อยกว่าร้อยละ 25 และระหว่างร้อยละ 25-50 เพื่อซื้อเนื้อสุกรอินทรีย์มากกว่าเพศชายร้อยละ 15 และ 2 ตามลำดับ ส่วนผู้บริโภคเป็นเพศชายมีแนวโน้มที่จะเต็มใจจ่ายเพิ่มในระดับมากกว่าร้อยละ 50 เพื่อซื้อเนื้อสุกรอินทรีย์มากกว่าเพศหญิงอยู่ร้อยละ 18 หมายความว่า หากมีการจำหน่ายเนื้อสุกรอินทรีย์ในตลาด ผู้บริโภคที่เป็นเพศชายมีความเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพิ่มเพื่อซื้อเนื้อสุกรอินทรีย์ในสัดส่วนร้อยละที่สูงกว่าเพศหญิง

ถ้าผู้บริโภคตัดสินใจบริโภคด้วยตนเองแล้ว มีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนเพิ่มขึ้น 2.576 เท่า อาจเป็นเพราะว่าความต้องการของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน การที่บุคคลต้องการบริโภคสิ่ง ๆ หนึ่ง ต้องเริ่มต้นมาจากตนเองก่อนบุคคลอื่น ๆ เสมอ สอดคล้องกับ Siri-umpai (2012) พบว่า นักท่องเที่ยวที่ไปซื้อสินค้าในตลาดโบราณบ้านสะแกกรัง ส่วนมากตัดสินใจซื้อสินค้าด้วยตนเอง คิดเป็นร้อยละ 33.00 เช่นเดียวกับ Inbumroong (2010) พบว่า ผู้บริโภคส่วนมากตัดสินใจซื้อสินค้าด้วยตนเอง คิดเป็นร้อยละ 57.50 รองลงมา คือ บุคคลในครอบครัว Hongma (2012) พบว่า บุคคลที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้ซื้อในตลาดนัดกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดนนทบุรี คือ ตนเอง คิดเป็นร้อยละ 59.00 ส่วนงานวิจัยที่ไม่สอดคล้องและผลปรากฏว่าบุคคลอื่น ๆ อาทิเช่น ครอบครัว เพื่อน เพื่อนบ้าน เป็นต้น มีผลต่อการบริโภคมากกว่าอาจเป็นเพราะมนุษย์ทุกคนนั้นต้องมีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับคนที่อยู่รอบข้างจึงผลมากกว่าตนเองเป็นผู้ตัดสินใจบริโภค ดังนี้ Sarwar *et al.* (2014) พบว่า กลุ่มอ้างอิง เช่น คนในครอบครัว เพื่อน เพื่อนบ้าน มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคที่ระดับนัยสำคัญ 0.005

และมีความสัมพันธ์เป็นบวก และยังกล่าวอีกว่าถ้าบุคคลยังอยู่ในสังคมมากเท่าใดเขาก็จะได้รับอิทธิพลจากเพื่อน และเพื่อนบ้านมากกว่าครอบครัวของเขา ยิ่งกลุ่มอ้างอิงมีอิทธิพลมากเท่าไรก็ยิ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคมากขึ้นเท่านั้น Zeb *et al.* (2011) พบว่า กลุ่มอ้างอิงมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับพฤติกรรมการซื้อผ้าแพชั่นของเพศหญิงในปากีสถานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Sig 0.021)

ถ้าผู้บริโภคมีระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีโอกาสที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนเพิ่มขึ้น 2.114 เท่า อาจเป็นเพราะผู้บริโภคต้องการรรถประโยชน์ด้านสถานที่ ได้รับความสะดวก รวดเร็ว ง่าย สามารถซื้อหาสินค้าโดยทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับ Phiwhum (2011) ที่ศึกษาพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านช่องทางการจัดจำหน่ายในระดับมาก โดยเรียงลำดับดังนี้ คือ มีการจัดจำหน่ายโดยตรงถึงลูกค้า มีการจำหน่ายผ่านตัวแทนที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ และมีการจำหน่ายทางโมเดิร์นเทรด ตามลำดับ Apapat (2016) ที่ศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่ายส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่แบบ Take Away ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% Saiurprach (2012) ศึกษาปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการบริโภคอาหารฟาสต์ฟู้ดของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายในด้านอยู่ในทำเลที่ตั้งที่มีการคมนาคมสะดวก ใกล้แหล่งชุมชน และมีหลายสาขาให้เลือกใช้บริการ Anuchan *et al.* (2016) พบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสถานที่จัดจำหน่ายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไก่ของผู้บริโภคเนื่องจาก สถานที่จัดจำหน่ายเป็นสถานที่ติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนสินค้าและบริการระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย จนเกิดความพึงพอใจทั้งกับผู้ซื้อและผู้ขาย Lertsupanimit (2015) พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านช่องทางในจัดจำหน่ายมีอิทธิพลกับความพึงพอใจซื้ออะไหล่รถยนต์มือสอง (อะไหล่เชียงกง) ผ่าน

สื่อออนไลน์ในเขตกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 (sig 0.000)

จากผลการวิจัยข้างต้นเพื่อเป็นการพัฒนาและวางแผนการตลาดผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำ จังหวัดสกลนคร คณะผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ในการเสนอขายผลิตภัณฑ์ฯ หรือการทำการตลาดควรเน้นและประชาสัมพันธ์ไปที่กลุ่มของเพศหญิงเนื่องจากมีผลต่อการซื้อและการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุน

2. ผู้บริโภคความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุน เพราะฉะนั้นสหกรณ์ฯ ควรมีบริหารจัดการในปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เช่น หาทำเลที่ตั้งของสาขา โดยหาทำเลที่ตั้งให้ผ่านเส้นทางการเดินทางที่สะดวก และมี

การขยายสาขาให้มากขึ้นเพื่อให้ผู้บริโภคจะหาซื้อผลิตภัณฑ์ได้ง่าย หรือมีช่องทางในการรับคำสั่งซื้อจากอินเทอร์เน็ต/แอปพลิเคชัน แล้วจัดส่งให้กับบริษัทขนส่งที่มีความรวดเร็ว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนของงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครที่ให้การส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรได้มีผลงานทางวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดี

Table 5 Results of the logistics regression analysis model

Variable	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
SEX	-0.961	0.258	13.872	1	0.000**	0.382	0.231	0.634
EDU	-0.066	0.295	0.050	1	0.823	0.936	0.525	1.670
INC	0.074	0.294	0.063	1	0.803	1.076	0.604	1.917
MAR	0.315	0.259	1.480	1	0.224	1.371	0.825	2.278
DEC	0.946	0.279	11.469	1	0.001**	2.576	1.490	4.455
OC	-0.150	0.339	0.197	1	0.657	0.860	0.443	1.672
P ₁	-0.298	0.176	2.876	1	0.090	0.742	0.526	1.048
P ₂	0.082	0.170	0.232	1	0.630	1.085	0.778	1.515
P ₃	0.749	0.168	19.855	1	0.000**	2.114	1.521	2.938
P ₄	0.085	0.135	0.398	1	0.528	1.089	0.836	1.419
Constant	-1.235	0.751	2.708	1	0.100	0.291		

** Significant difference 0.01

References

- Anuchan, W., Limunggura, T. and Kuhasawanwatch, S. 2016. Factors affecting egg buying behavior of consumers in Mueang district, Chachoengsao province. King Mongkut's Agr. J. 34(2): 10-20. (in Thai)
- Apapat, S. 2016. Factors Affecting Purchase Decisions by Working-Age Consumers of Take Away Bakery Products in Bangkok and Vinicity. Master independent study of Business Administration, Graduate School, Thammasat University. (in Thai)
- Bupparit, R. 2006. Willingness to Pay of Tourists for Dugong (Dugong dugon) Conservation in Had Chao Mai National Park and Ko Libong Non-hunting Area, Trang Province. Master thesis of Science, Graduate School, Kasetsart University. (in Thai)
- Department of livestock Development. 2014. The data of livestock in Thailand 2013. Bangkok: Information and Statistics Group. Information and Communication Technology Center, Department of livestock Development.
- Hongma, T. 2012. Factors that Affect Buyers Behaviors in Flea Market Shopping: Case Study of General in the Ministry of Health in Nonthaburi. (Research report). Nonthaburi: Ratchaphruek College. (in Thai)
- Inbumroong, P. 2010. Factors Related to Consumer Decisions in Buying Goods at Thonburi Market. Master independent study of Business Administration, Graduate School, Silpakorn University. (in Thai)
- Kanchanakifsakul, C. 2012. Research Methodology in Social Sciences. Tak: Project Five-Five. (in Thai)
- Kumyat, A., Satienperakul, K. Punyawadee., V. and Nunthasen, K. 2016. Factors affecting the purchasing decisions of carbon label products in Muang District, Chiang Mai Province. Res. Develop. J. Suan Sunanadha Rajabhat University 8(2): 151-161. (in Thai)
- Lertsupanimit, V. 2015. Trust Effecting the Consumer' s Satisfaction for Secondhand Auto Parts Online Purchasing in Bangkok. Master independent study of Business Administration, Graduate School, Bangkok University. (in Thai)
- Mabhud, S. 2012. Market Mixes which affect Purchasing Behavior of True Visions Customer in Bangkok Area. Master thesis of Business Administration, Faculty of Business Administration, Dhurakij Pundit University. (in Thai)
- Muenprasertdee, S. 2014. Factors that Affect Consumer Behavior Based on Current Trends of Consumers in Bangkok Metropolitan Area. Master Independent Study of Business Administration, Graduate School, Bangkok University. (in Thai)
- Nanthasin, N. 2015. Factors affecting consumer's consumption behavior and loyalty toward Health food in Bangkok metropolis: Cult. Approach 16(29): 3-18. (in Thai)

- Phiwhum, N. 2011. The factors and behaviors in buying Ponyangkham beef cattle of buyers in Sakon Nakhon province. (Research report). Pathum Thani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Pon Yang Kham Cooperative. 2017. The history cooperative [online]. [Accessed September 16, 2017]. Available from: <http://www.sahakornthai.com>.
- Pon Yang Kham Cooperative. 2018. Annual report: 2017. Sakon Nakhon: Pon Yang Kham Cooperative. (in Thai)
- Poosoongnern, A. 2005. The Study of Expected Value of Benefit and Factors that Affect the Behavior in Buying Government Lottery and 2 of 3 Digit Lottery: A Case Study of People in the Municipality of Muangloei District, Loei Province. Master thesis of Science, Graduate School, Kasetsart University. (in Thai)
- Premthongsuk, P. 2016. The Marketing Mix Factors Influencing Mud Facial Foam buying decision of Consumers in Bangkok. Veridian E-Journal, Silpalorn University 9(3): 1027-1039. (in Thai)
- Reangkruae, S. 2011. Factors Influencing Purchase Decision of the Wealthy Slimming Diet Product of Consumers in Pathum Thani. Master independent study of Business Administration, Faculty of Administration Business, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Saiurprach, S. 2012. Marketing factors effecting fast food consumption of consumers in Muang district, Lampang province. Master thesis of Business Administration, Department of Business Administration, Faculty of Business Administration, Meajo University. (in Thai)
- Sarwar, F., Aftab, M. and Iqbal, M. T. 2014. The Impact of Branding on Consumer Buying Behavior. Int. J. Technol. Res. 2(2): 54-64.
- Serirat, S. 2007. Consumer Behavior. Bangkok: Theera Film and Cytec Company Limited. (in Thai)
- Siri-umpai, W. 2012. Factors Influencing Buying Behavior of Visitors at Baan Sakae Krang Ancient Market (Trok Rong Ya Walking Street), Uthai Thani Province. Master independent study of Business Administration, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Srivaranan, Y. 2013. Consumers' Willingness to Pay for Organic Pork in Khon Kaen Province. Econ. Public Policy J. 4(7): 1-24. (in Thai)
- Vanichbuncha, K. 2011. Advanced analysis with SPSS. (9th edition). Bangkok: Chula Book. (in Thai)
- Zeb, H., Rashid, K. and Javeed, M. B. 2011. Influence of Brands on Female Consumer's Buying Behavior in Pakistan. Int. J. Trade, Econ. Finance 2(3): 225-231.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ

ศันธร พิชัย*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตแคบหมูไมโครเวฟที่เหมาะสม โดยเป็นการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์แคบหมู ส่งผลให้แคบหมูมีความปลอดภัยและดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีการผลิตแคบหมูไมโครเวฟ โดยการนำหนังหมูมาต้มจนเปื่อยแล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 90°C นาน 3 ชั่วโมง นำไปพองตัวด้วยไมโครเวฟ จากนั้นศึกษาการพองตัวของแคบหมูด้วยไมโครเวฟ พบว่า แคบหมูไมโครเวฟพองตัวได้ดีที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์ นาน 2 นาที และปริมาณไขมันของแคบหมูไมโครเวฟ มีปริมาณไขมัน $6 \pm 0.70\%$ ซึ่งมีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่มีขายตามท้องตลาด (33.24- 45.66%) การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ เปรียบเทียบกับแคบหมูที่มีขายตามท้องตลาด พบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านรสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ของแคบหมูไมโครเวฟ ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบ

คำสำคัญ: แคบหมู ไมโครเวฟ และ ไขมันต่ำ

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

Product Development of Pork Snack Microwave

Sananthorn Pichai*

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

Abstract

The purpose of this research is to study the development of microwave pork crackling production by reducing the amount of fat in the products and make the products be more safety and healthy to consumers. The research is found a method, which was to bring skin pork to boil until it was rot - baked at 90°C -lasted for 3 hours and after that, puffed it with microwave. After puffing it with microwave, we found the pork crackling were inflated well at 800 Watt took for 2 minutes and the microwave pork crackling had amount of fat about $6\pm0.70\%$ and that is a lower amount of fat than the normal pork crackling in the general market (33.24%-45.66%). From making a comparison between the pork crackling by microwave and normal pork crackling in the general market with costumers, it showed the fact that, the preference score for flavor and texture of microwave pork cracking are not significantly different statistical ($p>0.05$) and the score of overall appearance for microwave pork crackling was at the satisfied level.

Keywords: pork snack, microwave oven and low fat

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

บทนำ

แคบหมูเป็นอาหารพื้นบ้านของคนไทย เริ่มจากการนำหนังหมูที่มีมันติดอยู่ด้วยตัดเป็นชิ้น นำไปต้ม และทำให้แห้งด้วยแสงแดด หรืออาจนำไปเคี่ยวด้วยไฟอ่อนๆ แล้วนำไปทอดด้วยน้ำมันให้พองได้เป็นแคบหมูที่กรอบ ผลิตภัณฑ์แคบหมูโดยทั่วไปต้องใช้ไขมันที่มีอุณหภูมิสูงในการทอดก่อนที่จะนำมาบริโภค และน้ำมันที่ใช้ทอดก็จะใช้น้ำมันเดิมทอดซ้ำอยู่หลายครั้ง จากสาเหตุที่กล่าวมาจึงส่งผลให้น้ำมันที่ใช้ทอดนั้นเกิดสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ และการผลิตอาหารด้วยการทอดนั้นน้ำมันที่ทอดจะเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของอาหารซึ่งทำให้อาหารมีปริมาณไขมันนั้นเพิ่มขึ้นด้วย (Chaiyanka, 2009)

งานวิจัยนี้จึงเห็นความสำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตและยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์แคบหมูและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แคบหมูได้มากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการผลิตและยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ โดยไม่ใช้วิธีการทอดซึ่งจะทำให้แคบหมูปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาผลของระยะเวลาการอบหนังหมูที่อุณหภูมิ 90°C

นำหนังหมูมาหั่นให้ได้ขนาดแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ น้ำเดือดนาน 15 นาที นำขึ้นมาล้างน้ำสะอาด แล้วนำมาเอาไขมันออก จากนั้นนำหนังหมูต้มที่อุณหภูมิ น้ำเดือดจนเปื่อย มาล้างทำความสะอาดแล้วนำมาปรุงรส คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำหนังหมูเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิ 90°C จนได้ค่า $a_w \leq 0.6$ และความชื้น 13-15% พักให้เย็น เพื่อรอการทอดด้วยไมโครเวฟ

ปัจจัยที่ศึกษาคือ ค่าความชื้น และค่า Water activity (a_w) ที่ระยะเวลาการอบแห้ง 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง

วางแผนการทดลองแบบ One-Way Anova ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test

2. ศึกษาการพองตัวของแคบหมูด้วยไมโครเวฟ

นำแคบหมูที่ผลิตได้ จำนวน 15 ก. บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงกระดาษสีน้ำตาล แล้วนำไปปิดผนึกภายใต้ความดันสุญญากาศ โดยใช้ถุงสุญญากาศ ความหนา 120 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำมาอบด้วยเตาไมโครเวฟ โดยอบที่กำลังไฟ 800 วัตต์

ปัจจัยที่ศึกษาคือ อัตราการพองตัว ติดตามและประเมินผล ที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที อัตราการพองตัว

$$\text{ร้อยละการขยายตัว} = \frac{\text{ขนาดหลังการพองตัว} - \text{ขนาดก่อนการพองตัว}}{\text{ขนาดก่อนการพองตัว}} \times 100$$

วางแผนการทดลองแบบ One-Way Anova ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test

3. ศึกษาปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ

นำแคบหมูไมโครเวฟที่มีอัตราการพองตัวที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ปริมาณไขมัน วิเคราะห์ด้วยเครื่องสกัดไขมัน Soxhlet ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2000)

4. ศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคะหมูไมโครเวฟ

นำแคะหมูไมโครเวฟ และแคะหมู 3 ยี่ห้อที่หาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม (แคะหมู 1 คือ แคะหมู ตรา อู๊ด แคะหมู 2 คือ แคะหมู ตรา ส.ขอนแก่น และแคะหมู 3 คือ แคะหมู ตรา นงรักษ์ แคะหมู 4 คือ แคะหมูไมโครเวฟ) มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ผู้เข้าร่วมการทดสอบเพศหญิง และเพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี

วิธีการทดสอบเริ่มจากผู้เข้าร่วมการทดสอบต้องกรอกข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ การศึกษา และอาชีพ เมื่อได้รับตัวอย่างผู้ทดสอบจะประเมินความชอบต่อ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale คือ 9-point Hedonic Scale โดยที่คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาระยะเวลาการอบแห้งหมูที่อุณหภูมิ 90°C

จากการศึกษาการผลิตแคะหมู โดยวิธีการนำหมูมาหั่นให้ได้ขนาดแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 นาที นำขึ้นมาล้างน้ำสะอาด แล้วหั่นเอาไขมันที่ติดอยู่ที่หนังออก จากนั้นนำหนังหมูต้มที่อุณหภูมิ 100°C จนเปื่อย มาล้างทำความสะอาดแล้วนำมาปรุงรสคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำหนังหมูเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 90°C สามารถพองตัวด้วย

ไมโครเวฟได้ เพราะหนังหมูผ่านการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมูโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonthawong and Khrutha (2008) ได้รายงานว่าในการผลิตแคะหมูนิยมใช้อุณหภูมิที่ต่ำในระยะแรกเป็นการลดความชื้นของหนังหมูเพื่อหนังหมูมีความชื้นน้อยลง จากนั้นจึงใช้อุณหภูมิสูงในระยะสุดท้าย เป็นการสร้างเกราะขึ้นรอบๆ หนังหมูป้องกันไม่ให้น้ำ ระเหยออกไปได้ง่าย ในขณะที่ทำให้แคะหมูเกิดการพองตัว จะช่วยให้หนังหมูพองตัวดีขึ้น ต่อจากนั้นจึงปล่อยให้เย็นตัวเพื่อเป็นการกระจายความชื้น ช่วยให้การพองตัวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ จากกรรมวิธีการผลิต แคะหมูวิธีนี้ได้ค่าความชื้นและ a_w ดัง Table 1

Table 1 Moisture and water activity (a_w) values of pork snack microwave products

Period (hrs)	Moisture content (%)	Water activity a_w
0	43.30±3.13 ^a	0.99±0.00 ^a
1	20.14±0.99 ^b	0.87±0.00 ^b
2	15.52±1.05 ^c	0.75±0.02 ^c
3	13.36±0.38 ^c	0.62±0.03 ^d

Note: Mean with different letters in the same column are statistical different ($p < 0.05$) according to Duncan's Multiple Range test.

จากความชื้นเริ่มต้น และ a_w เริ่มต้นของหนังหมูก่อนผ่านกระบวนการอบที่ 90 °C พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง หนังหมูมีค่าความชื้น และค่า a_w ลดลงตามต้องการ คือ 13.36 และ 0.62% ตามลำดับ ซึ่งค่าความชื้นที่ต่ำกว่า 15% และ a_w ต่ำกว่า 0.66% มีผลเพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหาร เสื่อมเสียทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรีย (Boonthawong and Khrutha, 2008) Jiamjariyatam *et al.* (2016) รายงานว่าหนังหมูตากแห้ง จากตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีปริมาณความชื้นของวัตถุดิบเท่ากับ 15.81%

นอกจากนั้น Boonthawong and Khrutha (2008) ได้ผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ รายงานว่า ค่า a_w ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.61-0.63 ทั้งนี้เนื่องจากการอบหนังหมูมีการกำหนดค่า ปริมาณความชื้นสุดท้าย อยู่ที่ ร้อยละ 13-14 จึงทำให้หนังหมูมีค่า a_w ใกล้เคียงกัน ซึ่งค่า a_w ที่ลดลงเริ่มจากผิวนอกของหนังหมู โดยความร้อนจะถูกนำไปยังผิวอาหารจะถ่ายเทความร้อนโดยการพา และเมื่อผิวของอาหารได้รับความร้อนก็จะถูกนำไปยังชั้นของ อาหาร บรรยากาศจะทำหน้าที่ด้วยการถ่ายเทความร้อนเข้าไปยังชั้นอาหาร และมีการเคลื่อนที่ของไอน้ำออกมานอก ชั้นอาหารทำให้อาหารแห้งเร็วและมี a_w ลดลง

2. ผลการศึกษาการพองตัวของแคบหมูไมโครเวฟ

จากการศึกษาการพองตัวของแคบหมูไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์ โดยวัดความกว้าง และความหนาของแคบหมูก่อนอบด้วยไมโครเวฟ และแคบหมูหลังอบด้วยไมโครเวฟ โดยใช้เวอร์เนียร วัดที่ตำแหน่งเดียวกัน ได้ผลดัง Table 2

Table 2 Expansion of pork snack microwave at 800 W

Microwave power	minute	Puffing of pork snack microwave (%)	
		before expansion	after expansion
800 W	1	1.51±1.02 ^b	2.41±0.38 ^b
	2	3.26±2.11 ^{ab}	4.94±1.58 ^{ab}
	3	3.65±2.11 ^a	5.38±1.46 ^a

Note: Mean with different letters in the same column are statistical different ($p < 0.05$) according to Duncan's Multiple Range test.

แคบหมูเมื่อนำมาพองตัวด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์ พบว่า ที่กำลังวัตต์ที่ 800 วัตต์ ที่ 1, 2 และ 3 นาที ความกว้างและความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การขยายตัวของชั้นแคบหมูเกิดจากการให้ความร้อน กับหนังหมูตากแห้ง ซึ่งมีโปรตีนส่วนใหญ่คอลลาเจน ความชื้นในชั้นหนังหมูตากแห้งเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนแปลงเป็นไอน้ำ ส่วนคอลลาเจนเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนแปลงเป็นเจลาติน ซึ่งมีลักษณะอ่อนตัว Zapotoczny (2006) รายงานว่า ไอน้ำและก๊าซสามารถ ดันผ่านออกไปได้จากความแตกต่างระหว่างความดันภายใน และภายนอกของชั้นหนังหมูตากแห้ง ทำให้เกิดการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้น ทำให้แคบหมูขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงปริมาตรไปอย่างรวดเร็ว

จากผลการศึกษา พบว่า ที่ 800 วัตต์ ที่ 3 นาที มีอัตราการพองตัวได้ดีกว่า 1 และ 2 นาที เนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการพองตัวที่นานขึ้น ส่งผลทำให้มีแรงดันไอน้ำในหนังหมูจากอบแห้งสูงขึ้น จึงดันผลิตภัณฑ์แคบหมูให้เกิดการพองตัวได้มากกว่าตัวอย่างหนังหมูที่ใช้ระยะเวลาในการพองตัวน้อย ดัง Fig. 1 ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Maisont *et al.*, (2010) ได้รายงานว่ เมื่อใช้เตาไมโครเวฟเป็นเวลานานจะส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวพองลดลง และการพองตัวของแคบหมูไมโครเวฟที่ดีที่สุด อยู่ที่กำลังวัตต์ที่ 2 นาที

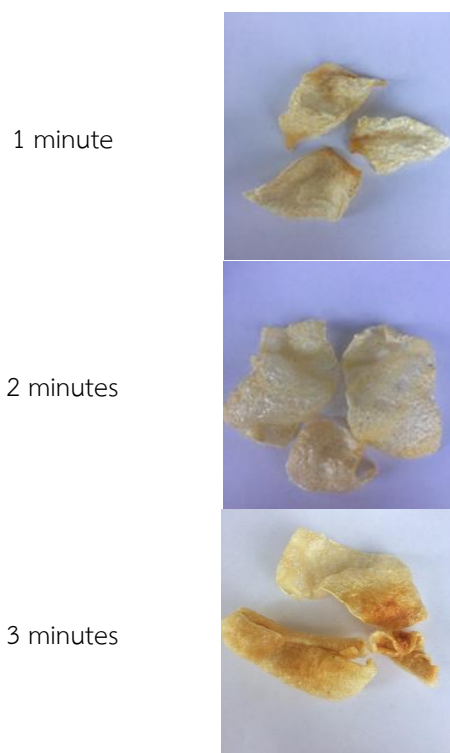


Fig. 1A microwave oven with 800 watts of power for 1, 2 and 3 minutes

3. ผลการศึกษาปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ

ศึกษาปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ โดยนำแคบหมูมาวิเคราะห์ โดยวิธี Soxhlet ตามวิธีการของ AOAC พบว่า แคบหมูไมโครเวฟมีปริมาณไขมัน $6 \pm 0.70\%$ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่า เมื่อเทียบกับแคบหมูทั่วไปมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 32.48% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiamjaritatom *et al.* (2016) รายงานว่า แคบหมูที่ซื้อตามท้องตลาดจะมีปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์สูง คือ 32.48% เมื่อเทียบกับแคบหมูที่ทอดด้วยวิธีดั้งเดิมซึ่งมีปริมาณน้ำมัน 25.02% โดยมีความแตกต่างจากแคบหมูที่ทอดด้วยเตาอบไมโครเวฟ ยกเว้นการที่ทอดด้วยเตาอบไมโครเวฟที่เวลา 105 วินาที ร่วมกับการใช้น้ำมันเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนนานขึ้นส่งผลให้การ ดูดซับน้ำมันจากภายนอก

สู่ภายในชิ้นแคบหมูมากขึ้นด้วย นอกจากนั้น Bunchan (2011) รายงานว่า การเก็บตัวอย่างแคบหมูในพื้นที่ 8 จังหวัดทางภาคเหนือของไทย เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในแคบหมูไร้มัน และแคบหมูติดมัน พบว่า ปริมาณไขมันในแคบหมูติดมัน มีปริมาณไขมัน 51.08% ส่วนแคบหมูไร้มันมีปริมาณไขมัน 33.78% นอกจากนั้น Boonthawong and Khrutha (2008) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 3 เดือน และสามารถทำให้พองตัวโดยไม่ต้องใช้วิธีการทอดในน้ำมัน สามารถนำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเข้าอบในเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อน $800-1,000$ วัตต์ นาน 1-4 นาที หรืออบในเตาอบไฟฟ้าที่ระดับความร้อน $200-250$ °C นาน 2-5 นาที จะได้แคบหมูที่มีลักษณะไม่แตกต่างจากแคบหมูที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมัน และแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการพองตัวด้วยไมโครเวฟมีปริมาณ ไขมันเพียง 10-15% ซึ่งน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมัน ซึ่งมีปริมาณไขมันอยู่ $20-45\%$ นอกจากนั้น Boonsiripiphat (2005) รายงานว่า ในส่วนของการพองตัวด้วยเตาอบไมโครเวฟ พบว่ามีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าการทอดด้วยวิธีดั้งเดิม เพราะว่ามี การจำกัดปริมาณของน้ำมันที่ใช้ในการทอดโดยการชุบชิ้นหนังหมูตากแห้งก่อนทอดด้วยน้ำมันแล้วทำให้พองตัวด้วยคลื่นไมโครเวฟแทนที่จะแช่ชิ้นหนังหมูตากแห้งในน้ำมันขณะทอด ซึ่งการใช้คลื่นไมโครเวฟนี้เป็นการทำให้ อาหารสุกด้วยตัวของอาหารเอง จึงเป็นการลดการ ดูดซึมของน้ำมัน เมื่อพิจารณาถึงเวลาในการให้ความร้อนด้วยเตาอบ ไมโครเวฟ พบว่าเมื่อเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น ปริมาณ น้ำมันในแคบหมูเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากตัวอย่างหนังหมูมีระยะเวลาในการให้การ สัมผัสกับน้ำมันนานขึ้น จึงมีกระบวนการดูดซับน้ำมัน ในชิ้นผลิตภัณฑ์สูงขึ้นตามระยะเวลาที่ให้ความร้อน แต่พบว่าในตัวอย่างที่พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟที่เวลา 105 วินาทีแตกต่างไปทั้งนี้อาจเนื่องจากความไม่ สม่าเสมอของชิ้นหนังหมูดิบที่มีปริมาณของไขมันที่ติดอยู่ แตกต่างกัน

4. ศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคะหมูไมโครเวฟ

ตารางที่ 3 ศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคะหมูไมโครเวฟ

Table 3 Sensory score of pork snack microwave

Pork snack	Sensory score of Pork snack				
	Appearance	Flavor	Crispiness	Taste	Overall liking
1	5.85±1.26 ^a	5.52±1.47 ^{ns}	5.28±1.51 ^{ns}	6.52±1.42 ^{ab}	5.49±1.38 ^{bc}
2	6.03±1.15 ^a	5.46±1.34 ^{ns}	5.72±1.29 ^{ns}	6.26±1.39 ^b	6.60±1.39 ^a
3	6.01±1.31 ^a	5.65±1.21 ^{ns}	5.49±1.62 ^{ns}	7.06±1.58 ^a	4.90±1.47 ^c
4	4.54±1.29 ^b	5.72±1.45 ^{ns}	5.46±1.33 ^{ns}	5.26±1.41 ^c	6.16±1.56 ^{ab}

Note: Values in a column for each sample with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) and ns are not significantly different ($p > 0.05$).

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคะหมูทั้ง 4 สูตร โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่นิยมบริโภคแคะหมู โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ทั้งผู้หญิงและผู้ชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ประเมินระดับการยอมรับโดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale คือ 9-point Hedonic Scale โดยที่คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

โดยการทดสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนด้านกลิ่นรส ด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนที่ใกล้เคียงกัน

คะแนนด้านลักษณะปรากฏ พบว่า สูตรที่ 4 หรือ แคะหมูไมโครเวฟ มีคะแนนต่ำกว่าแคะหมูทั้ง 3 ชนิด ซึ่งอาจมาจากขนาดของชิ้นแคะหมูที่มีขนาดใหญ่เกินไป

ด้านรสชาติ พบว่า สูตรที่ 4 หรือ แคะหมูไมโครเวฟ มีคะแนนต่ำกว่าแคะหมูทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากเป็นแคะหมูที่มีปริมาณโซเดียมต่ำกว่าแคะหมูอื่นๆ

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าแคะหมูไมโครเวฟ (สูตรที่ 4) มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบ เนื่องจากไม่มีการใช้น้ำมันในการทอด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonsiripiphat (2005) รายงานว่า ในส่วนของการพองด้วยไมโครเวฟพบว่ามีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าการทอดด้วยวิธีดั้งเดิม เพราะว่ามีจำกัด ปริมาณของน้ำมันที่ใช้ในการทอด

สรุปผลการวิจัย

1. ศึกษาอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตแคะหมูไมโครเวฟ

จากการศึกษาการผลิตแคะหมูตามกรรมวิธีการผลิตแล้วนำไปทำการพองตัวด้วยไมโครเวฟแล้วพบว่าสามารถพองตัวด้วยไมโครเวฟได้ เพราะหนังหมูผ่านการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมูโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด และเมื่อพิจารณาความชื้นและค่า a_w หลังการอบที่ อุณหภูมิ 90°C เวลา 3 ชั่วโมง พบว่าหนังหมูมีค่าความชื้นและค่า a_w ลดลงตามต้องการ คือ 13.36 และ 0.62%

2. ศึกษาการพองตัวของแคะหมูไมโครเวฟ

แคะหมูเมื่อนำมาพองตัวด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์ พบว่าที่ กำลังวัตต์ที่ 800 วัตต์ ที่ 1,2 และ 3 นาที ความกว้างและความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์ ที่ 3 นาที พบว่า ที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์ ที่ 3 มีอัตราการพองตัวได้ดีกว่า 1 และ 2 นาที แต่แคะหมูจะมีลักษณะไหม้และมีรสชาติขม ส่วนที่กำลังวัตต์ที่ 800 วัตต์ ที่ 2 นาที พบว่า แคะหมูมีการพองตัวด้วยไมโครเวฟได้ดีที่สุด

3. ศึกษาปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์แคะหมูไมโครเวฟ

จากการเปรียบเทียบแคะหมูที่ได้จากการอบกับแคะหมูทั่วไป พบว่า แคะหมูไมโครเวฟมีปริมาณไขมัน $6 \pm 0.70\%$ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าแคะหมูทั่วไปมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 32.48%

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคะหมูไมโครเวฟ

โดยการทดสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนด้านกลิ่นรส ด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนที่ใกล้เคียงกัน

คะแนนด้านลักษณะปรากฏ พบว่า แคะหมู 4 หรือแคะหมูไมโครเวฟมีคะแนนต่ำกว่าแคะหมูทั้ง 3 ชนิด

ซึ่งอาจมาจากขนาดของชิ้นแคะหมูที่มีขนาดใหญ่เกินไป และเมื่อพิจารณาด้านรสชาติ พบว่า แคะหมู 4 หรือแคะหมูไมโครเวฟมีคะแนนต่ำกว่าแคะหมูทั้ง 3 ชนิด แคะหมูไมโครเวฟมีรสชาติจืด และด้านความชอบโดยรวม พบว่า แคะหมูไมโครเวฟมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วย การสนับสนุนเงินอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2559 ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูงมาในโอกาสนี้

References

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., Maryland, USA.
- Boonsiripiphat, K., Suppaso, N., Silanoi, S., Suebwongsa, S. and Charoenrein, S. 2005. Effect of microwave frying on rice shrimp cracker. Food Journal (Thailand). (in Thai)
- Boonthawong, O., and Khrutha, K. 2008. Microwavable crispy pork rind (Kab Moo). Final research report Thailand Research Fund (TRF). Faculty of Food Technology Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang. (in Thai)
- Bunchan, N. 2011. Total fat and sodium content in the pork ribs produced in 8 provinces in northern Thailand. Daily news. Search on 11 July 2017. (in Thai)
- Chaiyanka, W. 2009. Study of ready-made pork for microwave. Library and Center Science and technology information. Search on 11 July 2017. (in Thai)
- Jiamjariyatam, R., Aranabat, T., Arunwacharin, P., Suthichot, P., Prachasiri, C. and Charoenrien, S. 2016. Development of Oil-Reducing Fried Pork Cracklings by Microwave Oven. Department of Food Science and Technology Faculty of Agro-Industry Kasetsart University. (in Thai)

Maisont, S., Narkruga, W. 2010. Effect of Salf, Moisture Content and Microwave Power on Puffing Qualities of Puffed Rice. Kasetsart Journal (Natural Science).

Zapotoczny, P., Markowski, M., Majewska, K., Ratajski, A., Konopko, H. (2006). Effect of Temperature on the Physical, Functional, and Mechanical Characteristics of Hot-Air-Puffed Ammaranth Seed. Journal of Food Engineering.

คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากลูกตำลึง

สุนันท์ บุตรศาสตร์*, ขนิษฐา พานิชศิริ, วรรณภา รสเศรษฐา และ นรินทร แสนสุข

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าในปริมาณ 50, 70, 80 และ 100% โดยน้ำหนัก ในการผลิตคุกกี้ และคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยใช้ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ จำนวน 40 คน นำมาพัฒนาสูตรโดยการเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึงในการทดแทนส่วนที่เป็นของเหลว (นม) ในปริมาณ 25, 50, 75 และ 100 %โดยปริมาตร ผลการวิจัยพบว่า สามารถใช้แป้งข้าวเจ้าในการทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 70% ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด และเมื่อนำมาเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึงในปริมาณต่างกัน พบว่า ผลผลิตคุกกี้ทั้ง 4 สูตร มีแนวโน้มค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำลูกตำลึงเพิ่มขึ้น และผู้ทดสอบจำนวน 40 คน ให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติและการยอมรับโดยรวมในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีปริมาณน้ำลูกตำลึง 50% มากกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึงสูตรนี้ พบว่า มีความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย เกล็ด และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 7.36, 25.79, 1.67, 0.28, 1.38 และ 66.46% ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุกกี้ แป้งข้าวเจ้า สารสี ลูกตำลึง และ ไลโคปีน

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

Rice Flour Cookie Fortified with Colorant from Ivy Gourd Fruit

Sunan Butsat*, Kanittha Panithsiri, Wannapa Rotsettha and Narinthorn Sansuk

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

Abstract

The objective of this research was to investigate the effects of wheat flour substituted with rice flour at 50%, 70%, 80% and 100% by weight for producing cookies. Then the cookies were evaluated sensory test using 40 consumers to select the optimal formula for product development that fortified with colorant from Ivy Gourd fruit replacing of liquid component (milk) at four levels (25%, 50%, 75% and 100% by volume). The result found that the substitution level of 70% rice flour in cookie corresponding with the highest preference of consumers test. Finally, the product development of cookies was fortified with four different levels of colorant from Ivy Gourd fruit found that the more value of redness (a^*), yellowness (b^*) and lycopene content it appeared, the more amount of Ivy Gourd fruit juice it is added. The 40 consumers had higher preferred with taste and overall acceptability of cookie with 50% of Ivy gourd fruit juice than others. The chemical analysis of this cookie showed the content of moisture, lipid, protein, fiber, ash and carbohydrate were 7.36, 25.79, 1.67, 0.28, 1.38 and 66.46% respectively.

Keywords: Cookies, Rice flour, Colorant, Ivy Gourd fruit and Lycopene

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

บทนำ

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบร่วน และเป็นอาหารว่างที่หลายๆ คนชื่นชอบ คุกกี้ประกอบหลักในคุกกี้ คือ แป้งสาลี ได้มาจากข้าวสาลี ซึ่งนำเข้ามาจากต่างประเทศจะมีราคาค่อนข้างสูงกว่าแป้งทั่วไป สำหรับประเทศไทยมีการนำเข้าแป้งสาลีเป็นจำนวนมากโดยนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ 35% ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการนำแป้งจากธัญพืชอื่นมาใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ดี เช่น Rodmui and Jitwaropas (2007) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิในการผลิตคุกกี้ พบว่า แป้งข้าวหอมมะลิสามารถทดแทนแป้งสาลีได้สูงสุดถึง 50% ในขณะที่ Rujirapisit and Sangkaeo (2013) ศึกษาแป้งพลาว์ มันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย พบว่า เมื่อปริมาณแป้งพลาว์มันสำปะหลังเพิ่มขึ้นคุกกี้เนยจะมีสีอ่อนลงเนื่องจากค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความเข้มของสีมีแนวโน้มลดลง ส่วน Tongtangwong and Suwonsichon (2010) ศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบัตเตอร์เค้ก โดยระดับการทดแทนสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคคือร้อยละ 70 และเนื่องจากในแป้งข้าวเจ้ามีองค์ประกอบของปริมาณอะไมโลส สูงส่วนใหญ่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะกรอบร่วน ดังนั้น จึงมีการนำแป้งข้าวเจ้ามาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้ข้าวเกรียบ และขนมดอกจอก นอกจากนี้ในปัจจุบันผู้บริโภคเน้นเรื่องสุขภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำน้ำลูกตาลมาเพิ่มคุณค่าโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์คุกกี้ ทั้งนี้เนื่องจากในผลตาลมีสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีสมบัติในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดี (Sihamala, 2013) แต่การนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารยังมีไม่มากนัก ซึ่งการนำผลตาลลูกมาเป็นส่วนผสมหนึ่งในผลิตภัณฑ์คุกกี้จะเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์และได้ผลิตภัณฑ์ใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำลูกตาล

ล้างลูกตาลสุกด้วยน้ำเปล่า แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นอาหาร จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเก็บน้ำลูกตาลใส่ภาชนะปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 4°C

2. การศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้

ใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบ (Table 1) ที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้ามาทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนต่างๆ กัน ไปผลิตคุกกี้ จำนวน 4 สูตร และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้แต่ละสูตรไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 40 คน ประเมินคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale วัดค่าโดยใช้เครื่องวัดสี และวัดค่าแรงกดแตกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

3. การศึกษาผลของการเติมน้ำลูกตาลแทนนมในการผลิตคุกกี้

นำสูตรที่เหมาะสมจากผลการทดลองในข้อ 2 ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับโดยรวมมากที่สุด มาศึกษาผลของการเติมน้ำลูกตาลแทนนมในปริมาณ 25, 50, 75 และ 100 % ของปริมาณของเหลว และทำการผลิตคุกกี้หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีรุ่น Color Flex EZ ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ รายงานผลค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) และวัดค่าแรงกดแตกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA.XT. Plus ด้วยหัววัดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี

นำผลิตภัณฑ์คุกกีให้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 40 คน ทดสอบชิมและประเมินผลคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบสอบถาม 9-point Hedonic scale

5. การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์คุกกีเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง

นำผลิตภัณฑ์คุกกีเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึงไปสกัดและนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยรวม และไลโคปีน ตามวิธีของ Sogi *et al.* (2015) และวัดความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เทียบกับสารละลายมาตรฐานโทร็อกซ์

6. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกีเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง

นำผลิตภัณฑ์คุกกีที่เสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง สูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับโดยรวมมากที่สุดไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยการหาค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต (ตามวิธีมาตรฐาน AOAC, 2000)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1 Ingredients of cookies replacing of wheat flour with rice flour

Ingredients	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
wheat flour (g)	175	105	70	-
rice flour (g)	175	245	280	350
butter (g)	225	225	225	225
table sugar (g)	87.5	87.5	87.5	87.5
icing sugar (g)	100	100	100	100
milk (g)	60	60	60	60
baking soda (g)	4.5	4.5	4.5	4.5
salt (g)	1.5	1.5	1.5	1.5
egg (g)	50	50	50	50

ผลการวิจัย

1. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คุกกี้ที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี

การทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของคุกกี้ทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Table 2) แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภครู้ให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้แตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณแป้งข้าวเจ้า 70% ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด ส่วนสูตรที่ 4 ซึ่งมีปริมาณแป้งข้าวเจ้า 100% มีค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 2 ซึ่งมีคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุดนำไปพัฒนาต่อไป

2. ค่าสีและค่าแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง

คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึงทั้ง 4 สูตร มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีปริมาณน้ำลูกตำลึงเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำลูกตำลึงมีสีแดงจึงส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีปริมาณน้ำลูกตำลึงมากขึ้นจึงมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น

สำหรับการวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ทั้ง 4 สูตร โดยการวัดค่าแรงกดแตกพบว่า สูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณน้ำลูกตำลึง 50% มีค่าแรงกดแตกมากที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากในสูตรที่ 2 ปริมาณของเหลวในส่วนที่เป็นน้ำลูกตำลึงมีสภาพข้นเท่ากับส่วนที่เป็นไขมันในนม จึงทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงในผลิตภัณฑ์คุกกี้แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำลูกตำลึงมากกว่า 50% ทำให้ปริมาณของเหลวที่มีสภาพข้นเพิ่มมากขึ้น และปริมาณไขมันมนน้อยลง เนื้อสัมผัสของคุกกี้จึงอ่อนตัว ทำให้ค่าแรงกดแตกลดลง

3. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้แตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยสูตรที่ 3 ปริมาณน้ำลูกตำลึง 75% มีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของคุกกี้ทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกัน (Table 4) เมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับค่าแรงกดแตกซึ่งมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของคุกกี้ ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์คุกกี้มีลักษณะกรอบร่วนซึ่งเนื้อสัมผัสจะมีความแข็ง ดังนั้นสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณน้ำลูกตำลึง 50% มีค่าแรงกดแตกสูงกว่าสูตรอื่น ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 2 ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง

4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ ไลโคปีน โดยรวม และ % การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึงปริมาณต่างกัน ทั้ง 4 สูตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารแคโรทีนอยด์โดยรวม ไม่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณสารไลโคปีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ปริมาณไลโคปีนจะเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีปริมาณน้ำลูกตำลึงเพิ่มขึ้น (Table 5) ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกตำลึงมีสารไลโคปีนซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีแดงซึ่งพบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำลูกตำลึงเพิ่มขึ้น และการทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้ทั้ง 4 สูตร มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 64.95 – 69.41% โดยที่ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณน้ำลูกตำลึงเพิ่มขึ้น 75% แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำลูกตำลึงเป็น 100% กลับมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของ

การเกิด pro-oxidant ของสารไลโคปีน ซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์

เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณความชื้น 7.36 % ไขมัน 25.79% โปรตีน 1.67% เยื่อใย 0.2% เถ้า 1.38% และ คาร์โบไฮเดรต 66.46% (Table 6)

5. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง

ผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าเสริมสารสีจากน้ำลูกตำลึง 50% ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับโดยรวมมากที่สุด

Table 2 Sensory evaluation of cookies

Formula	Rice flour (%)	Color ^{ns}	Flavor ^{ns}	Texture	Taste ^{ns}	Overall ^{ns}
1	50	5.45 ± 1.63	6.03 ± 1.48	6.18 ± 1.41 ^{ab}	6.45 ± 1.55	6.60 ± 1.46
2	70	6.18 ± 1.65	6.08 ± 1.87	6.58 ± 1.47 ^a	6.70 ± 1.70	6.95 ± 1.36
3	80	6.25 ± 1.43	5.50 ± 1.61	6.28 ± 1.43 ^{ab}	6.35 ± 1.64	6.45 ± 1.48
4	100	5.80 ± 1.88	5.93 ± 1.80	5.58 ± 1.88 ^b	6.18 ± 1.99	6.23 ± 1.69

Different alphabet (a-b) in the same column has significantly different at $p < 0.05$

ns = not significant ($p > 0.05$)

Table 3 Color value and compression force of 70% rice flour cookies fortified with Ivy gourd juice

Formula	Ivy gourd juice (%)	L* ^{ns}	a*	b* ^{ns}	Compression force (N)
1	25	47.79 ± 1.45	5.79 ± 0.26 ^c	19.79 ± 1.28	15.47 ± 2.96 ^b
2	50	48.57 ± 2.29	6.93 ± 0.55 ^b	20.22 ± 1.14	24.82 ± 3.27 ^a
3	75	48.22 ± 0.16	8.06 ± 0.25 ^a	20.16 ± 0.42	15.91 ± 1.67 ^b
4	100	50.34 ± 0.84	8.68 ± 0.26 ^a	21.62 ± 0.71	17.21 ± 2.75 ^b

Different alphabet (a-c) in the same column has significantly different at $p < 0.05$

ns = not significant ($p > 0.05$)

Table 4 Score value of acceptability consumers on characteristics of Ivy gourd cookies

Formula	Ivy gourd juice (%)	Color	Flavor ^{ns}	Texture ^{ns}	Taste ^{ns}	Overall ^{ns}
1	25	6.81 ± 1.23 ^{bc}	6.89 ± 1.37	6.60 ± 1.21	6.96 ± 1.40	7.11 ± 1.27
2	50	7.09 ± 0.93 ^{bc}	6.77 ± 1.22	6.74 ± 1.05	7.11 ± 1.09	7.21 ± 0.91
3	75	7.28 ± 1.17 ^a	6.55 ± 1.41	6.89 ± 1.43	6.72 ± 1.36	7.09 ± 1.38
4	100	6.66 ± 1.34 ^c	6.32 ± 1.52	6.45 ± 1.36	6.72 ± 1.30	6.66 ± 1.37

Different alphabet (a-c) in the same column has significantly different at $p < 0.05$

ns = not significant ($p > 0.05$)

Table 5 Total phenolic, total carotenoids, lycopene contents and % inhibition of DPPH in Ivy gourd cookies

Formula	Ivy gourd juice (%)	Total phenolic ^{ns} (mg GAE/g)	Total carotenoids ^{ns} (mg/g)	Lycopene (mg /kg)	% Inhibition of DPPH
1	25	0.35 ± 0.06	0.12 ± 0.02	2.40 ± 0.16 ^c	66.73 ± 0.56 ^b
2	50	0.34 ± 0.03	0.14 ± 0.01	5.97 ± 0.69 ^b	67.92 ± 1.06 ^a
3	75	0.31 ± 0.03	0.13 ± 0.01	6.42 ± 0.89 ^a	69.41 ± 1.23 ^a
4	100	0.31 ± 0.07	0.16 ± 0.02	7.46 ± 1.00 ^a	64.95 ± 0.76 ^b

Different alphabet (a-c) in the same column has significantly different at $p < 0.05$

ns = not significant ($p > 0.05$)

Table 6 Proximate analysis of 50% Ivy Gourd in rice flour cookies

Components	Quantity (%)
Moisture	7.36 ± 4.90
Fat content	25.79 ± 0.71
Protein	1.67 ± 0.96
Fiber	0.28 ± 0.15
Ash	1.38 ± 0.06
carbohydrate	66.46 ± 0.45

สรุปผลการวิจัย

ผู้บริโภครับประทานขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีได้ 70% โดยที่ผู้บริโภครับประทานขนมปังที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 50% และ 70% พบว่าผู้บริโภครับประทานขนมปังที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 50% ได้มากที่สุด และการใช้น้ำตาลในขนมปังทดแทนนมสดจะเป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์คุกกี้โดยมีความสามารถในการ

ยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลในคุกกี้เพิ่มขึ้น ผู้บริโภครับประทานคุกกี้ที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 50% และ 70% พบว่าผู้บริโภครับประทานคุกกี้ที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 50% ได้มากที่สุด และการใช้น้ำตาลในคุกกี้ทดแทนนมสดจะเป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์คุกกี้โดยมีความสามารถในการ

References

- Rodmui, A. and Jitwaropas, O. 2007. Production of Cookies Using Wheat Flour Partial Substituted with Hom Nin Rice Flour. Journal of Food Technology, Siam University 3(1) (June 2006-May 2007): 37-43. (in Thai)
- Rujirapisit, P. and Sangkaeo, W. 2013. Effect of Substitute Cassava Flour for Wheat Flour in Butter Cookies. Agricultural Sci.J. 44(2)(Suppl.): 273-276. (in Thai)
- Sihamala, O. 2013. Effect of various extraction methods on concentration, biological activity and stability of lycopene from ivy gourd (*Coccinia grandis*) fruit. Research Report The Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)
- Sogi S.D., Siddiq M. and Dolan D.K. (2015). Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. Food Science and Technology, 62 : 564-568.
- Tongtangwong, U. and Suwonsichon, S. 2010. Effects of Wheat Flour Substitution with Sinin Rice Flour on Qualities of Butter Cake. Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry (3-5 February 2010): 1-8. (in Thai)

การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเสริมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบหญ้าพังโหม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

พรพรรณ สิริมนต์^{1*} และ ธิติมา วงษ์ชีรี²

¹ศูนย์บริการทางการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) จ.ราชบุรี 70150

²สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จ.กท. 10140

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้คลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับตัวทำละลายเอทานอลในการสกัดแยกสารในกลุ่มฟีนอลิกจากใบหญ้าพังโหม ได้ศึกษา 3 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสกัด ได้แก่ ความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอล อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัด จากผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบหญ้าพังโหมโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกร่วมในการสกัด คือ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ที่สภาวะนี้ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดร้อยละ 19.87 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้เท่ากับ 129.89 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง เมื่อทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จากสภาวะการสกัดที่เหมาะสมนี้ พบว่ามีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง โดยมีความเข้มข้นที่กำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC₅₀) จากวิธี DPPH เท่ากับ 2.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และจากวิธี ABTS เท่ากับ 2.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับน้ำหนักสารสกัดหยาบ

คำสำคัญ: ฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ หญ้าพังโหม ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ การสกัดด้วยอัลตราโซนิก

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

Ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from *Paederia pilifera* Hook. f. leaves and its antioxidant activity

Pornpun Siramon^{1*} and Thitima Wongsheeree²

¹King Mongkut's University of Technology Thonburi (Ratchaburi Campus), Ratchaburi 70150, Thailand

²Institute for Scientific and Technological Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand

Abstract

Effect of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from *Paederia pilifera* Hook. f. leaves was investigated. In the extraction process, 3 main parameters: ethanol concentration, extraction temperature and extraction time were used to determine the optimal extraction condition of phenolic compounds from the sample. It was found that the extraction of sample with 70% (v/v) ethanol at 50 °C for 60 minutes gave the highest total phenolic content (129.89 µg GAE/g). The antioxidant activities of crude extract from the optimal extraction condition was further investigated by 2 radical scavenging assays namely, the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS). The results revealed that the crude extract exhibited relatively high antioxidant activities with IC₅₀ values of 2.16 mg/ml by DPPH, and 2.14 mg/ml by ABTS methods, respectively.

Keywords: Free radical scavenging activity, *Paederia pilifera* Hook. f., Total phenolic content and Ultrasonic extraction

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

บทนำ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ได้รับความสนใจ และมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการช่วยปกป้องเซลล์ที่ถูกทำลายหรือได้รับความเสียหายจากอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งอนุมูลอิสระนี้เป็นปัจจัยเสี่ยงนำไปสู่การเกิดโรคร้ายแรงที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในมนุษย์ เช่น โรคมะเร็ง เนื่องจาก ความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดในสมอง และ โรคหัวใจ (Manok and Limcharoen, 2015) สารต้านอนุมูลอิสระมีที่มาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ จากการสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) และจากธรรมชาติ (natural antioxidant) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เกิดจากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีได้เป็นสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ Propyl gallate (PG), Butylated hydroxyanisole (BHA), Butylated hydroxytoluene (BHT) และ Tertiary butylhydroquinone (TBHQ) สารกลุ่มนี้ถูกนำมาใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากมีสภาพคงตัว และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติโดยทั่วไป แต่สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ยังมีข้อจำกัดในด้านความปลอดภัยในการใช้ระยะยาวของผู้บริโภค (Phansawan, 2013) ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติจึงได้รับความสนใจ และมีการศึกษาวิจัยเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะกลุ่มพืชสมุนไพร เพื่อนำมาพัฒนาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระทางเลือก ทดแทนการใช้สารสังเคราะห์ (Arruda *et al.*, 2017)

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระหลักที่พบในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สารประกอบกลุ่มนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีในปัจจุบันจึงมีการนำสารประกอบกลุ่มนี้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย (Murray *et al.*, 2008) กระบวนการสกัดสารประกอบฟีนอลิกพื้นฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) ร่วมกับการใช้ความร้อน

และไม่ใช้ความร้อน (Chotimarkon *et al.*, 2008; Solomon *et al.*, 2014) ในปัจจุบันมีการนำคลื่นอัลตราซาวด์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้ตัวทำละลายในการสกัดตัวอย่าง (Wongwanich and Banjong, 2016) ซึ่งวิธีการนี้ช่วยลดระยะเวลา และใช้อุณหภูมิต่ำในการสกัด เหมาะสำหรับการสกัดสารในกลุ่มที่ไม่ทนต่อความร้อน (Rodrigues and Pinto, 2007)

หญ้าพังกา มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Paederia pilifera* Hook. f. อยู่ในวงศ์ RUBIACEAE มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น หญ้าตดหมา จ้าป่า หลอด ตดหมุดตดหมา เกาออน (เชียงใหม่) พอกู (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี) เป็นวัชพืชที่พบได้ตามสวน และพื้นที่ทั่วไปของประเทศไทย ลักษณะเป็นไม้เถาเลื้อย มีขนละเอียดสีขาวปกคลุมกิ่งก้าน และลำต้น ใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามเป็นคู่ๆ รูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายใบแหลม หลังใบมีขนห่างๆ ท้องใบเกลี้ยง (Chuakul *et al.*, 1996) มีสรรพคุณตามตำราพื้นบ้านคือ ใช้เป็นสมุนไพรแก้ท้องอืด เพื่อ ขับลม ขับปัสสาวะ พอกแก้ปวดศีรษะ รักษาแผล ลำไส้อักเสบ ไช้ออกเสบ มีรายงานวิจัยพบว่าสารสกัดจากรากของหญ้าพังกามีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิก และกรดแอสคอบิกสูง รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดนี้สามารถทำให้ผลในกระเพาะอาหารของหนูทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Saenphet *et al.*, 2014) จากการสืบค้นข้อมูลพบว่า รายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของใบหญ้าพังกามีจำนวนน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการศึกษากระบวนการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบหญ้าพังกา โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้ด้วยวิธี 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และวิธี 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) และเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบกับ BHT ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องสำอาง โดยทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การรวบรวมและเตรียมตัวอย่างหญ้าพังกิม

รวบรวมตัวอย่างหญ้าพังกิม จากอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2560 ส่งภาพพืชตัวอย่างไปทำการตรวจสอบที่สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งได้รับการระบุว่าพืชตัวอย่างคือ หญ้าพังกิม (*Paederia pilifera* Hook. f.)

นำพืชตัวอย่างที่รวบรวมได้มาล้างให้สะอาด ตัดเอาส่วนใบให้มีขนาดเล็ก จากนั้นนำมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ (ความชื้นน้อยกว่า 10%) แล้วจึงนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียดสำหรับใช้ในการสกัดต่อไป

2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกจากตัวอย่าง

การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกจากตัวอย่าง โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดลอง ได้แก่ ความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอล อุณหภูมิ และระยะเวลาการสกัด กำหนดจำนวนการทดลอง 3 ข้ำของการทดลอง การทดลองประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ

2.1 การหาความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง

ทำการสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 โดยการแช่ตัวอย่างในตัวทำละลายเอทานอลที่ 3 ระดับความเข้มข้น คือ 50% 70% และ 95% โดยปริมาตร ใช้อัตราส่วนของตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการกรองแยกกากออก นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยแห้งระบบสุญญากาศแบบหมุน จากนั้นหาปริมาณผลผลิตสารสกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) ในสารสกัดที่ได้โดยใช้วิธี

Folin-ciocalteu reagent (Singleton and Rossi, 1965) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (Gallic acid, Sigma-Aldrich) เพื่อหาความเข้มข้นของตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดตัวอย่าง

2.2 การหาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่างโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก

ทำการสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.1 คือ สารละลายเอทานอลความเข้มข้น ร้อยละ 70 โดยปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยทำการสกัดด้วยเครื่อง sonicator (Bandelin sonorex digitec, รุ่น DT 510H, 35 kHz, 16 W) ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 60 และ 120 นาที จากนั้นทำการหาปริมาณผลผลิตสารสกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้จากสภาวะต่างๆ ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1 เพื่อหาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง

3. การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดที่ได้ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จากสภาวะการสกัดที่เหมาะสมจากข้อ 2 โดยวิธี DPPH (Siramon and Ohtani, 2007) และ ABTS (Re *et al.*, 1999) และเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐาน BHT

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. ความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่าง

การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่างหญ้าพังโหม (Fig. 1) พบว่าสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร เป็นความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการสกัดมากที่สุด ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตการสกัดร้อยละ 20.69 ของน้ำหนักแห้ง และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้สูงที่สุดเท่ากับ 29.66 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ดังแสดงผลใน Table 1



Fig. 1 Leaves of *P. pilifera*

Table 1 Extraction yield and total phenolic contents of *P. pilifera* leaves from different solvent concentration

Ethanol concentration	% Yield ^{*,**}	Total phenolic contents ($\mu\text{g GAE /g}$) ^{*,**}
50% (v/v)	21.10 $\pm$ 0.13 ^a	26.99 $\pm$ 0.75 ^b
70% (v/v)	20.69 $\pm$ 0.11 ^a	29.66 $\pm$ 0.41 ^a
95% (v/v)	12.24 $\pm$ 0.06 ^b	15.57 $\pm$ 1.13 ^c

* Data were based on dry weight basis.

**Value are mean $\pm$ SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p<0.05).

2. อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่าง

การศึกษาเพื่อหาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่างโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร (ตัวทำละลายที่เหมาะสม) พบว่าการสกัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที เป็นสภาวะการสกัดที่ให้ค่าปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด เท่ากับ 129.89 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และให้ค่าผลผลิตการสกัดร้อยละ 19.87 ของน้ำหนักแห้ง ดังแสดงผลใน Table 2

Table 2 Extraction yield and total phenolic contents of *P. pilifera* leaves from each extraction condition

Temp. (°C)	Time (min)	Yield (%) ^{*, **}	Total phenolic contents (µg GAE/g) ^{*, **}
30	30	21.39±0.36 ^a	120.59±1.18 ^d
	60	20.99±0.40 ^{ab}	124.17±1.50 ^{bc}
	120	20.44±0.31 ^{bc}	122.02±1.02 ^{cd}
50	30	19.09±0.41 ^d	125.36±1.13 ^b
	60	19.87±0.36 ^c	129.89±1.42 ^a
	120	20.03±0.35 ^c	121.31±1.47 ^d

* Data were based on dry weight basis.

** Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences (p<0.05).

3.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดหยาบ

แสดงผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดหยาบที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสม โดยวิธี DPPH และ ABTS ใน Table 3

Table 3 Antioxidant activity (IC₅₀, mg/ml) by DPPH and ABTS assays of crude sample from optimal extraction condition

Sample	IC ₅₀ by DPPH [*]	IC ₅₀ by ABTS [*]
Crude <i>P. pilifera</i> leaves	2.16	2.14
BHT	0.18	0.22

* Data were based on crude sample weight.

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธีพบว่าตัวอย่างสารสกัดหยาบมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง (IC₅₀ วิธี DPPH = 2.16 mg/ml และ IC₅₀ วิธี ABTS = 2.14 mg/ml) เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดกับสารมาตรฐาน BHT พบว่าตัวอย่างสารสกัดหยาบมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า BHT ทั้ง 2 วิธี

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบหญ้าพังโหมโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก คือ การสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตรใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยทำการสกัดด้วยเครื่อง sonicator ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ที่สภาวะนี้ให้ค่าผลผลิตสารสกัดร้อยละ 19.87 ของน้ำหนักแห้งและค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้สูงที่สุดเท่ากับ 129.89 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง การศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จากสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ได้เลือกทำการทดสอบเปรียบเทียบ 2 วิธีการคือ DPPH และ ABTS ซึ่งวิธีการทั้งสองเป็นที่ยอมรับใช้ในการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืชโดยทั่วไปเนื่องจาก ง่าย สะดวก และรวดเร็ว โดยการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูล DPPH[•] และ ABTS^{•+} จากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดตัวอย่างมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง (ต่ำกว่า BHT) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากใบหญ้าพังโหมนี้ สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระทางเลือกจากธรรมชาติทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
และโครงการอนุรักษ์พันธุพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (อภสธ. มจร.)
ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานหอ
พรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ให้
ความอนุเคราะห์ตรวจสอบ และระบุชนิดของพืชตัวอย่าง

References

- Arruda, H.S., Pereira, G.A. and Pastore, G.M. 2017. Optimization of extraction parameters of total phenolics from *Annona crassiflora* Mart. (Araticum) fruits using response surface methodology. Food Anal. Methods. 10(1): 100-110.
- Chotimarkon, C., Benjakul, S. and Silalai, N. 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. Food Chem. 111: 636-841.
- Chuakul, W., Saralamp, P., Paonil, W. and Temsiririrkkul, R., 1996. Samunpri puenban lanna. Amarin Printing and Publishing Public Co. Ltd : Bangkok. 264 pp. (in Thai)
- Manok, S. and Limcharoen, P. 2015. Investigating antioxidant activity by DPPH, ABTS and FRAP assay and total phenolic compounds of herbal extracts in Ya-hom thepphachit. Advance science. 15(1): 106-117. (in Thai)
- Murray, J.C., Burch, J.A., Streilein, R.D., Lannacchione, M.A., Hall, R.P. and Pinnell, S.R. 2008. A tropical antioxidant solution containing vitamins C and E stabilized by ferulic acid provides protection for human skin against damage caused by ultraviolet irradiation. J. Am. Acad. Dermatol. 59: 418-425.
- Phansawan, B. 2013. Free radicals, Antioxidants and Antioxidant Activity Determination. Thammasat J. Sci. Tech. 21(3): 275-286. (in Thai)
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237.
- Rodrigues, S. and Pinto, G.A.S. 2007. Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder. J. Food Eng. 80: 869-872.
- Saenphet, K., Saenphet, S. and Jirakittirat, K. 2014. Gastroprotective effects and antioxidant activities of *Paederia pilifera* Hook. f. root extract. Chiang Mai J. Sci. 41(5.1): 1121-1131.

- Salomon, S., Sevilla, I., Betancourt, R., Romero, A., Nuevas-Paz, L. and Acosta-Esquivarosa, J. 2014. Extraction of mangiferin from *Mangifera indica* L. leaves using microwave assisted technique. Emir. J. Food Agric. 26(7): 616-622.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics and phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 6: 144-158.
- Siramon, P. and Ohtani, Y. 2007. Antioxidative and antiradical activities of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand. J. Wood Sci. 53(6): 498-504.
- Wongwanich, W and Banjong, K. 2016. Factors affecting on maceration and ultrasound-assisted extraction of unrefined grape seed oil. King Mongkut's Agri. J. 34(3): 9-21. (in Thai)

Growth Performance and Methane Production of Thai Native Beef Cattle under Grazing and Cut-Carry Ruzi Grass with or without Concentrate Supplementation

Suwit Thip-uten¹, Suradej Pholsen^{1*}, Kritapon Sommart¹, Thumrongsakd Phonbumrung², Yinmin Cai³ and D.E.B Higgs⁴

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

²Bureau of Animal Nutrition Development, Department of Livestock Development, Bangkok 10400, Thailand

³Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8686, Japan

⁴Department of Biological and Environmental Sciences, University of Hertfordshire, Hatfield, Hertfordshire, UK. AL10 9AB

Abstract

Despite of concentrate supplements in ruminant diets have been recognized as an influence enteric methane abatement strategy, very few studies have investigated the effects of concentrate supplementation on enteric methane emission under grazing conditions of Thailand. This study aimed to measure growth performance and methane emission from Thai native beef cattle raising under grazing or cut and carry forage with or without concentrate supplementation. Thirty Thai native beef cattle heifers and steers were allocated to a randomized complete block design with six replications. Treatment is feeding systems were continuous grazing in natural pasture: control (T1), rotational grazing in Ruzi grass pasture (T2), cut and carry of Ruzi grass (T3), rotational grazing in Ruzi grass pasture + concentrate (1% of BW) (T4) and cut and carry of Ruzi grass + concentrate (1% of BW) (T5), respectively. Body weight was negative in continuous grazing natural grassland (T1), rotational grazing (T2) and cut-carry Ruzi grass without concentrate supplementation (T3). Continuous grazing natural grassland without concentrate (T1) gave 7.46 %Y_m and was within a range of 6.5±1.0 %Y_m (IPCC, 2006). Thai native beef cattle assigned to confinement systems with cut and carry of Ruzi grass plus 1% body weight concentrate supplementation (T5) released methane of 3.05 %Y_m. Our results suggest that to improve the growth performance and mitigate methane emission of Thai native beef cattle, cut and carry of Ruzi grass with 1% body weight concentrate supplementation should be used.

Keywords: feeding systems, grazing, cut and carry, methane and Thai native beef cattle

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

สมรรถนะการเจริญเติบโตและการผลิตแก๊สมีเทนของโคเนื้อพื้นเมืองไทยที่ปล่อยแพะเล็มและการตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอกร่วมกับการเสริมและไม่เสริมอาหารชั้น

สุวิทย์ ทิพอุเทน¹, สุรเดช พลเสน^{1*}, กฤตพล สมมัตย์¹, อารังศักดิ์ พลบำรุง², Yinmin Cai³
และ D.E.B Higgs⁴

¹ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

²สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพมหานคร 10400

³Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8686, Japan

⁴Department of Biological and Environmental Sciences, University of Hertfordshire, Hatfield, Hertfordshire, UK. AL10 9AB

บทคัดย่อ

ถึงแม้การเสริมอาหารชั้นในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องทราบดีว่าเป็นอีกกลยุทธ์ที่สามารถช่วยลดการผลิตแก๊สมีเทนจากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนได้ แต่การวิจัยเกี่ยวกับผลของการเสริมอาหารชั้นต่อการผลิตแก๊สมีเทนจากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องภายใต้สภาพปล่อยแพะเล็มในทุ่งหญ้าของประเทศไทยยังมีน้อย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตและการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากโคเนื้อพื้นเมืองไทย ภายใต้ระบบการปล่อยแพะเล็มในแปลงพืชอาหารสัตว์และระบบการตัดไปให้กินที่คอกร่วมกับการเสริมและไม่เสริมอาหารชั้น ใช้โคเนื้อพื้นเมืองไทยสามสิบตัวเป็นเพศผู้ตอนและเพศเมียอย่างละสิบห้าตัว สุ่มให้ได้รับระบบการเลี้ยงที่ต่างกันคือ T1 = ปล่อยแพะเล็มในแปลงหญ้าธรรมชาติแบบต่อเนื่อง, T2 = ปล่อยแพะเล็มในแปลงหญ้ารูซี่แบบหมุนเวียน, T3 = ตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอก, T4 = ปล่อยแพะเล็มในแปลงหญ้ารูซี่ร่วมกับการเสริมอาหารชั้นให้กินหนึ่งเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน และ T5 = ตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอกร่วมกับการเสริมอาหารชั้นให้กินหนึ่งเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ตามลำดับ ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกใช้โคหกตัวต่อระบบการเลี้ยง พบว่าน้ำหนักตัวของโคในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยแพะเล็มในทุ่งหญ้าธรรมชาติอย่างต่อเนื่อง (T1) โคในระบบการปล่อยแพะเล็มแบบหมุนเวียน (T2) และโคในระบบการตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอกไม่เสริมอาหารชั้น (T3) ทำให้โคมีน้ำหนักตัวลดลง การปล่อยโคพื้นเมืองไทยเข้าแพะเล็มแบบต่อเนื่องในทุ่งหญ้าธรรมชาติโดยไม่เสริมอาหารชั้น (T1) ให้ค่าอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากพลังงานรวมที่กินได้ทั้งหมด 7.46 %Y_m ซึ่งอยู่ในช่วง 6.5±1.0 %Y_m ตามข้อเสนอของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2006) ขณะที่โคพื้นเมืองไทยที่ใช้ระบบการเลี้ยงแบบตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอกร่วมกับการเสริมอาหารชั้น (T5) ให้ค่าอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากพลังงานรวมที่กินได้ทั้งหมด 3.05 %Y_m จากการศึกษาเสนอแนะว่าการเลี้ยงโคในระบบการตัดหญ้ารูซี่ไปให้กินที่คอกร่วมกับการเสริมอาหารชั้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนและทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ระบบการให้อาหาร แพะเล็ม ตัดไปให้กิน มีเทน และ โคเนื้อพื้นเมืองไทย

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

Introduction

The livestock sector contributes up to 18% of global greenhouse gas emissions and the highest contributors are Asian countries (O' Mara, 2011; Steinfeld *et al.*, 2006). Chaokaur (2011) estimated that Thailand released up to 484 billion liters of enteric CH₄ from beef and dairy cattle annually. CH₄ production not only impacts on the environment but it can also reduce both energetic and feed efficiency in cattle (Johnson *et al.*, 1994). Many methods of dietary manipulation including forage quality and feed supplementations to mitigate methane production have been reported (Eckard *et al.*, 2010; Grainger and Beauchemin, 2011; Hristov *et al.*, 2013). In Thailand chamber calorimeter studies have explored enteric CH₄ production from confined Thai native cattle on forage based diets (Chaokaur *et al.*, 2015; Chuntrakort *et al.*, 2014; Phromlounsri *et al.*, 2012). In Thailand 99.94 % of farmers raise their Thai native beef cattle by grazing (Thip-uten, 2019) and/or in confinement or feedlot but there are no recorded methane emission data from grazing cattle to provide a country database. This study aimed to assess growth performance and methane emission from Thai native beef cattle fed by grazing or cut-carry forage with or without concentrate supplementation.

Materials and Methods

This experiment was conducted at Udon Thani Animal Nutrition Development Station, Northeast Thailand from June to October 2014. Average minimum and maximum temperatures ranged from 28 to 37 °C, respectively. The mean rainfall accumulation (January to December 2014) was 1,421.2 mm and minimum and maximum amounts of rainfall were 25.1 and 425.6 mm, respectively (Udon Thani Meteorological Station (UTMS, 2015).

1. Experimental design, feeding management and ingredient composition of concentrate feed

Thirty Thai native beef cattle (*Bos indicus*), 15 of heifers and 15 of steers, with body weights (BW) of 117± 6 kg, and age of 18.5±6 months were allocated in a randomized complete block design with six head (replications) per feeding systems (treatment). The feeding systems were continuous grazing in natural pasture: control (T1), rotational grazing in Ruzi grass pasture (T2), cut and carry of Ruzi grass (T3), rotational grazing in Ruzi grass pasture + concentrate (1% of BW) (T4) and cut and carry of Ruzi grass + concentrate (1% of BW) (T5).

Each treatment had a pasture area of 0.48 ha. Dry cattle manure was applied once at a rate of 12.5 t/ha after cutting height adjustment in May 2014. No cattle manure was applied to T1. The treatment plots had been previously used for organic Ruzi seed production for 8 years (from 2006 to 2014). T1 was in a natural pasture in the

same area of the experimental area of the station. The rotational grazing treatment had 6 subplots, 0.08 ha each and 5 consecutive-day grazing. Prior to the trial, all cattle had an adaptation period of 15 days. 1% BW of cut and carry fresh Ruzi and native grasses was fed in the morning and 0.5 kg/head/d of concentrate supplement with rice straw *ad libitum* in the afternoon with free access clean water. Thereafter, the feeding trial was continued for 120 days.

The composition of the concentrate supplement (kg, DM-basis) was as follows: Cassava chip (400), Rice bran (200), Coconut meal (50), Palm kernel cake (50), Kapok seed, (270), Urea (10), Premixed: (Guaranteed analysis: 4,000,000IU/kg Vitamin A, 400,000IU/kg Vitamin D3, 4,000IU/kg Vitamin E, 0.002 g Vitamin B12, 1.00g/kg anti-rancidity, 0.20 g/kg Co, 2.00 g/kg Cu, 0.5 g/kg I, 24.00 g/kg Fe, 16.00 g/kg Mn, 0.05 g/kg Se and 10.00 g/kg Zn; VM-MIX, DVM Intertrade Co. Ltd., Pathumthani, Thailand) (10) and Mineral (10).

2. Animal performance investigations

Each cattle live weight change was monitored monthly using a digital balance. Average daily gain (ADG) of each cattle was calculated by linear regression analysis. Dry matter intake (DMI) (all treatments) and faecal excretion were estimated using a chromium sesquioxide (Cr_2O_3) external marker technique (Coleman, 2005). Dry matter digestibility (DMD) was determined using equations from Schneider and Flatt (1975) and Coleman (2005) with the use of acid insoluble ash (AIA) internal markers with

a rectal grab sampling for 5 days consecutively. Concentrate and herbage intake of confinement cattle were obtained from daily records of feed offer and ort. Degradation of organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were calculated according to Schneider and Flatt (1975).

3. Methane emission measurement

Methane (CH_4) gas production was investigated by the Sulfur hexafluoride (SF_6) tracer gas technique (Johnson *et al.*, 1994). The SF_6 equipment set consisted of PVC canister, halter, permeation tube and gas chromatography (GC) analyzers. Thirty permeation tubes were charged with SF_6 gas, 0.755 ± 0.067 (mean $\pm$ SD) g per tube at -196°C (liquid nitrogen temperature), weighed and kept at 39°C . They were weighed daily until steady loss rate was 0.589 mg/day. Thereafter, a permeation tube was placed into the rumen by oral administration and left for 2 weeks before gas measurement. Animals were trained to SF_6 equipment during the equilibration period for one week. Daily eructed CH_4 gas was collected over 5 consecutive days randomly within blocks. For breath and ambient gas samples collection, canisters were prepared by vacuumed status (-95 to -98 kPa) before sampling. PVC canisters with capillary and Teflon tubes were placed to a fitted halter. Gas was collected for a continuous 24 h period with canister change at the same time for the subsequent day. After gas sampling, a successful inner pressure of canister should be -60 kPa. Gas from the canister was transferred to a gas bag using nitrogen gas at 25 kPa. The gas

bag samples were analyzed using a GC analyzer. SF₆ gas concentration was analyzed by GC-2014, Shimadzu, Kyoto, Japan with electron capture detector (ECD), 100 m of column, 0.25 mm of inner diameter, 0.2 μ m dF; temperature of column oven was 60 °C, carrier gas with 99.9999% of N₂ flow rate at 30 mL/min. Standard gas was 0.1 and 0.5 ppb of SF₆ with N₂ balance. CH₄ concentration was analyzed by GC-8APF, Shimadzu, Kyoto, Japan with a flame ionization detector (FID), packed column with 2.5 m length and inner diameter of 2.6 mm. Temperature of column oven was 170 °C. Carrier gas was 99.9999% of N₂. Standard gas was 200 ppm of CH₄ with N₂ balance (Suzuki, 2015).

4. Gross energy and chemical composition of experimental dietary

Forages and concentrate were sampled monthly, oven dried at 60 °C for 72 h and ground through a 1 mm sieve. The samples were analyzed for gross energy (GE) using IKA-Bomb calorimeter adiabatic (Germany). Ash, ether extract (EE) and CP analyses according to AOAC (1990). NDF and ADF chemical solution were prepared with the method of Van Soest *et al.* (1991) using the applied filter of ANKOM²⁰⁰ Fiber analyzer Technology, acid detergent lignin (ADL) according to Van Soest *et al.* (1991), AIA using the method of Van Keulen and Young (1977).

5. Calculation and statistical analysis

ADG was calculated using the linear regression equation: $y = a + b(x)$, where: y = represented weights, x = number of days of

experiment, b = ADG for 120-days period and a = intercept of y axis (SAS, 1996).

Feed intake (kg/d) of grazing cattle obtained from feces voided (kg DM/d) $\div$ (1-% digestibility of the diet consumed) (Coleman, 2005). Value of feces voided (kg DM/d) was from $100 \times \text{kg of external indicator (Cr}_2\text{O}_3\text{) fed} \div \text{percentage of external indicator in feces}$.

Nutrient intake (OM, CP, NDF and ADF) was calculated with the use of DMI (kg) multiply by a component of each nutrient (kg). DMD coefficient was calculated by $100 - [100 \times (\text{marker in diet} \div \text{marker in feces})]$ according to Schneider and Flatt (1975) and Coleman (2005).

Digestion coefficient of a nutrient (OM, CP, NDF and ADF) was calculated by using formula: $100 - (100 \times \% \text{ AIA in feed} \times \% \text{ nutrient in feces}) \div (\% \text{ AIA in feces} \times \% \text{ nutrient in feed})$ (Schneider and Flatt, 1975).

GE intake (GEI, MJ/d), digestible energy (DE) intake (DEI, MJ/d) and metabolizable energy (ME) intake (MEI, MJ/d) were determined according to ARC (1980) and McDonal *et al.* (2002) as the following formulae: GEI calculated by GE content of feed (MJ) $\times$ DMI (kg/d), DEI obtained from GEI – energy in feces (MJ) $\times$ feces excretion (kg DM/d) and MEI obtained from ME content (MJ) of diet multiply by DMI (kg/d).

DE content (kJ/kg DM) of diet was calculated following ARC (1980): $\text{DE} = [\text{energy intake (kJ)} - \text{energy in feces (kJ)}] \div \text{DMI (kg)}$. ME content (MJ/kg DM) of feed was calculated according to WTSR (2010) equation as $\text{ME} = (\text{DE} \times 0.9613) - 1.2276$.

Daily enteric CH₄ emission from each animal was calculated according to Johnson *et al.* (1994), using the known permeation rate of SF₆

and the concentrations of SF₆ background and CH₄ in the breath samples using formula: CH₄ (g/d) = SF₆ permeation rate (g/d) × (CH₄ ÷ SF₆). CH₄ conversion energy and mass values using formula: 39.54 kJ/l and 0.716 g/l, respectively according to Kurihara *et al.* (1999).

Data were subjected to covariance (ANCOVA) analysis using the initial weight of each animal (SAS, 1996) and treatment means were compared by Duncan's new multiple range test (Steel and Torrie, 1980) at probability of 0.05.

Results

1. Chemical composition and energy content of concentrate and forage

Chemical composition of concentrate feed are shown in Table 1. OM, CP, EE, NDF, ADF, and ADL values obtained from laboratory analyses were 89.23, 17.76, 10.06, 24.11, 13.57 and 2.24 % of DM, respectively. GE and ME contents were 17.21 and 14.70 MJ/kg DM, respectively.

Forage DM, OM, CP, NDF, ADF, ADL, and AIA were significantly different (P<0.01) among treatments. DM, NDF, ADF, ADL and AIA in T1 were significantly higher than other treatments (T2-T5) (Table 1).

2. Live weight change, nutrient intake, and digestibility

When Thai native steers and heifers were raised with different feeding systems for 120-days period, body weight gain changed significantly (P<0.01) among treatments. Negative live body

weight was found in T1 (-8.16 kg), T2 (-1.50 kg) and T3 (-0.34 kg). This led to significantly lower ADG for T1 (-0.054 kg/d), T2 (0.004 kg/d) and T3 (0.057 kg/d) (Table 2).

Nutrient intake (total DMI, OMI, CPI, NDFI, and ADFI) (Table 2) showed significant differences among treatments (P<0.01). OMI, CPI, NDFI and ADFI in non-concentrate supplementation (T1, T2 and T3) were significantly lower (P<0.01) than in supplemented treatments (T4 and T5). However, OMI, NDFI and ADFI in T4 did not show significant difference cf. T3.

Appearance nutrient digestibility (DM, OM, CP, NDF, and ADF) also showed significant differences among treatments (P<0.01). Appearance nutrient digestibility in T5 was significantly lower than the rest except CP and NDF digestibility where T3 was not significantly different from T5.

3. Energy intake and enteric methane emission

Energy intake (GEI, DEI and MEI) was significantly different among treatments (P<0.01). The concentrate supplemented treatments (T4 and T5) had significantly more energy intake (P<0.01) than non-supplemented treatments (T1, T2, and T3) except GEI, DEI, and MEI in T3 was not significantly different from T4 (Table 2).

The results of enteric CH₄ emissions based on units of: liter per kilogram of nutrient (DM, OM, NDF) intake, gram per day, mega joule per day, and methane emission rate (%Y_m) or percentage of enteric CH₄ per GE intake were not significantly different (P>0.05) among treatments.

Our results showed that Thai native beef cattle released CH₄ ranging from 57.30 to 96.50 L/d, 41.03 to 69.09 g/day, 2.26 to 3.81 MJ/d, and 3.05 to 7.46 %Y_m.

CH₄ production in relation to nutrient intake ranged from 13.31 to 31.13, 14.57 to 35.26 and 20.78 to 43.94 L/kg for DMI, OMI, and NDFI, respectively.

Table 1 Chemical composition and energy content of concentrate and forage

Item	Con.	Forage					SEM	P-value
		T1	T2	T3	T4	T5		
Chemical composition, %								
DM	90.43	41.97 ^a	30.80 ^b	29.09 ^d	30.20 ^c	29.04 ^d	0.19	**
OM	89.23	88.29 ^e	89.39 ^d	91.56 ^a	89.85 ^c	91.34 ^b	0.21	**
CP	17.76	6.71 ^c	8.98 ^a	7.11 ^b	9.01 ^a	7.02 ^b	0.12	**
EE	10.06	1.31 ^c	1.59 ^b	1.22 ^d	1.68 ^a	1.29 ^c	0.11	**
NDF	24.11	70.84 ^a	56.51 ^e	64.35 ^b	57.54 ^d	64.06 ^c	0.24	**
ADF	13.57	46.18 ^a	32.65 ^e	40.60 ^b	33.30 ^d	40.35 ^c	0.23	**
ADL	2.24	3.99 ^a	2.44 ^b	1.68 ^d	2.05 ^c	1.69 ^d	0.12	**
AIA	3.55	6.95 ^a	4.05 ^b	2.84 ^d	3.40 ^c	2.66 ^e	0.32	**
Energy content, MJ/kg DM								
GE	17.21	16.75	17.05	17.25	17.15	17.25	0.12	ns
DE	-	9.29 ^c	11.06 ^{bc}	12.41 ^b	14.49 ^a	14.38 ^a	0.28	**
ME	^{1/} 14.70	^{2/} 7.70 ^c	^{2/} 9.40 ^{bc}	^{2/} 10.70 ^b	^{2/} 12.70 ^a	^{2/} 12.60 ^a	0.27	**

Con. = concentrate. Different superscripts within rows indicate significant differences at $P \leq 0.05$ of T1 to T5.

ns = non significance, ** $P \leq 0.01$. SEM = Standard error of mean. T1 (control) = continuous grazing in natural pasture (forage species are *Eragrostis diplachnoides* (Steud.) Stapf. 70%, *Imperata cylindrica* 5%, *Brachiaria Ruziziensis* 5%, *Cynodon plectostachyus* 5%, *Panicum maximum* cv. TD58+*Panicum maximum* cv. Common 5%, *Stylonsanthes hamata* 2%, forbs, shrubs and weeds 8% of area). T2 = rotational grazing in Ruzi grass pasture (98%) with 2% of *Stylonsanthes hamata*.

T3 = cut and carry of Ruzi grass (98%) with 2% of weeds. T4 = rotational grazing in Ruzi grass pasture + concentrate.

T5 = cut and carry of Ruzi grass (98%) with 2% of weeds + concentrate.^{1/}Obtained from *in vitro* gas production method, calculated from ME (MJ/kg) = $3.5917 + 0.09821\%IVOMD_{24h} + 0.1715\%EE$ (Thiputen and Sommart, 2012).^{2/}Calculated from ME (MJ/kg) = $(DE \times 0.9613) - 1.2276$ (WTSR, 2010)

Table 2 Feeding systems vs. live weight, average daily gain, total dry matter intake, nutrient intake, appearance nutrient digestibility, energy intake, and methane emission of Thai native beef cattle

	Feeding systems					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
Initial live weight, kg	118.83	119.83	106.67	122.50	122.00	8.77	ns
Final live weight, kg	110.67 ^b	118.33 ^b	106.33 ^b	147.67 ^a	154.33 ^a	4.39	**
Body weight gain (120 days), kg	-8.16 ^b	-1.50 ^b	-0.34 ^b	25.16 ^a	32.33 ^a	4.42	**
Average daily gain, kg/day	-0.054 ^b	0.004 ^b	0.057 ^b	0.239 ^a	0.304 ^a	0.01	**
Feed intake							
Concentrate intake, kg/day	-	-	-	1.01	1.24	-	-
Forage intake, kg/day	2.27 ^b	2.87 ^{ab}	3.43 ^{ab}	4.16 ^{ab}	4.70 ^a	0.61	*
Total Dry matter feed intake							
kg/day	2.27 ^c	2.87 ^c	3.43 ^{bc}	5.17 ^{ab}	5.94 ^a	0.64	**
% of body weight	2.43	3.09	3.51	3.91	3.93	0.54	ns
g/kgBW ^{0.75}	74.83 ^b	93.81 ^{ab}	108.63 ^{ab}	131.74 ^a	135.90 ^a	17.02	*
Nutrient intake, kg/day							
OM intake	2.01 ^c	2.57 ^c	3.14 ^{bc}	4.65 ^{ab}	5.42 ^a	0.57	**
CP intake	0.15 ^b	0.25 ^b	0.24 ^b	0.55 ^a	0.49 ^a	0.06	**
NDF intake	1.60 ^c	1.62 ^c	2.21 ^{bc}	2.97 ^{ab}	3.80 ^a	0.38	**
ADF intake	1.05 ^{bc}	0.93 ^c	1.39 ^{bc}	1.72 ^{ab}	2.39 ^a	0.23	**
Appearance nutrient digestibility, %							
DM digestibility	76.48 ^{bc}	85.13 ^a	73.06 ^c	80.38 ^{ab}	67.56 ^d	1.62	**
OM digestibility	79.65 ^{bc}	88.39 ^a	75.31 ^c	83.39 ^b	70.43 ^d	1.64	**
CP digestibility	72.22 ^{bc}	85.21 ^a	63.93 ^{cd}	79.60 ^{ab}	59.07 ^d	3.33	**
NDF digestibility	78.62 ^{bc}	83.75 ^a	74.71 ^{cd}	80.02 ^{ab}	70.88 ^d	1.61	**
ADF digestibility	74.17 ^{ab}	76.93 ^a	70.31 ^b	71.86 ^{ab}	63.18 ^c	1.89	**
Energy intake, MJ/day							
GEI	37.51 ^c	49.15 ^c	59.13 ^{bc}	88.75 ^{ab}	102.46 ^a	11.01	**
DEI	30.29 ^c	43.56 ^c	54.46 ^{bc}	78.12 ^{ab}	89.08 ^a	8.92	**
MEI	20.23 ^c	30.86 ^c	37.63 ^{bc}	65.23 ^{ab}	76.35 ^a	9.88	**
Methane emission							
L/day	62.82	57.30	73.51	96.50	67.80	10.70	ns
L/kg DMI	31.13	20.54	19.76	22.23	13.31	5.50	ns
L/kg OMI	35.26	22.97	21.58	24.72	14.57	6.21	ns
L/kg NDFI	43.94	36.33	30.73	38.66	20.78	8.24	ns
g/day	44.98	41.03	52.63	69.09	48.54	7.66	ns
MJ/day	2.48	2.26	2.90	3.81	2.68	0.42	ns
%Y _m	7.46	3.37	4.54	5.12	3.05	1.26	ns
Fecal excretion							
kg of DM/day	0.52	0.41	0.30	0.73	0.87	0.19	ns
kg of Nitrogen/day	0.078 ^b	0.091 ^{ab}	0.093 ^{ab}	0.11 ^a	0.10 ^a	0.006	*

Different superscripts within rows indicate significant differences at $P \leq 0.05$. ns = non significance, * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$. Standard error of mean (SEM). T1 (control) = continuous grazing in natural pasture (forage species are *Eragrostis diplachnoides* (Steud.) Stapf. 70%, *Imperata cylindrica* 5%, *Brachiaria Ruziziensis* 5%, *Cynodon plectostachyus* 5%, *Panicum maximum* cv. TD58+*Panicum maximum* cv. Common 5%, *Stylonsanthes hamata* 2%, forbs, shrubs and weeds 8% of area). T2 = rotational grazing in Ruzi grass pasture (98%) with 2% of *Stylonsanthes hamata*. T3 = cut and carry of Ruzi grass (98%) with 2% of weeds. T4 = rotational grazing in Ruzi grass pasture + concentrate. T5 = cut and carry of Ruzi grass (98%) with 2% of weeds + concentrate. Y_m = methane emission rate (enteric methane energy per gross energy intake, %).

Discussion

1. Animal performance, nutrient intake and digestibility

Ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) and concentrate chemical composition (particularly CP and ME) for feed formulation aimed for a rate of 0.5 kg ADG for 200 kg live weight of Thai native beef cattle by the recommendation of WTSR (2010). However, ADG did not reach an expected value. This could be because dry matter yields of forage grasses decreased in September and October 2014 in the late rainy season when amounts of rainfall were 184.6 and 45.1 mm, respectively (UTMS, 2015; Thip-uten, 2019). Forage dry matter yields depend on both rainfall and soil moisture content (Whiteman, 1980).

In addition, it could be attributed to the different herbage composition in natural grassland (T1): 70% *Eragrostis diplachnoides* (Steud.) Stapf, 5% *Imperata cylindrica*, 5% *Brachiaria Ruziziensis*, 5% *Cynodon plectostachyus*, 5% *Panicum maximum* cv. TD58 + *Panicum maximum* cv. Common, 2% *Stylonsanthes hamata*, 8% forbs, shrubs, and weeds. Chemical composition in T1 showed significantly higher NDF, ADF and ADL contents than other treatments. This led to low DM, CP and ME intake. Therefore, ADG of T1 was negative (-0.054 kg/d). High lignin content in feed acts as a “protector” to microbe digestion in the rumen. The higher the lignin content the lower the digestibility (Van Soest, 1994; McDonald *et al.*, 2002).

Our findings agree with DeRamus *et al.* (2003) who found a negative live weight change in grazing beef cattle. Grazing with high level of concentrate supplementation can increase live weight in dairy cattle (Muñoz *et al.*, 2015). However, different levels of concentrate fed to grazing dairy cattle did not alleviate negative live weight (Jiao *et al.*, 2014). This could be attributable to the energy used in the activity of grazing (Ørskov and Ryle, 1998). Chaokaur *et al.* (2015) also found that the higher the ME content the higher the ADG in Brahman beef cattle.

Nutrient intake (OMI, CPI NDFI and ADFI) and energy intake (GEI, DEI, and MEI) in T1, T2, and T3 were significantly lower ($P<0.01$) than in supplemented treatments although OMI, NDFI and ADFI in T4 did not show significant difference cf. T3. This could be due to T4 and T5 were received concentrate supplementation where higher CPI and energy intake. On the other hand, the lower nutrient digestibility in T5 than T4, T3, T2, and T1 could be because the high rate of passage of diet in T5 through rumen made a decrease in time of fermentation where the highest fecal excretion was found in T5. Moreover, the higher nitrogen excretion in T4 and T5 can explain the excess of nitrogen in concentrate for animal growth while CP in non-supplemented treatments does not meet the need of the requirement. The lowest of appearance nutrient digestibility in T5 could be possible that the higher intake of concentrate in T5 (1.24 kg DM/day) than T4 (1.01 kg DM/day) where the high total DMI and crude fat (EE) in T5 was higher than T4. This led to the slow digestibility of fibrolytic bacteria to fat coated

feed particles (McDonald *et al.*, 2002; Hristov *et al.*, 2013).

2. Methane emission

Although, statistical analysis showed non significant difference among treatments of methane emission values. When considered numeric term of methane productions, T5 produced lower than the other feeding systems although L/day, g/day, and MJ/day presented higher than T2 and T1. This indicated that high DMI and energy intake in an appropriate feeding system were important factors to mitigate methane emission from animals as reported by many workers (Johnson and Johnson, 1995; DeRamus *et al.*, 2003; Knapp *et al.*, 2014; Jiao *et al.*, 2014; Chaokaur *et al.*, 2015). These results could be explained that total methane production (L, g or MJ/day) increases with an increase in DMI because there is more feed to be fermented, whereas methane output is a proportion of CH_4/DMI (L/kg DMI) or CH_4/GEI (MJ/100MJ GEI or % Y_m) and increase of DMI or GEI leads to a decrease of methane as reported by Knapp *et al.* (2014).

Thus, the energy lost in enteric rumen fermented via eructation of methane was expressed as a percentage of GEI or % Y_m value. The group of Thai native beef cattle assigned to confinement systems with cut and carry of Ruzi grass (79%) plus concentrate supplementation (21%) (T5) released methane of 3.05 % Y_m . With the concentrate supplementation of 90% plus 10% by-product of low quality crop residues gave 3.0 ± 1.0 % Y_m (IPCC, 2006). Cut and carry system (T3) of the present work released

methane of 4.54 % Y_m whereas 9.9 % Y_m in the high quality sward fed to Charolais cross heifers was reported by Hart *et al.* (2009). Continuous grazing in natural pasture (T1) of the present work released methane of 7.46 % Y_m and was lower than McCaughey *et al.* (1999) and Hart *et al.* (2009). This could be lower DMI of Thai native beef cattle of the present work cf. the higher DMI of Charolais cross and Hereford-Simmental heifers. T2 in rotational grazing in Ruzi grass with no concentrate supplementation of the present work gave 3.37 % Y_m and was lower than 6.38 % Y_m as reported by van Wyngaard *et al.* (2018) in Jersey cows. T4 in rotational grazing with concentrate supplementation (20%) of the present work gave 5.12 % Y_m and was lower than 6.12 % Y_m in forage to concentrate ratio of 76:24 fed to Jersey cows as reported by van Wyngaard *et al.* (2018). Muñoz *et al.* (2015) reported that 6.4 % Y_m in forage to concentrate ratio of 95:5 fed to Holstein Friesian dairy cows.

These results can explain with the complex pattern of interactions of level of methane emissions with the influence of energy intake, animal and diet factors viz. quantity and quality of feed, animal body weight, age, and amount of exercise. Therefore, assessment methane emission from enteric fermentation in any particular county requires a detail description of species, age, and productivity categories of livestock combines with information of the daily feed intake and the feed's methane conversion rate (Steinfeld and Wassenaar, 2007). This indicates that the low methane emission of the Thai native beef cattle species can reduce

methane production with appropriate feeding system.

Conclusion

To mitigate methane emission in Thai native beef cattle, the feeding system to receive a good performance should be cut and carry with 1% body weight of concentrate supplementation.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the National Research Council of Thailand for budget support, Udon Thani Animal Nutrition Development Station, Department of Livestock Development (DLD) for animals and experimental site and Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) for their kind support in methane measurement equipment.

References

- Agricultural Research Council (ARC). 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant livestock. CAB International, Wallingford, UK.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis (15thed). Washington, DC: Author.
- Chaokaur, A. 2011. Current status of methane emission from cattle in Thailand. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2011). July 26-29, 2011 Nakhon Ratchasima, THAILAND.
- Chaokaur, A., Nishida, T., Phaowphaisal, I. and Sommart, K. 2015. Effects of feeding level on methane emissions and energy utilization of Brahman cattle in the tropics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 199: 225–230.
- Chuntrakort, P., Otsuka, M., Hayashi, K., Takenaka A., Udchachon, S., and Sommart, K. 2014. The effect of dietary coconut kernels, whole cottonseeds and sunflower seeds on the intake, digestibility and enteric methane emissions of Zebu beef cattle fed rice straw based diets. *Livestock Science*. 161 : 80–89.
- Coleman, S. W. 2005. Predicting forage intake by grazing ruminants. *Proc. 16th Florida Ruminant Nutrition Symposium*. 352 : 72–90.
- DeRamus, H. A., Clement, T. C., Giampola, D. D., and Dickison, P. C. 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: Efficiency of grazing management systems. *Journal Environmental Quality*. 32: 269-277.
- Eckard, R. J., Grainger, C., and de Klein, C. A. M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science* 130: 47-56.

- Grainger, C., and Beauchemin, K.A. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. *Animal Feed Science and Technology* 166– 167: 308–320.
- Hart, K. J., Martin, P. G., Foley, P. A., Kenny, D. A., and Boland, T. M. 2009. Effect of sward dry matter digestibility on methane production, ruminal fermentation, and microbial populations of zero-grazed beef cattle. *Journal of Animal Science* 87: 3342-3350.
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H. P. S., Adesogan, A. T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P. J., Henderson, B., and Tricarico, J. M. 2013. Special Topics- Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*. 91 : 5045-5069.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Emissions from livestock and manure management. Guidelines for National Greenhouse Inventories, vol.4. Agriculture, Forestry and Other Land Use 10. 1–10.87 (Chapter 6 and 10).
- Jiao, H.P., Dale, A.J., Carson, A.F., Murray, S., Gordon, A.W., and Ferris, C.P. 2014. Effect of concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97 : 7043–7053.
- Johnson, K. A., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B., and Zimmerman, P. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental Science & Technol.* 28: 359–362.
- Johnson, K. A., and Johnson, D. E. 1995. Methane emission from cattle. *Journal of Animal Science*. 73: 2483-2492.
- Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., and Tricarico, J. M. 2014. Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*. 97: 3231-3261.
- Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R.A., and McCrabb, G.J. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*. 81: 227-234.
- McCaughy, W. P., Wittenberg, K., and Corrigan, D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canada Journal of Animal Science* [online]. [Accessed September 18, 2016] Available from: URL :<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.4141/A98-107#.XHXM3rgxXIU>.
- McDonald, P., Edward, R. A., Greenhalgh, J. F. D., and Morgan C. A. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Longman Scientific and Technical. New York.
- Muñoz, C., Hube, S., Morales, M. J., Yan, T., and Ungerfeld, E. M. 2015. Effects of concentrate supplementation on enteric methane emissions and milk production of grazing dairy cows. *Livestock Science*. 175:37-46.

- O'Mara, F. P. 2011. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 166-167:7-15.
- Ørskov, E. R., & Ryle, M. 1998. *Energy Nutrition in Ruminants*. Chalcombe Publications, Painshall, Church Lane, Welton, Lincoln, LN2 3LT, United Kingdom.
- Phromlounsri, A., Hayashi, K., Otsuka, M., Udchachon, S., and Sommart, K. 2012. Effects of energy intake level on methane production of Thai Native and Brahman crossbred cattle. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 40(Supplement), S5–S11. (in Thai)
- SAS. 1996. *User's Guide: Statistic, Version 6*, 12th ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schneider, B. H., and Flatt, W. P. 1975. *The evaluation of feeds through digestibility experiments*. The University of Georgia Press, Athens, Georgia, U. S. A.
- Steel, R. G. D., and Torrie, J. H. 1980. *Principles and Procedure of Statistics*. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, NY.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., and de Hann, C. 2006. *Livestock's long shadow – Environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Steinfeld, H., Gerber and Wassenaar, P. 2007. The role of livestock production in carbon and nitrogen cycles. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32:271-94.
- Suzuki, T. 2015. Methods to determine the methane production from cattle in KKU and CTU: Document's Workshop on "Progress and goals for the JIRCAS collaborative project; Establishment of monitoring technology and development of mitigation technologies of methane emission from enteric fermentation; February, 2015 at Hotel Pullman Raja Orchid, Khon Kaen.
- Thip-uten, S., and Sommart, K. 2012. Prediction Equations of Metabolizable Energy content in Beef Cattle Diets. 17(1): 35-44. [online]. [Accessed September 18, 2016] Available from: URL: http://resjournal.kku.ac.th/scitech/abs/a17_01_35.asp?vol=17 (in Thai)
- Thip-uten, S. 2019. Greenhouse gases emission, carbon footprint of Thai native beef cattle, and soil carbon sequestration in pasture under different raising systems during raining season. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in animal science. Graduate school Khon Kaen University. (in Thai)
- UTMS (Udon Thani Meteorological Station). 2015. Monthly amount of rainfall (mm) of nine-year period and the year 2014. (Private contact).
- Van Keulen J., and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44: 282.

- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74, 3583–3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Second edition. Cornell University.
- Van Wyngaard, J. D. V., Meeske, R., and Erasmus, L. J. 2018. Effect of concentrate feeding level on methane emissions, production performance and rumen fermentation of Jersey cows grazing ryegrass pasture during spring. *Animal feed Science and Technology*. 241:121-132.
- Whiteman, P. C. 1980. *Tropical pasture science*. Oxford University Press, New York.
- WTSR (The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant). 2010. *Nutrient Requirement of Beef Cattle in Indochinese Peninsula*. Klunghanavitthaya Press, Khon Kaen, Thailand.

Preliminary Investigation of *Trichoderma asperellum*'s Culture and Extracts Against Black Rot of Orchid

Kanchalika Ratanacherdchai^{1*}, Taweessab Chaeyarak¹ and Nattachai Juntachum²

¹Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,
Maha Sarakham 44000, Thailand

²Program in Research and Curriculum Development, Faculty of Education,
Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

Abstract

The effect of *Trichoderma asperellum* against black rot pathogen of orchid caused by *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. was investigated. Eleven isolates of *P. palmivora* were isolated from leaves by tissue transplanting technique and were proved for their pathogenicity by detached leaves technique. The results showed that isolate V04 gave the highest virulence for disease incidence. *T. asperellum* was tested against mycelial growth of *P. palmivora* V04 by bi-culture test and crude extract methods. Bi-culture test showed that *T. asperellum* could inhibit mycelial growth at 71.67%. Crude extracts were extracted from *T. asperellum* with hexane, ethyl acetate and methanol. Crude extract which was extracted with methanol gave the best mycelial growth inhibition at the concentration of 1,000 µg/ml ($p \leq 0.05$) and the effective dose (ED₅₀) was 1,591.61 µg/ml.

Keywords: Black rot, *Phytophthora palmivora*, *Trichoderma asperellum* and Orchid

* Corresponding author: E-mail: kanchalika.ra@rmu.ac.th

การทดสอบใช้เชื้อราและสารสกัดจากเชื้อรา *Trichoderma asperellum*
ในการต่อต้านเชื้อสาเหตุโรคเน่าดำของกล้วยไม้

กัญชลิกา รัตนเชตฉาย^{1*}, ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์¹ และ ญัณฐชัย จันทชุม²

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

²สาขาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ในการควบคุมโรคเน่าดำของกล้วยไม้ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. โดยการแยกเชื้อราสาเหตุโรคจากใบด้วยวิธี Tissue transplanting technique ได้เชื้อราจำนวน 11 ไอโซเลต นำทั้ง 11 ไอโซเลต มาทดสอบการเกิดโรคโดยวิธี detached leaves พบว่า ไอโซเลต V04 สามารถทำให้เกิดโรครุนแรงที่สุด ในการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *T. asperellum* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* V04 ด้วยวิธี bi-culture test และ crude extract test ผลการทดสอบ bi-culture test พบว่า เชื้อรา *T. asperellum* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* V04 ที่ 71.67%. สารสกัดหยาบจากเชื้อรา *T. asperellum* ด้วย hexane ethyl acetate และ methanol โดยสารสกัดหยาบที่ได้จาก methanol ที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา *P. palmivora* V04 ($p \leq 0.05$) โดยมีค่า ED_{50} เท่ากับ 1,591.61 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

คำสำคัญ: โรคเน่าดำ *Phytophthora palmivora* *Trichoderma asperellum* และ กล้วยไม้

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kanchalika.ra@rmu.ac.th

Introduction

Phytophthora spp. were reported as pathogenic fungi causing black rot disease of orchid including *P. cactorum* and *P. palmivora* which reported to cause black rot disease in many country (Cating *et al.*, 2010; Khairum *et al.*, 2016). Black rot disease can reduce both quality and quantity of orchid. An initial symptom of the disease may include small black lesions on the roots or basal portion of the pseudobulbs and then enlarge and may engulf the entire pseudobulb and leaf. Ultimately, plant may die (Cating *et al.*, 2010). This disease can be controlled by using chemical fungicides, which is the effective method to control black rot disease. However, the chemical fungicides have resulted in the residual toxic to the environment as well as induction of chemical resistant pathogen. These concerns have led to the desire to investigate other control methods, including biological control, an attendant decrease in the use of chemical fungicides. Currently, the researchers have been considerable efforts to find biological control agents for controlling plant diseases, including non-pathogenic microorganisms. These microorganisms can inhibit the growth of pathogen and reduce the disease incidences. Antagonistic fungi such as *Chaetomium* spp., *Glocladium* sp., *Emericella* spp. and *Trichoderma* spp. are reported as effective bio-agent, especially *Trichoderma* spp. *Trichoderma* spp. are reported that can inhibit growth of many plant pathogens such as *Pythium myriotylum* causing cocoyam

root rot, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing tomato Fusarium wilt, *Sclerotinia sclerotiorum* causing carnation stem rot, *P. capsici* in tomato and *C. gloeosporioides* in chilli (Mbarga *et al.*, 2012; Komy *et al.*, 2015; Vinodkumar *et al.*, 2017; Cruz-Quiroz *et al.*, 2018). This information would valuable to further study on biological control using antagonistic fungi. The objective of this study was to test antagonistic fungus, *T. asperellum* to inhibit growth of *P. palmivora* causing black rot disease of orchid.

Materials and Methods

1. Collection and isolation

Isolation of *P. palmivora* were obtained from infected leaves of orchid which were found in Maha Sarakham province. Isolation of causing agent was done by using tissue transplanting technique into pure cultures (Khairum *et al.*, 2016).

2. Pathogenicity test

The black rot pathogen was isolated from infected leaves. Pure cultures were multiplied on PDA for inoculation. All isolates were tested for pathogenicity test on leaves of orchid followed Koch's postulate. Inoculated leaves were kept in moist chamber at room temperature (28-32°C) in the dark. Data were collected as lesion diameter (cm.) on leaves, and analyses of variance using completely randomized design (CRD) with four replications.

3. Bi-culture antagonistic test

In this experiment, bi-culture antagonistic tests were proceeded to evaluate the antagonistic fungus, *T. asperellum* (TRICO), which provided by Agro-biomate Co., Ltd., against *P. palmivora*. Pathogen isolates used in bi-culture antagonistic test were obtained from pathogenicity test which was the most aggressive isolate. Hyphal plugs of *P. palmivora* and *T. asperellum* (TRICO) were placed to the middle of a half of petri dishes (9 cm diameter) and incubated at room temperature. Data were collected measuring colony diameter for 7 days of *P. palmivora* and computed as percent growth inhibition. Percentage of growth inhibition (PGI) of pathogen was evaluated in the formula $(cc-cd)/cc \times 100$; cc = colony diameter of plant pathogenic fungus in control petri dish and cd = colony diameter of plant pathogenic fungus in bi-culture petri dish (Ratanacherdchai *et al.*, 2010). Data were computed analyses of variance using completely randomized design (CRD) with four replications.

4. Test for antifungal metabolites

The microbial antagonist, *T. asperellum* (TRICO) were cultured in Potato dextrose broth (PDB) for 30 days, then filtered and dried mycelium mats were collected for extraction method using rotary vacuum evaporator. The crude extracts were tested in petri dishes (5 cm diameter) which mixed to PDA at concentrations 0, 100, 250, 500 and 1,000 µg/ml. Cultures of plant pathogenic fungus, *P. palmivora* was grown for 7 days on PDA. Each pathogen was separately

transferred the agar plug (0.3 cm diameter) to the center of petri dish containing crude extracts of microbial antagonist and incubated at room temperature. After 5 days of incubation, colony diameter was recorded and computed growth inhibition (GI), Effective dose (ED₅₀) and analyses of variance using completely randomized design (CRD) with four replications.

Results and Discussion

1. Collection and isolation

Eleven isolates of the black rot pathogen of orchid were isolated and identified as *P. palmivora*. With this, Cating *et al.* (2010) and Khairum *et al.* (2016) also reported that this pathogen causing black rot of orchid genera and it is the most common species affecting commercial orchid production.

2. Pathogenicity test

All isolates of *P. palmivora* were proved to be pathogenicity to the host species. The inoculated leaves showed the black rot symptoms within 5 days after inoculation. Symptoms were found as small black lesions on the basal portion of the pseudobulbs. As the lesions age, they enlarge and may engulf the entire pseudobulb and leaf (Cating *et al.*, 2010). The result showed that isolate of *P. palmivora* V04 and V02 gave the most aggressive causing black rot symptom (Table 1 and Fig. 1).

Table 1 Pathogenicity test of *Phytophthora palmivora* isolates on orchid leaves using plug inoculation method for 5 days

Isolate	Lesion diameter (cm)
Control	0.00 ^e
V01	1.20 ^{cd}
V02	2.98 ^a
V03	0.93 ^d
V04	3.19 ^a
V05	1.36 ^{bcd}
V06	1.54 ^{bc}
V07	1.43 ^{bc}
V08	1.81 ^b
V09	1.85 ^b
V10	1.73 ^b
V11	1.71 ^b
C.V. (%)	18.48

^{a-e} Average of four replications. Means followed by the same letter in a column were not significantly different by DMRT at P=0.05.

3. Bi-culture antagonistic test

Bi-culture showed that *T. asperellum* (TRICO) could inhibit mycelial growth of *P. palmivora* V04 (71.67%) (Fig. 2). There are several reports on the potential use of *Trichoderma* spp. as microbial antagonist for biological control of plant diseases such as cocoyam root rot caused by *P. myriotylum*, tomato Fusarium wilt caused by *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, stem rot in carnation caused by *S. sclerotiorum*, as same as *P. capsici* in tomato and *Colletotrichum gloeosporioides* in

chilli (Mbarga *et al.*, 2012; Komy *et al.*, 2015; Vinodkumar *et al.*, 2017; Cruz-Quiroz *et al.*, 2018). But this result was also expressed the potential of *T. asperellum* to control black rot disease of orchid caused by *P. palmivora*.

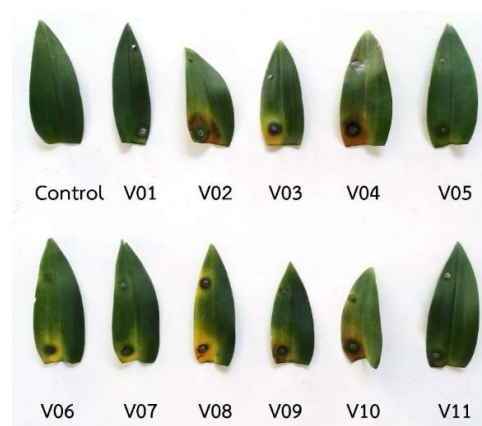


Fig. 1 Pathogenicity test of *Phytophthora palmivora* isolates on orchid leaves using plug inoculation method for 5 days

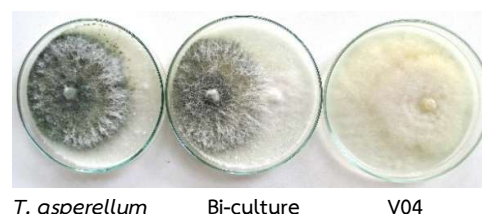


Fig. 2 Bi-culture antagonistic test between *Trichoderma asperellum* (TRICO) and *Phytophthora palmivora* V04

4. Test for antifungal metabolites

The inhibitory effect of antifungal metabolites from *T. asperellum* (TRICO) on mycelial growth of *P. palmivora* V04 in the medium amended with methanol crude extract showed that the concentration of 1,000 µg/ml strongly inhibited the mycelial growth as 31.50%. The ED₅₀ value was 1,591.61 µg/ml. the antifungal metabolite extracted from ethyl acetate and hexane could inhibit the mycelial growth of 25 and 24%, respectively (Table 2 and Fig. 3). Similar results reported by Talubnak and Soyong (2010) that the methanol crude extract from *Emericella nidulans* strongly inhibited the mycelial growth of *C. gloeosporioides* VP8 causing vanilla anthracnose disease at the concentration of 1,000 µg/ml with 22.25%. Moreover, the methanol crude extract from *Glilocladium* sp. was reported that could inhibit the sporulation of *C. acutatum* J06 causing chilli anthracnose at the concentration of 500 µg/ml with 93.69%. (Ratanacherdchai *et al.*, 2017).

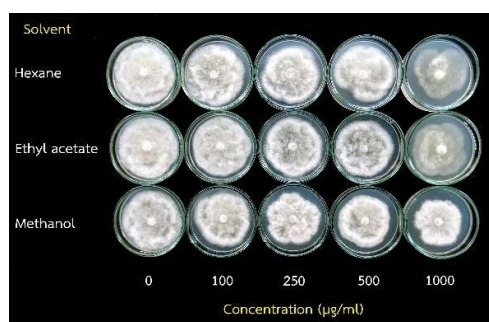


Fig. 3 Testing for antifungal metabolites from *Trichoderma asperellum* (TRICO) to inhibit *Phytophthora palmivora* V04 causing black rot of orchid

Table 2 Effect of antifungal metabolites form *Trichoderma asperellum* (TRICO) for inhibition of mycelial growth of *Phytophthora palmivora* V04

Treatment	Colony diameter (cm)	Mycelial growth inhibition (%)
Solvent (A)		
Hexane (A1)	4.27 ^a	14.70 ^b
Ethyl acetate (A2)	4.23 ^a	15.40 ^b
Methanol (A3)	4.09 ^b	18.25 ^a
F-test (A)	**	**
Concentration (B)		
0 µg/ml (B1)	5.00 ^a	0.00 ^e
100 µg/ml (B2)	4.35 ^b	12.92 ^d
250 µg/ml (B3)	4.08 ^c	18.50 ^c
500 µg/ml (B4)	3.88 ^d	22.33 ^b
1000 µg/ml (B5)	3.66 ^e	26.83 ^a
(A) × (B)		
A1B1	5.00 ^a	0.00 ^j
A1B2	4.45 ^b	11.00 ⁱ
A1B3	4.15 ^d	17.00 ^{fg}
A1B4	3.93 ^e	21.50 ^{cd}
A1B5	3.80 ^f	24.00 ^{bc}
A2B1	5.00 ^a	0.00 ^j
A2B2	4.33 ^c	13.50 ^{hi}
A2B3	4.10 ^d	18.00 ^{ef}
A2B4	3.98 ^e	20.50 ^{de}
A2B5	3.75 ^f	25.00 ^b
A3B1	5.00 ^a	0.00 ^j
A3B2	4.29 ^c	14.25 ^{gh}
A3B3	3.98 ^e	20.50 ^{de}
A3B4	3.75 ^f	25.00 ^b
A3B5	3.43 ^g	31.50 ^a
C.V. (%)	1.57	9.42

^{a-i} Average of four replications. Means followed by the same letter in a column were not significantly different by DMRT at P=0.05.

Conclusion

T. asperellum showed the potential for against *P. palmivora* causing black rot disease of orchid. It proved that *T. asperellum* become the promising antagonistic fungus as a biological agent against plant pathogenic fungi.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge to Agro-biomate Co., Ltd. for financial support. Special thanks are conveyed to Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University for providing instrumental support and all other facilities.

References

- Cating, R.A., Palmateer, A.J., Stiles, C.M. and Rayside, P.A. 2010. Black rot of orchids caused by *Phytophthora cactorum* and *Phytophthora palmivora* in Florida. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2010-0614-01-DG.
- Cruz-Quiroz, R., Roussos, S., Rodriguez-Herrera, R., Hernandez-Castillo, D. and Aguilar, C.N. 2018. Growth inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Phytophthora capsici* by native Mexican *Trichoderma* strains. Karbala International Journal of Modern Science 4: 237-243.
- Khairum, A., Tharapreuksapong, A., Wongkaew, S. and Tantasawat, P.A. 2016. Cultural characteristics and pathogenicity analysis of *Phytophthora palmivora*, causal pathogen of black rot in orchids. Proceedings of International Conference on Agricultural, Food, Biological and Health Sciences (AFBHS-16), August 22-24, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 105-107.
- Komy, M.H., Saleh, A., Eranthodi, A. and Molan, Y.Y. 2015. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato Fusarium wilt. Plant Pathology Journal 31(1): 50-60.
- Mbarga, J.B., Hoopen, G.M.T., Kuate, J., Adiobo, A., Ngonkeu, M.E.L., Ambang, Z., Akoa, A., Tondje, P.R. and Begoude, B.A.D. 2012. *Trichoderma asperellum*: A potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease in Cameroon. Crop Protection 36: 18-22.
- Ratanacherdchai, K. and Soyong, K. 2010. Biological fungicides for controlling of chilli anthracnose. Prawarun Agricultural Journal 7(1): 93-102.

- Ratanacherdchai, K., Chaiyarak, T. and Juntachum, N. 2017. Preliminary investigation of antagonistic properties of *Gliocladium* sp. against chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum acutatum*. Proceedings of the 7th International Conference of Sciences and Social Sciences 2017: Innovative Research for Stability, Prosperity and Sustainability (ICSSS2017). January 11-12, 2018. Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, Thailand. pp. 72-78.
- Talubnak, C. and Soyong, K. 2010. Biological control of vanilla anthracnose using *Emericella nidulans*. Journal of Agricultural Technology 6(1): 47-55.
- Vinodkumar, S., Indumathi, T. and Nakkeeran, S. 2017. *Trichoderma asperellum* (NVT2) as a potential antagonist for the management of stem rot in carnation under protected cultivation. Biological Control 113: 58-64.



วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

1. คุณสมบัติการเป็นผู้เขียน (Authorship)

บุคคลที่จะมีชื่อในฐานะเป็นผู้เขียนในผลงานทางวิชาการที่ต้องการตีพิมพ์ ควรจะมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1.1 มีส่วนร่วมอย่างเด่นชัดในผลงานนั้น ได้แก่ การกำหนดกรอบแนวคิดและออกแบบการค้นคว้า หรือเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ การวิเคราะห์และการแปลผลข้อมูลการศึกษาหรือวิจัย

1.2 มีส่วนร่วมในการร่างและแก้ไขต้นฉบับในเนื้อหาสำคัญที่ต้องใช้ความรู้

1.3 มีโอกาสที่จะรับทราบและมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้ไขต้นฉบับในขั้นตอนต่างๆ และให้การรับรองต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์

2. ประเภทผลงานตีพิมพ์

2.1 งานวิจัย (Original research) เป็นผลงานจากการค้นคว้าทดลองหรือวิจัยทางวิชาการที่ผู้เขียนหรือกลุ่มผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง

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

3. การเตรียมต้นฉบับผลงานวิจัย

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

องค์ประกอบต่างๆ ของบทความวิจัยหรือบทความปริทัศน์ให้จัดทำตามคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับนี้ การใช้ภาษาไทย ให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และชื่อบัญญัติตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยโดยไม่จำเป็น กรณีจำเป็นให้เขียนคำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยในวงเล็บภาษาอังกฤษ โดยคำแรกให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ส่วนอักษรและคำที่เหลือทั้งหมดให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นชื่อเฉพาะทุกคำให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่

การปรากฏอยู่หลายที่ในบทความของศัพท์คำเดียวกันที่เป็นภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษให้ใช้คำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษเฉพาะครั้งแรก ครั้งต่อไปให้ใช้เฉพาะคำศัพท์ภาษาไทยเท่านั้น

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

4. การลำดับเรื่อง ควรเรียงดังนี้

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

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

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

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

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

4.2 หน้า 2 (หน้านำภาษาอังกฤษ หรือ Title in English) ประกอบด้วย

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

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

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

สาระสำคัญของเรื่องทั้งหมดเป็นภาษาไทย ไม่ควรเกิน 250 คำ และไม่ควรถูกย่อในบทคัดย่อ ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษต้องส่งบทคัดย่อภาษาไทยด้วย

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

4.3 หน้า 3 และหน้าต่อไป ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ โดยพิมพ์ติดต่อกันตามลำดับ

4.3.1 บทนำ (Introduction) อธิบายถึงพื้นฐานที่มาและความสำคัญของปัญหาโดยมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับให้อ่านเข้าใจและแปลผลการศึกษาได้ และต้องทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญเท่านั้น นอกจากนี้ต้องระบุเหตุผล สมมุติฐานและวัตถุประสงค์ของการศึกษาให้ชัดเจน

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

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

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

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

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

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

จำเป็นยิ่ง การเขียนอ้างอิงเอกสารในบทความทางวิชาการทุกประเภทจำเป็นต้องมีการอ้างอิงไว้ทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนเนื้อเรื่อง และส่วนท้ายเรื่อง

1) การอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่อง (In-text citations)

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

2) การอ้างอิงส่วนท้ายเรื่อง (Reference citations)

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

ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง

1) สิ่งพิมพ์

หนังสือ (Books)

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

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

วารสาร

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

ผู้แต่ง 1 คน

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

ผู้แต่ง 2 คน

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

ผู้แต่ง 3 คนขึ้นไป

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

2) อินเทอร์เน็ต

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

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

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

หมายเหตุ (1): การเขียนคำบรรยายประกอบตาราง

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

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

หมายเหตุ (2): การเขียนคำบรรยายประกอบรูปภาพ

ภาพ หมายถึง รูปภาพ ภาพถ่าย แผนภูมิ แผนที่ แผนภาพ และกราฟ ซึ่งจะต้องมีความชัดเจน

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

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

หมายเหตุ (3): การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific names) และคำที่เป็นภาษาละติน

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

หมายเหตุ (4): การเขียนคำย่อ

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



- แนวทางการผลิตมันสำปะหลังหลังเก็บเกี่ยวข้าว
- ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจ
- กลไกที่แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง
- The Effects of Chemical Composition of Rice Flour on Physico-Chemical and Functional Properties
- คุณภาพผลผลิตและความทนทานต่อโรคไวรัสใบจุดวงแหวนของมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ ในพื้นที่ 4 จังหวัดของประเทศไทย
- ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน
- คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์ที่พบในเขตจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดใกล้เคียงที่อายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน
- การรับรู้และการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย
- การวิจัยเพื่อพัฒนาและต่อยอดสินค้าเกษตรในชุมชนสู่ระบบอาหารปลอดภัยภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน
- พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ในเขตอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี
- ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร
- ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุนโพนยางคำในจังหวัดสกลนคร
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์แคบหมูไมโครเวฟ
- คุณค่าเชิงโภชนาการและสารอาหารจากลูกตำลึง
- การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเสริมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบหญ้าพางโหม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
- Growth Performance and Methane Production of Thai Native Beef Cattle under Grazing and Cut-carry Ruzi Grass with or without Concentrate Supplementation
- Preliminary Investigation of *Trichoderma asperellum*'s Culture and Extracts Against Black Rot of Orchid