วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE
วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 32 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2559

ISSN 0857-0841

TCI กลุ่มที่ 1

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ภาษา** เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. **การพิมพ์** พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมไมโครซอฟ เวิร์ด ตัวอักษร Cordia new ขนาด 14 ตัวอักษรต่อนิ้ว ความยาวไม่ควรเกิน 10 หน้า (รวมบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3. **การเรียงลำดับเนื้อหา**

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.2 ชื่อผู้เขียน เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับที่อยู่ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ให้พิมพ์เป็นเชิงอรรถ (Footnote) ในหน้าแรกของบทความ

3.3 บทคัดย่อ (Abstract) ควรเป็นเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยรวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุปด้วย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 300-350 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย (บทความปริทัศน์อาจไม่ต้องมีบทคัดย่อ)

3.4 คำนำ (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสาร (Review of Literature) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยไว้ด้วย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้บอกรายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมุติฐานหรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็นผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Condusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. **กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)**

อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5. **เอกสารอ้างอิง (References)**

5.1 ในเนื้อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องหรือห่างไกล ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อ และปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น สมชาย (2545) รายงานว่า…หรือ…(สมชาย, 2545) หากมีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้เป็น สมชาย และสมหญิง (2547) รายงานว่า…หรือ…(สมชาย และสมหญิง, 2547) และถ้ามีผู้เขียนตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อคนแรกแล้วตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น สมชาย และคณะ (2546) รายงานว่า…หรือ…(สมชาย และคณะ, 2546) ในกรณีเอกสารเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลและปี ค.ศ. เช่น Johny (2003)…หรือ…(Johny, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้ เป็น Johny and Walker (2004) …หรือ…(Johny and Walker, 2004) หากมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้เป็น Johny *et al.* (2005)…หรือ…(Johny *et al.*, 2005) สำหรับในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคน ห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนมีดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (เขียนเต็ม) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

วันทนา มุทิตา และ ณัฐา ควรประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุศาสตร์และการถ่ายทอดสีดอกของฟิวเชีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.

Barcenas, N. M., T. R. Unruh and L. G. Neven. 2005. DNA diagnostics to identify internal feeders (Lepidoptera: Tortricidae) of pome fruits of quarantine importance. Journal of Economic Entomology 98(2): 299-306.

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

จริยา วิสิทธิ์พานิช ชาตรี สิทธิกุล และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 308 หน้า.

Gullan, P. J. and P. S. Cranston. 2005. The Insects: An Outline of Entomology. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 p.

3) เรื่องย่อยในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน และมีบรรณาธิการ

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อย. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. *ใน*: ชื่อบรรณาธิการ, (บก.) ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัด ศัตรูพืช. หน้า 22-42. *ใน*: สุวัฒน์ รวยอารีย์ (บก.). แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอเดีย สแควร์, กรุงเทพฯ.

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee sociality. pp. 3-20. *In*: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

4) วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ระดับวิทยานิพนธ์. สถาบันการศึกษา. เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

อภินันท์ มณีพงษ์. 2547. ผลของการใช้โอโซนต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

5) เอกสารวิชาการอื่น ๆ

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2544. แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกีฏและ สัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

6) สื่ออิเล็คทรอนิคส์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ชื่อ Website (วันเดือนปีที่สืบค้นข้อมูล).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th/proster/nondin/htm (21 เมษายน 2548).

Linardakis, D. K. and B. I. Manois. 2005. Hydroponic culture of strawberries in perlite. (Online). Available: http://www.schundler.com/strawberries.htm (April 21, 2005).

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ ได้ในปกหลัง

วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม	Publication	Tri-annually Issue 1 January-April Issue 2 May-August Issue 3 September-December
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง	Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัย และวิเทศสัมพันธ์	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture; Associate Dean for Research and International Affairs
บรรณาธิการ	ศ.ดร.สัญชัย จตุรสิทธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editor	Sanchai Jaturasitha, Dr.sc.agr., Prof. Chiang Mai University
รองบรรณาธิการ	รศ.ดร.เกวลิน คุณาศักดากุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Kaewalin Kunasakdakul, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	รศ.ดร.ณัฐา โพธาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editorial Board (Academic)	Nuttha Potapohn, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Sakda Jongkaewwattana, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร.สุนทร คำยอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Soontorn Khamyong, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร.ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chanakan Prom-u-thai, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร.สุรินทร์ นิลสำราญจิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Surin Nilasamranchit, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร.บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Budsara Limnirankul, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร.เยาวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Yaowaluk Chanbang, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร.ฉันทลักษณ์ ติยายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chantalak Tiyayon, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	อ.ดร.จิรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D. Chiang Mai University
	ผศ.ดร.วรรณพร ทะพิงค์แก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Wanaporn Tapingkae, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	อ.ดร.ชูชาติ สันธทรัพย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Choochad Santasup, Ph.D. Chiang Mai University

พิมพ์ที่โรงพิมพ์: สมศักดิ์การพิมพ์ 47/3 ถนนแก้วนวรัฐ ต.วัดเกต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ โทร. 053-242164, 089-4333989

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

วารสารเกษตร ฉบับที่ 2 ปีที่ 32 มีบทความวิชาการ 1 เรื่อง และบทความวิจัยอีก 12 เรื่อง สำหรับฉบับนี้เนื้อหาก็มีทางด้านสัตวศาสตร์ 4 เรื่อง ส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร 3 เรื่อง กีฏวิทยา 3 เรื่อง โรคพืช 4 เรื่อง พืชไร่ 1 เรื่อง และอุตสาหกรรมเกษตร 1 เรื่อง ซึ่งในฉบับนี้มีบทความวิชาการภาษาอังกฤษ จำนวน 1 เรื่อง เป็นเรื่องของการใช้ประโยชน์ข้าวโพดในพื้นที่สูงของประเทศเวียตนาม ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกกันมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย โดยเฉพาะแถบจังหวัดเชียงใหม่และน่าน แต่ที่น่าสนใจคือทำอย่างไรถึงจะใช้ประโยชน์ได้หมดทุกส่วนโดยไม่มีการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้ง เพราะจะก่อมลภาวะทางอากาศซึ่งมักจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคมของทุกปี ในขณะเดียวกันฤดูร้อนและแล้ง ก่อให้เกิดการขาดน้ำขั้นวิกฤตที่รุนแรง ทำให้ภาคการเกษตรต้องประสบปัญหาอย่างมาก ถึงเวลาแล้วที่นักวิจัยภาคการเกษตรต้องมีการทดลอง วิจัย ในสภาวะเช่นนี้ให้ได้ นั่นคือ เราจะอยู่ร่วมกับธรรมชาติกันอย่างไร ต้องปรับตัวอย่างไร เช่น ปลูกพืชใช้น้ำน้อย หรือหาวัสดุเหลือใช้ชนิดใหม่ ๆ มาเป็นอาหารสัตว์ นับว่าเป็นโจทย์ที่ท้าทายความสามารถของนักวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ยังมีบทความวิจัยที่น่าสนใจไม่น้อย เช่น คุณค่าทางโภชนะของข้าวเหนียวก่ำ หรือศัตรูพืชจากเชื้อโรค และแมลง รวมถึงการพัฒนาชาชงจากใบและผลหม่อนเป็นต้น สำหรับการจัดการโลจิสติกส์ของธุรกิจไก่ไข่ก็น่าสนใจอย่างยิ่ง เพราะเป็นการลดต้นทุนอย่างมหาศาลให้กับเกษตรกร ซึ่งบทความวิจัยดี ๆ และมีคุณภาพเหล่านี้ต้องขอขอบคุณผู้เขียนที่ได้แบ่งปันมาให้อ่านกัน กองบรรณาธิการหวังว่าคงจะได้รับการอนุเคราะห์จากท่านอีกในฉบับหน้าครับ

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ.ดร. สัญชัย จตุรสิทธา

บรรณาธิการวารสารเกษตร

การประเมินฤทธิ์สารต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืชของราเอนโดไฟต์ที่แยกจากกาฝากและพืชอาศัยของกาฝาก

Evaluation of Antiphytopathogenic Activity of Endophytic Fungi Isolated from Parasitic Plants and their Hosts

ภัทราพรรณ พรหมแก้ว[1/*] สายสมร ลำยอง[1/] และบุญสม บุษบรรณ์[1/]

Phattrapan Promkaew[1/*], Saisamorn Lumyong[1/] and Boonsom Bussaban[1/]

[1/]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1/]Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: phattrapan.pk@gmail.com*

(Received: 1 September 2015; Accepted: 29 January 2016)

Abstract: The present study was aimed to screen for antimicrobial activity of endophytic fungi isolated from parasitic plants and their hosts (*Bouea macrophylla*, *Manilkara zapota* and *Morus alba*) and to identify the selected potent strains. Forty seven endophytic fungi were grown in five fermentation media, potato dextrose broth PDB, glucose soybean meal broth GSB, malt extract broth MEB, yeast extract sucrose broth YES and Sabouraud broth SBB and incubated on a reciprocal shaker at room temperature (27-30 ºC) for 14 days. The ethyl acetate crude extracts from fermentation broths were tested for antibacterial and antifungal activity against 7 phytopathogenic strains (*Ralstonia solanacearum* TNCC003291, *Xanthomonas citri* BS356, *Botrytis* sp. BS298, *Colletotrichum* sp. BS351, *Fusarium* sp. BS288, *Phytophthora botryosa* BS349 and *Pyricularia oryzae* BS265) by agar well diffusion method. Dimethylsulfoxide (10%), streptomycin (1 mg/ml) and benomyl (20 mg/ml) were used as control. Crude extracts obtained from endophytic fungi cultured in PDB displayed activity against phytopathogenic bacteria and fungi. While crude extracts obtained from endophytic fungi cultured in GSB, MEB, YES and SBB displayed activity against only phytopathogenic bacteria. The Crude extract of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* MoS5 cultured in GSB and YES showed the most inhibition of *R. solanacearum* TNCC003291 (12 mm diameter) and *X. citri* BS356 (22 mm diameter) with minimum inhibitotory concentration (MIC) 2.5 and 5 mg/ml, respectively. While crude extracts of the two endophytes, *Colletotrichum* sp. MoPIV2 and *Phomopsis* sp. MoS3/1 cultured in PDB greatest inhibited growth of *Fusarium* sp. BS288 with 18 and 15 mm inhibition zone diameter and the MIC was 1.25 mg/ml. The MIC of the two extracts that prevented growth of *Fusarium* sp. BS288 was 8 times lower than the MIC of fungicide benomyl (10 mg/ml). These results indicated that endophytic fungi from parasitic plants and their hosts is a potential source of bioactive compounds that may useful in agriculture.

Keywords: Antimicrobial, endophytic fungi, mistletoe

บทคัดย่อ: ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองราเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากพืชกาฝาก 3 ชนิด (*Dendrophthoe pentandra*, *Dendrophthoe* sp. และ *Loranthus parasiticus*) และพืชอาศัย 3 ชนิด คือมะปราง (*Bouea macrophylla*) ละมุด (*Manilkara zapota*) และหม่อน (*Morus alba*) ในการผลิตสารต้านจุลินทรีย์โดยเพาะเลี้ยงราเอนโดไฟต์จำนวน 47 ไอโซเลท ในอาหาร 5 ชนิด ได้แก่ potato dextrose broth PDB, glucose soybean meal broth GSB, malt extract broth MEB, yeast extract sucrose broth YES และ Sabouraud broth SBB บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบซ้าย-ขวา ที่อุณหภูมิห้อง (27-30 °C) 14 วัน จากนั้นกรองแยกส่วนของน้ำเลี้ยงเชื้อมาสกัดด้วย ethyl acetate และเตรียมสารสกัดหยาบโดยละลายใน 10% DMSO จากนั้นทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและราสาเหตุโรคพืช 7 ชนิด ได้แก่ *Ralstonia solanacearum* TNCC003291, *Xanthomonas citri* BS356, *Botrytis* sp. BS298, *Colletotrichum* sp. BS351, *Fusarium* sp. BS288, *Phytophthora botryosa* BS349 และ *Pyricularia oryzae* BS265 ด้วยวิธี agar well diffusion ใช้ dimethylsulfoxide (10%), streptomycin (1 mg/ml) และ benomyl (20 mg/ml) เป็นสารควบคุม พบว่าราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหาร F1 ยับยั้งการเจริญได้ทั้งแบคทีเรียและราก่อโรคพืช สำหรับราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหาร GSB, MEB, YES และ SBB ยับยั้งได้เฉพาะแบคทีเรียก่อโรคพืชเท่านั้น และพบว่าสารสกัดหยาบของน้ำเลี้ยงของราเอนโดไฟต์ *Lasiodiplodia pseudotheobromae* MoS5 ที่เลี้ยงใน GSB สามารถยับยั้ง *R. solanacearum* TNCC003291 ได้ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใส 12 mm) ส่วนราเอนโดไฟต์ไอโซเลทเดียวกันนี้ที่เลี้ยงใน YES สามารถยับยั้ง *X. citri* BS356 ได้ดีที่สุด (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใส 22 mm) โดยมีค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคพืช (MIC) เท่ากับ 2.5 mg/ml และ 5 mg/ml ตามลำดับ และสารสกัดหยาบของ *Colletotrichum* sp. MoPIV2 และ *Phomopsis* sp. MoS3/1 ที่เลี้ยงในอาหาร PDB ยับยั้ง *Fusarium* sp. BS288 ได้โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใส 18 และ 15 mm ตามลำดับ โดยสารสกัดหยาบทั้งสองมีค่า MIC เท่ากับ 1.25 mg/ml ซึ่งต่ำกว่า MIC ของสารฆ่ารา benomyl (10 mg/ml) ถึง 8 เท่า ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าราเอนโดไฟต์จากพืชกาฝาก และพืชอาศัยเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่มีศักยภาพซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้

คำสำคัญ: สารต้านจุลินทรีย์ ราเอนโดไฟต์ พืชกาฝาก

คำนำ

ราเอนโดไฟต์ (endophytic fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีช่วงหนึ่งของชีวิตอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชโดยไม่ก่อให้เกิดอาการของโรค (Wilson, 2000) และพบได้ในพืชทุกชนิด เช่น หญ้า กล้วยไม้ และไม้ยืนต้น พบได้ทั้งบริเวณลำต้น ราก ใบ และกิ่งของพืช (Tao *et al*., 2008; Crawford *et al*., 2010; Suwannarach *et al*., 2010) โดยอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยราเอนโดไฟต์ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืชอาศัย เช่น ดูดซับแร่ธาตุอาหารบางอย่างจากดิน เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ราเอนโดไฟต์บางชนิดสร้างเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์ราสาเหตุโรคพืชได้ เช่น chitinase และ ß-1,3-glucanases (Bacon and White, 2000; Druzhinina *et al*., 2011) เป็นแหล่งฮอร์โมนแก่ต้นพืช สร้างกลไกบางอย่างที่กระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันและส่งผลให้พืชต้านทานต่อแมลงศัตรูหรือเชื้อก่อโรคได้ (Ting *et al*., 2008; Rogers *et al*., 2011; García Parisi *et al*., 2014)

กาฝาก (parasitic plants/ mistletoe) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเรียงเดี่ยวแบบตรงข้าม ขอบเรียบ เนื้อใบหนา เป็นไม้พุ่มที่มีกิ่งก้านสาขามากมาย ดอกของกาฝากมีสีแดง สีส้ม หรือสีเหลือง เป็นพืชที่อาศัยเกาะดูดน้ำ แร่ธาตุ หรือสารอาหารที่สังเคราะห์แล้วจากพืชชนิดอื่น มักเรียกชื่อของกาฝากตามพืชอาศัยที่เกาะอยู่ เช่น กาฝากมะม่วง กาฝากมะปราง กาฝากละมุด กาฝากหม่อน เป็นต้น กาฝากเป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ลดความดันโลหิต และสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิด และสามารถต้านไวรัสได้ (คิดคม, 2541; บุษณีย์ และประภาสินี, 2550; Devehat *et al*., 2002) มีผู้ศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของกาฝากหลายชนิด เช่น กาฝากก่อ

(*Loranthus pentandrus*) และกาฝากมะม่วง (*Dendrophthoe pentandra*) พบว่าสร้างสารเคมีในกลุ่ม quercetin และ quercitrin ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดความดันโลหิต คลายกล้ามเนื้อเรียบ (คิดคม, 2541; Chantarasomboon *et al*., 1974; Phruekphakphom and Muunsaan, 1979) สำหรับการศึกษาราเอนโดไฟต์ในกาฝากยังมีไม่มากนัก de Abreu *et al*. (2010) ศึกษาความหลากหลายของราเอนโดไฟต์จากใบและกิ่งของกาฝากและพืชอาศัยในวงศ์มะม่วง โดยทำการฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยวิธี triple surface sterilization บดตัวอย่างเตรียมเป็น suspension และใช้วิธี spread plate technique ในการแยกราเอนโดไฟต์ โดยพบราเอนโดไฟต์ทั้งหมด 1,615 สายพันธุ์ กวินนาถและคณะ (2552) ทำการแยกราเอนโดไฟต์จากกาฝากก่อดำ (*Dufrenoya sessilis*) พบว่าราเอนโดไฟต์ที่สร้าง synnemata จากกิ่งของกาฝากชนิดนี้ที่เจริญในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย สามารถยับยั้งการเจริญของราโรคพืชหลายชนิด (*Colletotrichum capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora palmivora*, *P. parasitica* และ *Sclerotium rolfsii*) ได้ในระดับห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าราเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากกาฝากนี้เป็นที่น่าสนใจอาจนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองราเอนโดไฟต์จากพืชกาฝาก และพืชให้อาศัยบางชนิดที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ชีวภาพยับยั้งการเจริญของราและแบคทีเรียก่อโรคพืชได้ รวมถึงบ่งบอกชนิดของราเอนโดไฟต์ที่คัดเลือกเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมศัตรูพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเชื้อราเอนโดไฟต์จากพืชกาฝากและพืชอาศัยบางชนิด

นำตัวอย่างใบ (เส้นใบ และเนื้อใบ) กิ่ง และดอกอย่างละ 5 ตัวอย่างจากมะปราง (*Bouea macrophylla*) ละมุด (*Manilkara zapota*) หม่อน (*Morus alba*) กาฝากมะปราง (*Dendrophthoe pentandra*) กาฝากละมุด (*Dendrophthoe* sp.) และกาฝากหม่อน (*Loranthus parasiticus*) ที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์และเชียงใหม่ มาล้างโดยการผ่านน้ำประปาประมาณ 15 นาที และตัดส่วนของใบให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 2×2 cm ตัดกิ่งให้มีความยาวประมาณ 2 cm นำตัวอย่างไปฆ่าเชื้อที่ผิว (triple surface sterilization) โดยแช่ใน 75% ethanol นาน 30 วินาที ตามด้วย 2% sodium hypochlorite นาน 3 นาที และ 95% ethanol นาน 30 วินาที (Suwannarach *et al*., 2010) จากนั้นตัดชิ้นพืชในสภาพปลอดเชื้อให้มีขนาด 0.5×0.5 cm สำหรับกิ่งตัดเป็นท่อนยาว 1 cm นำตัวอย่างมาวางบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เติม 2% malt extract แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (27–30 ºC) จนสังเกตพบราเจริญออกมาจากเนื้อเยื่อพืช ทำการแยกราให้บริสุทธิ์และเก็บรักษาไว้ใน PDA slant นับจำนวนราที่พบและคำนวณร้อยละความชุกของรา (isolate prevalence) (Bussaban *et al*., 2001) ดังสมการ

$$\text{ร้อยละความชุกของรา} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่มีราเจริญ}}{\text{จำนวนตัวอย่างที่ทำการแยกรา}} \times 100$$

2. การคัดกรองราเอนโดไฟต์ที่สร้างสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืช

เพาะเลี้ยงราเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากกาฝากและพืชให้อาศัย จำนวน 47 ไอโซเลท บนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง (27-30 ºC) เป็นเวลา 7 วัน เพื่อเตรียมเป็น inoculum นำไปเลี้ยงในอาหารเหลว 5 ชนิด ได้แก่ potato dextrose broth (PDB), glucose soybean meal broth (GSB), malt extract broth (MEB), yeast extract sucrose broth (YES) และ Sabouraud broth (SBB) โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อตัดบริเวณปลายเส้นใยให้มีขนาดประมาณ 0.3×0.3 cm นำไปใส่ในอาหาร 5 ml ที่บรรจุในหลอดทดลองขนาด 18×180 mm หลอดละ 2 ชิ้น บ่มที่อุณหภูมิห้อง (27-30 ºC) นาน 14 วัน บนเครื่องเขย่าแบบซ้าย–ขวาที่ความเร็ว 120 rpm กรองเอาน้ำเลี้ยงเชื้อที่ได้ ไปสกัดด้วย ethyl acetate ระเหยแห้งด้วย rotary evaporator และเตรียมสารสกัดหยาบของราแต่ละไอโซเลทใน dimetyl sulfoxide

(10% DMSO) เพื่อใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืช

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียก่อโรคพืช 2 ชนิดคือ *Ralstonia solanacearum* TNCC003291 และ *Xanthomonas citri* BS356 บนอาหาร nutrient agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง 24-48 ชั่วโมง และเตรียมแบคทีเรียทดสอบแต่ละชนิดด้วยวิธี direct colony suspension โดยแตะโคโลนีใส่ในน้ำเกลือ 0.85 % ที่ไร้เชื้อและเทียบความขุ่นกับ *McFarland Standard* No. 0.5 (Koneman *et al*., 1983) จากนั้นใช้ก้านสำลีเกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานอาหาร NA และใช้ปลายด้านกว้างของ Pasteur pipette (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm) เจาะหลุมเตรียมไว้เป็นจานทดสอบ

เพาะเลี้ยงราก่อโรคพืช 4 ชนิด ได้แก่ *Botrytis* sp. BS298, *Colletotrichum* sp. BS351, *Fusarium* sp. BS288 และ *Pyricularia oryzae* BS265 รวมถึงเชื้อ *Phytophthora botryosa* BS349 บนอาหาร PDA เป็นเวลา 5-7 วัน แล้วใช้ปลายด้านกว้างของ Pasteur pipette ตัดบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อแต่ละชนิด นำไปปลูกเชื้อตรงกลางจานอาหาร PDA ที่เจาะหลุมเช่นเดียวกับการเตรียมแบคทีเรียทดสอบ ยกเว้น *Colletotrichum* sp. BS351 และ *Fusarium* sp. BS288 เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ความเข้มข้นประมาณ 10^6 spore/ml จากนั้นใช้ก้านสำลีเกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานอาหาร PDA และใช้ปลายด้านกว้างของ Pasteur pipette (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm) เจาะหลุมเตรียมไว้เป็นจานทดสอบ

ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืชด้วยวิธี agar well diffusion โดยหยดสารสกัดหยาบของราเอนโดไฟต์ที่เตรียมได้ปริมาตร 35 µl ลงในแต่ละหลุมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm ซึ่งเจาะเตรียมไว้ในจานอาหาร NA หรือ PDA ที่มีเชื้อทดสอบ สำหรับชุดควบคุมใช้ 10% DMSO เป็นชุดควบคุมเชิงลบ ใช้ 1 mg/ml streptomycin หรือ 20 mg/ml benomyl เป็นชุดควบคุมเชิงบวก นำจานทดสอบดังกล่าวไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง สำหรับแบคทีเรียบ่ม 24-48 ชั่วโมง และสำหรับจุลินทรีย์อื่นบ่มจนโคโลนีในจานควบคุมเชิงลบเจริญถึงระยะทางเท่ากับหลุมที่เจาะไว้ บันทึกความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียและราสองชนิดคือ *Colletotrichum* sp. BS351 และ *Fusarium* sp. BS288 โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใส สำหรับการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ คำนวนร้อยละการยับยั้งตามสมการ (อภาพร และเกวลิน, 2557)

$$\text{ร้อยละการยับยั้งการเจริญ} = \frac{(\text{ความยาวรัศมีของโคโลนีจุลินทรีย์ก่อโรคในชุดควบคุมเชิงลบ} - \text{ความยาวรัศมีของโคโลนีจุลินทรีย์ก่อโรคทดสอบ})}{\text{ความยาวรัศมีของโคโลนีจุลินทรีย์ก่อโรคในชุดควบคุมเชิงลบ}} \times 100$$

3. การบ่งบอกชนิดของราเอนโดไฟต์ที่คัดเลือก

บ่งบอกชนิดของราเอนโดไฟต์จำนวน 3 ไอโซเลทที่คัดเลือกจากผลการยับยั้งสูงสุด และสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชได้หลายชนิด คือ MoS5, MoPIV2 และ MoS3/1 โดยใช้ลักษณะสัณฐาน และใช้วิธีทางอณูชีววิทยาโดยสกัด DNA ของราแต่ละไอโซเลทด้วย SDS-CTAB (sodium dodecyl sulfate-cetyl methyl ammonium) ตามวิธีการของ Bussaban *et al*. (2005) จากนั้นเพิ่มปริมาณชิ้นส่วน DNA บริเวณ ITS เพื่อหาลำดับนิวคลีโอไทด์และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank และสร้างแผนภูมิต้นไม้ (phylogenetic tree) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการด้วยวิธี maximum parsimony หรือ distance ที่มีในโปรแกรม PAUP* versions 4.0 b10 (Swofford, 2002)

4. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคพืช

นำสารสกัดหยาบจากราเอนโดไฟต์จำนวน 3 ไอโซเลท ที่คัดเลือกจากผลการยับยั้งสูงสุด และสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชได้หลายชนิด คือ MoS5 ที่เลี้ยงใน YES, MoPIV2 และ MoS3/1 ที่เลี้ยงใน PDB มาทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (minimum inhibitory concentration, MIC) ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ตามวิธีของ Duraipandiyan and Ignacimuthu (2007) เตรียมสารสกัดหยาบของราเอนโดไฟต์ที่คัดเลือกโดยเจือ

จางลำดับส่วนแบบสองเท่าให้ได้ความเข้มข้นในช่วง 0-40 mg/ml ทำการทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion โดยเตรียมจุลินทรีย์ก่อโรคพืชเช่นเดียวกับการคัดกรองในข้อ 2

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การแยกราเอนโดไฟต์จากพืชกาฝากและพืชอาศัยบางชนิด

จากการแยกราเอนโดไฟต์จากพืชกาฝาก (กาฝากมะปราง, กาฝากละมุด และกาฝากหม่อน) และพืชอาศัย (มะปราง ละมุด และหม่อน) แต่ละชนิดมีความชุกของเชื้อราค่อนข้างผันแปรคือร้อยละ 13.3-75.0 (ตารางที่ 1) และพบว่าความชุกของราเอนโดไฟต์ในกาฝาก (*Dendrophthoe pentandra* และ *Dendrophthoe* sp.) ที่มีพืชอาศัยเป็นไม้ยืนต้น (*Bouea macrophylla* และ *Manilkara zapota*) มากกว่าที่พบในกาฝากหม่อน และในพืชอาศัยแต่ละชนิดด้วย อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวนตัวอย่างค่อนข้างน้อย ควรมีการศึกษาโดยใช้จำนวนตัวอย่างให้มากขึ้น เพื่อยืนยันข้อสรุปดังกล่าว ดังเช่นการศึกษาในพืชอื่น ๆ ได้แก่ พืชวงศ์ขิง 2 ชนิด พบราเอนโดไฟต์สูงร้อยละ 70.0-83.0 (Bussaban *et al*., 2001) และในพืชสกุลอบเชย 3 ชนิด มีราเอนโดไฟต์สูงถึงร้อยละ 94.8-99.7 (Suwannarach *et al*., 2010) อย่างไรก็ตาม การศึกษาในพืชกาฝากและพืชอาศัยนี้พบราเอนโดไฟต์ เช่น *Colletotrichum* spp. และ *Phomopsis* spp. ซึ่งเป็นจีนัสที่พบได้บ่อยในพืชทั้งสองสกุลข้างต้น รวมถึงพืชกาฝาก และพืชอื่น ๆ (Prihastuti *et al*., 2009; de Abreu *et al*., 2010; Powthong *et al*., 2012) อีกทั้งพบรา *Lasiodiplodia* ในพืชกาฝากและพืชอาศัยทั้ง 6 ชนิดที่ศึกษา ซึ่งไม่พบรานี้ในรายงานของ de Abreu *et al*. (2010) ที่ศึกษาราเอนโดไฟต์ของกาฝาก *Phoradendron perrottettii* และพืชอาศัย *Tapirira guianensis* ในการศึกษาครั้งนี้แยกราได้จำนวน 53 ไอโซเลท และเก็บรักษาไว้ใน PDA slant สำหรับใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

2. การคัดกรองราเอนโดไฟต์ที่สร้างสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืช

จากการคัดกรองราเอนโดไฟต์จำนวน 47 ไอโซเลท ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร PDB, GSB, MEB, YES และ SBB ในการสร้างสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืชจำนวน 7 ชนิด พบว่าราเอนโดไฟต์สร้างสารออกฤทธิ์ในอาหารแต่ละชนิด โดยสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้แตกต่างกัน ซึ่งชุดควบคุมเชิงลบ 10% DMSO ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคพืช แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ไม่ได้เกิดจาก 10% DMSO ที่ใช้เป็นตัวทำละลายสารสกัดหยาบ ซึ่งราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหาร PDB สามารถยับยั้งการเจริญได้ทั้งแบคทีเรียและรา โดยจำนวนราเอนโดไฟต์ที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคได้คือ 2-4 ไอโซเลท แต่ราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหาร

Table 1 Total of isolate prevalence and number of endophytic fungi isolated from three parasitic plants and their hosts

Plants	Number of isolate of endophytic fungi			
	Stalk	Leaf	Flower	Total of isolate prevalence (%)
Parasitic plants				
Dendrophthoe pentandra	3	5	5	60.0
Dendrophthoe sp.	4	9	4	75.0
Loranthus parasiticus	0	5	0	25.0
Host plants				
Bouea macrophylla	3	0	nt	13.3
Manilkara zapota	3	2	nt	20.0
Morus alba	7	3	nt	46.7

nt: no flowers of given plant for fungal isolation

GSB, MEB, YES และ SBB ยับยั้งการเจริญได้เฉพาะแบคทีเรียเท่านั้น โดยจำนวนราเอนโดไฟต์ที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ คือ 3-5 ไอโซเลท 3 ไอโซเลท 2-4 ไอโซเลท และ 5-7 ไอโซเลท ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งความเข้มข้นและชนิดของสารอาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญและการสร้างสารทุติยภูมิของราแต่ละชนิด (Griffin, 1994) ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่าอาหารที่มีแหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ซึ่งผสมกับแหล่งไนโตรเจนในอัตราส่วนที่ต่างกันมีผลต่อการสร้างสารออกฤทธิ์ของราเอนโดไฟต์โดยเฉพาะ MoPIV2, MoS3/1 และ MoS5 ซึ่งเลี้ยงในอาหาร PDB และ YES ซึ่งมีแหล่งของคาร์บอนเป็นน้ำตาล dextrose และ sucrose ในปริมาณมากพอที่ราสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง Tanakulpakorn *et al*. (2012) รายงานว่าความสมบูรณ์ของอาหารมีความสำคัญอย่างมากต่อการสร้างสารยับยั้งราสาเหตุโรคพืชของราเอนโดไฟต์ TH121 โดยพบว่าสารอาหารที่มีอย่างสมบูรณ์ในอาหาร PDB, YES และ SBB ช่วยให้ราเอนโดไฟต์ TH121 นั้นสร้างสารยับยั้ง *Alternaria brassicicola* ได้ดี อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการคัดกรองโดยการเลี้ยงราเอนโดไฟต์แต่ละไอโซเลทในอาหารทั้ง 5 ชนิดนั้น ทำให้เพิ่มโอกาสของเชื้อในการสร้างสารออกฤทธิ์ชีวภาพได้ เช่น ราไอโซเลท MoS5 ที่เลี้ยงใน GSB และ YES สามารถยับยั้ง *R. solanacearum* TNCC003291 และ X. *citri* BS356 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใส 12 และ 22 mm ตามลำดับ (ภาพที่ 1 a, b และ c, d) สำหรับราไอโซเลท MoPIV2 และ MoS3/1 ที่เลี้ยงในอาหาร PDB ยับยั้ง *Fusarium* sp. BS288 ได้ดีที่สุดเป็นสองลำดับแรก โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใส 18 และ 15 mm ตามลำดับ (ภาพที่ 1 e-g) เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของรา พบว่าราเอนโดไฟต์ทั้งสองไอโซเลทนี้ มีน้ำหนักแห้งของเส้นใยมากกว่าราเอนโดไฟต์ไอโซเลทอื่น ๆ ด้วย (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างขององค์ประกอบของอาหารที่ต่างกันเป็นตัวกระตุ้นให้ราแต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตและสร้างสารออกฤทธิ์ได้แตกต่างกันด้วย (Calvo *et al*., 2002; Li *et al*., 2007; Gerke and Braus, 2014)

3. การบ่งบอกชนิดของราเอนโดไฟต์ที่คัดเลือก

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของราเอนโดไฟต์สามไอโซเลทได้แก่ ราไอโซเลท MoS3/1 และ MoS5 ที่แยกได้จากก้านของต้นหม่อน และ MoPIV2 ที่แยกได้จากใบของกาฝากหม่อน ซึ่งเป็นไอโซเลทที่คัดเลือกเนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของราก่อโรคพืชที่ทำการทดสอบได้ดีที่สุดเป็นสามลำดับแรก พบว่าราไอโซเลท MoS3/1 สร้างโคนิเดียเซลล์เดียว สองแบบ คือ ขนาดสั้นรูปร่างรี (2.5-5.0×3.0-12.0 μm) และขนาดยาวกว่า ลักษณะเป็นเส้นโค้งงอตรงปลายคล้ายสระอา (1.4-1.6×24-25 μm) ภายใน fruiting body ซึ่งเป็นลักษณะของราในจีนัส *Phomopsis* (Sutton, 1980) ส่วนราไอโซเลท MoS5 สร้างโคนิเดียเมื่ออ่อนจะมีเซลล์เดียว สีใส เมื่อแก่จะมีผนังกั้นตามขวาง และมีลวดลายตามยาว โคนิเดียมีขนาด 13-15× 23-24 μm ภายใน fruiting body ซึ่งตรงกับลักษณะของ *Lasiodiplodia pseudotheobromae* (Sutton, 1980; Alves *et al*., 2008) และเมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS1-5.8S rDNA-ITS2 ยืนยันว่าเป็นราดังกล่าวซึ่งจัดอยู่ใน Class Sordariomycetes และ Dothideomycetes ตามลำดับ (ภาพที่ 2) สำหรับราไอโซเลท MoPIV2 นั้นสร้างเฉพาะเส้นใยสีขาว ไม่สร้างสปอร์บนอาหาร แม้ว่าจะชักนำด้วยหลายวิธีการ และเมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS1-5.8S rDNA-ITS2 แล้วพบว่าจัดอยู่ในจีนัส *Colletotrichum* Order Glomerellales (ภาพที่ 2) แต่ไม่สามารถระบุสปีชีส์ได้ เนื่องจากข้อมูลของ ITS sequence ยังไม่เพียงพอในการระบุสปีชีส์ของ *Colletotrichum* sp. สปีชีส์ต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตามหากใช้ข้อมูลของยีนส์ ACT และ GAPDH ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย โดยเฉพาะเมื่อราไม่สร้างสปอร์ก็สามารถจะระบุถึงสปีชีส์ได้ (Xie *et al*., 2010; Weir *et al*., 2012) นอกจากนี้ขนาดของ conidia และ ascospore ของราจีนัสนี้ยังใกล้เคียงกันมาก (Weir *et al*., 2012) แม้ว่าราทั้งสามจีนัสนี้จะเคยมีรายงานว่าเป็นราก่อโรคในพืช (Slippers and Wingfield, 2007; Begoude *et al*., 2010) ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคกับพืชได้หากพืชอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมหรืออ่อนแอ (Begoude *et al*., 2011)

Table 2 Qualitative antifungal activity of 47 endophytic fungi cultured in five media inhibiting growth of phytopathogens

Potential antifungal activity[a]	Number of isolate of endophytic fungi inhibiting growth of test organisms		
	Xc BS356[b]	*Rs* TNCC003291[b]	*Fu* BS288[c]
PDB			
+++	0	0	0
++	2	0	2
+	2	2	0
-	43	45	45
GSB			
+++	1	0	0
++	3	3	0
+	1	0	0
-	42	44	47
MEB			
+++	1	0	0
++	1	0	0
+	1	0	0
-	44	47	47
YES			
+++	1	0	0
++	1	1	0
+	2	1	0
-	43	45	47
SBB			
+++	0	0	0
++	6	2	0
+	1	3	0
-	40	42	47

[a] +++ : inhibition zone diameter (X) ≥ 20 mm
++ : 10-19 mm
+ : 6-9 mm
- : X = 5 mm

[b] positive control = 1 mg/ml streptomycin (*Xanthomonas citri* BS356 = 10 mm, *Ralstonia solanacearum* TNCC003291 = 10 mm)

[c] positive control = 20 mg/ml benomyl (*Fusarium* sp. BS288 = 18 mm)

Xc = *Xanthomonas citri* BS356, *Rs* = *Ralstonia solanacearum* TNCC003291, *Co* = *Colletotrichum* sp. BS351, *Fu* = *Fusarium* sp. BS288

PDB: potato dextrose broth, GSB: glucose soybean meal broth, MEB: malt extract broth, YES: yeast extract sucrose broth, SBB: Sabouraud broth

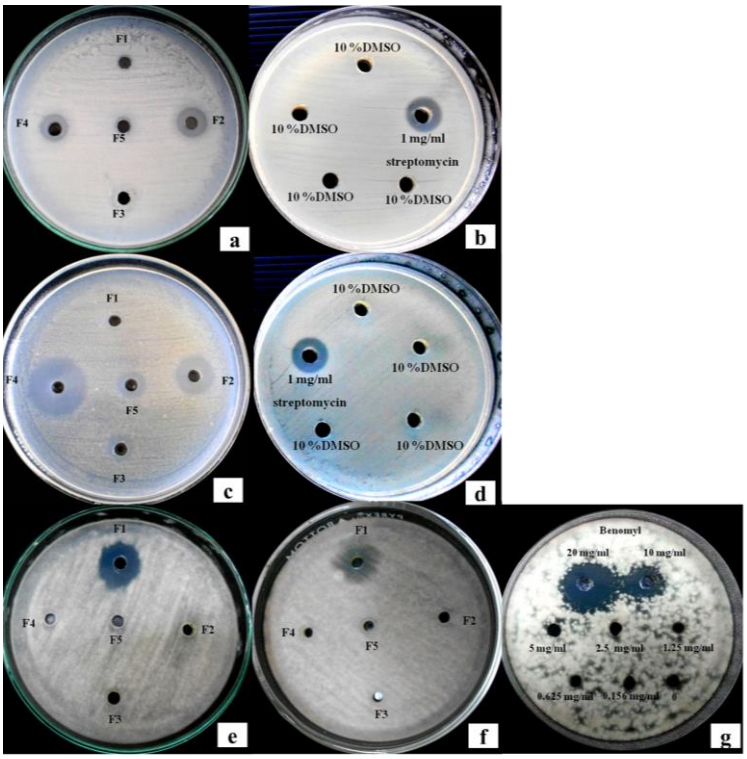

Figure 1 The inhibition zones of crude extract obtained from *Lasiodiplodia pseudotheobromae* MoS5 cultured in five media, 10% DMSO and streptomycin 1 mg/ml against growth of *Ralstonia solanacearum* TNCC003291 (a, b), *L. pseudotheobromae* MoS5 cultured in media F1-F5, 10% DMSO and streptomycin 1 mg/ml against growth of *Xanthomonas citri* BS356 (c, d), *Colletotrichum* sp. MoPIV2 and *Phomopsis* sp. MoS3/1 cultured in media F1-F5, and 0-20 mg/ml benomyl against *Fusarium* sp. BS288 (e, f, g)

แต่พบว่าเป็นราเอนโดไฟต์กลุ่มที่พบบ่อยในพืชหลายชนิด เช่น แค กาแฟ และอบเชย (Prihastuti *et al*., 2009; Suwannarach *et al*., 2010; Powthong *et al*., 2012)

4. ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สารสกัดหยาบของราเอนโดไฟต์สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและราก่อโรคพืช

จากการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบที่คัดเลือกในการออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืช (MIC) พบว่าสารสกัดหยาบของราเอนโดไฟต์ *L. pseudotheobromae* MoS5 ที่เลี้ยงใน YES ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *R. solanacearum* TNCC003291 และ *X. citri* BS356 ได้ด้วย MIC 2.5 mg/ml และ 5 mg/ml ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบของ *Colletotrichum* sp. MoPIV2 และ *Phomopsis* sp. MoS3/1 ที่เลี้ยงในอาหาร PDB ยับยั้งการเจริญของ *R. solanacearum* TNCC003291 และ *X. citri* BS356 ได้ด้วย MIC 10 และ 40 mg/ml ตามลำดับ แม้ว่าจะใช้ปริมาณสารมากกว่า streptomycin ก็ตาม แต่สารสกัดหยาบจากราเอนโดไฟต์ทั้งสองชนิดนี้สามารถยับยั้ง *Fusarium* sp. BS288 ได้ดีมากด้วยค่า MIC เพียง 1.25 mg/ml ซึ่งใช้สารน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ benomyl (MIC 10 mg/ml) ถึง 8 เท่า (ตารางที่ 3) ซึ่ง benomyl เป็นสารฆ่าราชนิดดูดซึมที่ใช้ในการควบคุมโรคที่เกิดจากราหลายชนิด เช่น *Curvularia lunata* และ *Fusarium oxysporum* (วิพรพรรณ์ และพิมพร, 2549)

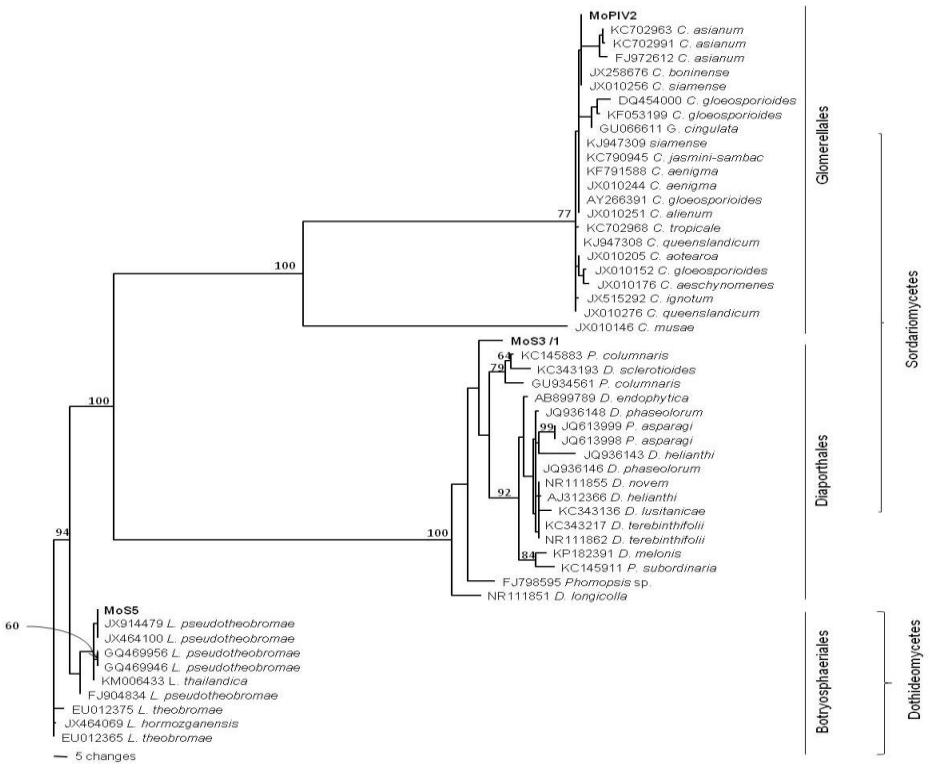

Figure 2 One of maximum parsimony tree inferred from a heuristic search of the ITS1-5.8S rDNA-ITS2 sequences alignment of 53 isolates of *Colletotrichum* sp. MoPIV2, *Lasiodiplodia pseudotheobromae* MoS5, *Phomopsis* sp. MoS3/1 and related genera. The size of the branches is indicated with a scale bar. The bootstrap values representing 1000 bootstrap replications are given (when more than 50%) above the branches

Table 3 The minimum inhibitory concentration (MIC) of the crude ethyl acetate metabolites produced by endophytic fungi

Crude extracts	MIC (mg/ml)[a]		
	Raltonia solanacearum TNCC003291	*Xanthomonas citri* BS356	*Fusarium* sp. BS288
Colletotrichum sp. MoPIV2	10	10 [b]	1.25
Lasiodiplodia pseudotheobromae MoS5	2.5	5	5
Phomopsis sp. MoS3/1	40	40	1.25
Streptomycin	0.062	0.125	nt
Benomyl	nt	nt	10

[a] MIC from 3 replicates

[b] hazy zone

nt = not test

สรุป

จากการแยกราเอนโดไฟต์จากพืชกาฝาก (กาฝากมะปราง กาฝากละมุด และกาฝากหม่อน) และพืชอาศัย (มะปราง ละมุด และหม่อน) พบราจำนวน 53 ไอโซเลท โดยแยกจากกิ่งได้จำนวน 20 ไอโซเลท ใบ 24 ไอโซเลท และดอก 9 ไอโซเลท เมื่อทดสอบการสร้างสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคพืชจำนวน 7 ชนิด พบว่าราเอนโดไฟต์สร้างสารออกฤทธิ์ในอาหารแต่ละชนิดต่างกัน ซึ่งราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหาร PDB สามารถยับยั้งการเจริญได้ทั้งแบคทีเรียและราก่อโรค สำหรับราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหาร GSB, MEB, YES และ SBB ยับยั้งการเจริญได้เฉพาะแบคทีเรียเท่านั้น และการคัดกรองโดยการเลี้ยงราเอนโดไฟต์แต่ละไอโซเลทในอาหารทั้ง 5 ชนิด พบว่าเพิ่มโอกาสของราในการสร้างสารออกฤทธิ์ชีวภาพได้ โดยราเอนโดไฟต์สามชนิด คือ *L. pseudotheobromae* MoS5 ที่เลี้ยงใน GSB และ YES สามารถยับยั้ง *R. solanacearum* TNCC003291 และ X. *citri* BS356 ได้ดีที่สุด ราเอนโดไฟต์ *Colletotrichum* sp. MoPIV2 และ *Phomopsis* sp. MoS3/1 ที่เลี้ยงในอาหาร PDB ยับยั้ง *Fusarium* sp. BS288 ได้ดีที่สุด เมื่อระบุชนิดของราเอนโดไฟต์ทั้งสามดังกล่าวด้วยลักษณะสัณฐานและการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ บริเวณ ITS1-5.8S rDNA-ITS2 พบว่าราไอโซเลท MoS3/1 และ MoS5 มีความสัมพันธ์กับ *Phomopsis* ชนิดอื่นๆ และ *L. pseudotheobromae* ตามลำดับ สำหรับราไอโซเลท MoPIV2 ซึ่งไม่สร้างสปอร์พบว่าจัดอยู่ในจีนัส *Colletotrichum* Order Glomerellales นอกจากนี้เมื่อทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของสารสกัดหยาบของราเอนโดไฟต์ทั้งสามชนิด พบว่าราเอนโดไฟต์ *Colletotrichum* sp. MoPIV2 และ *Phomopsis* sp. MoS3/1 มีค่า MIC ในการยับยั้ง *Fusarium* sp. BS288 เท่ากับ 1.25 mg/ml ซึ่งต่ำกว่า MIC ของสารฆ่าราbenomyl (10 mg/ml) ถึง 8 เท่า จึงอาจนำสารสกัดหยาบนี้มาใช้ในการควบคุมราสาเหตุโรคดังกล่าวได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. ดร. เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และกรมวิชาการเกษตร สำหรับการอนุเคราะห์ *Phytophthora botryosa* และ *Ralstonia solanacearum* TNCC003291 ตามลำดับ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และทุนมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สำหรับการสนับสนุนเงินทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กวินนาถ บัวเรือง พชร มงคลสุข และเลขา มาโนช. 2552. ความหลากหลายทางชีวภาพและสารทุติยภูมิของไลเคน ในวงศ์พาร์มีเลีย ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. (17-20 มีนาคม 2552) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 521-527.

คิดคม สเลลานนท์. 2541. ฤทธิ์ลดความดันเลือดของสารสกัดกาฝากมะม่วง (*Dendrophthoe pentandra* (L.) Miq.) ในหนูขาวความดันเลือดสูง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 130 หน้า.

บุษณีย์ เอี่ยมสีดา และประภาสินี วงษ์ชนะสิทธิ์. 2550. สัณฐานวิทยาและความสามารถของกาฝากต้นหว้าในการยับยั้งแบคทีเรียบางชนิด. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา. 64 หน้า

วิพรพรรณ์ โพธิตา และพิมพร สุยาว. 2549. การศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคขิงและการป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. (30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2549) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 497-501.

อภาพร โพธิยอด และเกวลิน คุณาศักดากุล. 2557. การชักนำให้เกิดความต้านทานโรครากเน่าไฟทอปธอราในสตรอว์เบอร์รีที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์. วารสารเกษตร 30(3): 213-222.

de Abreu, L. M., A. R. Almeida, M. Salgado and L. H. Pfenning. 2010. Fungal endophytes associated with the mistletoe *Phoradendron perrottettii* and its host tree *Tapirira guianensis*. Mycological Progress 9(4): 559-566.

Alves, A., P. W. Crous, A. Correia and A. J. L. Phillips. 2008. Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. Fungal Diversity 28(1): 1-13.

Bacon, C. W. and J. F. White. 2000. Microbial Endophytes. Marcel Dekker, New York. 88 p.

Begoude, B. D., B. Slippers, M. J. Wingfield and J. Roux. 2010. Botryosphaeriaceae associated with *Terminalia catappa* in Cameroon, South Africa and Madagascar. Mycological Progress 9(1): 101-123.

Begoude, B. D., B. Slippers, M. J. Wingfield and J. Roux. 2011. The pathogenic potential of endophytic Botryosphaeriaceous fungi on *Terminalia* species in Cameroon. Forest Pathology 41: 281-292.

Bussaban, B., S. Lumyong, P. Lumyong, E. H. C. McKenzie and K. D. Hyde. 2001. Endophytic fungi from *Amomum siamense*. Canadian Journal of Microbiology 47(10): 943-948.

Bussaban, B., S. Lumyong, P. Lumyong, T. Seelanan, D. C. Park, E. H. C. McKenzie and K. D. Hyde. 2005. Molecular and morphological characterization of *Pyricularia* and allied genera. Mycologia 97(5): 1002-1011.

Calvo, A. M., R. A. Wilson, J. W. Bok and N. P. Keller. 2002. Relationship between secondary metabolism and fungal development. Microbiology and Molecular Biology Reviews 66(3): 447-459.

Chantarasomboon, P., K. Yoshihira, W. K. Natoris, U. Goto and M. Kugo. 1974. Thai medicinal plants. VII. Chemical and pharmacological studies on the constituents of *Loranthus pentandrus*. Shoyakuguku Zasshi 28: 7-14.

Crawford, K. M., J. M. Land and J. A. Rudger. 2010. Fungal endophytes of native grasses decrease insect herbivore preference and performance. Oecologia 164(2): 431-444.

Devehat, F. L., S. Tomasi, D. Fontanel and J. Boustie. 2002. Flavonols from *Scurrula ferruginea* Danser (*Loranthaceae*). Zeitschrift fur Naturforschung 57: 1092-1095.

Druzhinina, I. S., V. Seidi-Seiboth, A. Herrera-Estrella, B. A. Horwitz, C. M. Kenerley, E. Monte, P. K. Mukherjee, S. Zeilinger, I. V. Grigoriev and C. P. Kubicek 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Reviews Microbiol 9(10): 749-759.

Duraipandiyan, V. and S. Ignacimuthu. 2007. Antibacterial and antifungal activity of *Cassia fistula* L.: An ethnomedicinal plant. Journal of Ethnopharmacology 112(3): 590-594.

García Parisi, P. A., A. A. Grimoldi and M. Omacini. 2014. Endophytic fungi of grasses protect other plants from aphid herbivory. Fungal Ecology 9: 61-64.

Gerke, J. and G. H. Braus. 2014. Manipulation of fungal development as source of novel secondary metabolites for biotechnology. Applied Microbiology and Biotechnology 98(20): 8443-8455.

Griffin, D. H. 1994. Fungal Physiology, 2nd edition. Wiley, New York. 80 p.

Koneman, E. W., S. D. A. Stephens, Jr. V. R. Dowell and H. M. Sommer 1983. Gram positive cocci. *Enterococcus*-selective mediums. pp. 750-782. In Color Atlasand Textbook of Diagnostic Micobiology, 2nd ed. J.B. Lippincott, Washington, DC.

Li, L., B. Qiao and Y. Yuan. 2007. Nitrogen sources affect Streptolydigin production and related secondary metabolites distribution of *Streptomyces lydicus* AS4. 2501. Chinese Journal of Engineering 15(3): 403-410.

Phruekphakphom, A. and S. Muunsaan. 1979. Phyochemical Study of *Dendrophthoe pentandra* Miq. Undergraduate Special Project Report, Mahidol University 54 p.

Powthong, P., B. Jantrapanukorn, A. Thongmee and P. Suntornthiticharoen. 2012. Evaluation of endophytic fungi extract for their antimicrobial activity from *Sesbania grandiflora* (L.) Pers. International Journal of Pharmaceutical and Biomedical Research 3(2): 132-136.

Prihastuti, H., L. Cai, H. Chen, E. H. C. McKenzie and K. D. Hyde. 2009. Characterization of *Colletotrichum* species associated with coffee berries in northern Thailand. Fungal Diversity 39: 89-109.

Rogers, J. K., B. C. Morton and J. Mosali. 2011. Plant and endophyte effect on fiber, N and P concentrations in tall fescue. International Journal of Agronomy 1: 1-7.

Slippers, B. and M. J. Wingfield. 2007. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. Fungal Biology Reviews 21(2): 90-106.

Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Commonwealth Mycological Institute, Kew. 696 p.

Suwannarach, N., B. Bussaban, K. D. Hyde and S. Lumyong. 2010. *Muscodor cinnamomi*, a new endophytic species from *Cinnamomum bejolghota*. Mycotaxon 114(1): 15-23.

Swofford, D. L. 2002. PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and other methods). Sinauer Associates, Sunderland Massachusetts. 65 p.

Tanakulpakorn, J., A. Pilantanapak and R. Srivibool. 2012. Antifungal activity of endophytic fungi TH121 Isolated from *Thespesia populnea* against *Alternaria brassicicola*. Thai Journal of Science and Technology 1: 32-41.

Tao, G., Z. Y. Liu, K. D. Hyde, X. Z. Lui and Z. N. Yu. 2008. Whole rDNA analysis reveals novel and endophytic fungi in *Bletilla ochracea* (*Orchidaceae*). Fungal Diversity 33: 101-122.

Ting, A. S. Y., S. Meon, J. Kadir, S. Radu and G. Singh. 2008. Endophytic microorganisms as potential growth promoters of banana. BioControl 53: 541-553.

Weir, B., P. R. Johnston and U. Damm. 2012. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. Studies in Mycology 73: 115-180.

Wilson, D. 2000. Ecology of woody plant endophytes. pp. 389-420. *In*: Bacon, C. W. and White, J. F. (eds.), Microbial Endophytes. Marcel Dekker, New York.

Xie, L., J. Z. Zhang, Y. Wan and D. W. Hu. 2010. Identification of *Colletotrichum* spp. isolated from strawberry in Zhejiang province and Shanghai city, China. Journal of Zhejiang University Science B (Biomedicine & Biotechnology) 11(1): 61-70.

ชนิดและสีของครั่ง (Hemiptera: Kerriidae) จากพืชอาศัยชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

Species and Color of Lac Insect (Hemiptera: Kerriidae) from Different Host Plant Species in Northern Thailand

สิริกานต์ สวัสดิ์สลุง[1/] พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ[2/] ณัฐดนัย ลิขิตตระการ[3/]
เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[1/] และปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์[1/*]
Sirikan Sawadsalung[1/], Pisit Poolprasert[2/], Natdanai Likhitrakarn[3/],
Yaowaluk Changbang[1/] and Piyawan Suttiprapan[1/*]

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[1/]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
[2/]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000
[2/]Biology, Faculty of Science and Tecnology, Pibulsongkram Rajabhut University, Phitsanulok 65000, Thailand
[3/]สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[3/]Division of Plant Protection, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand
**Corresponding author: Email: piyawan.s@gmail.com*

(Received: 13 November 2015; Accepted: 16 January 2016)

Abstract: The study of species and colors of lac insects from different host plant species was conducted in Chiang Mai, Lampang and Phayao provinces. The survey on the host plant species of lac insects found 5 families 6 species, composed of *Samanea saman* (Leguminosae), *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae), *Dimocarpus longan* (Sapindaceae), *Litchi chinensis* (Sapindaceae), *Albizia lucidior* (Fabaceae) and *Croton oblongifolius* (Euphorbiaceae). A rain tree (*S. saman*) was common host plant. The species identification of lac insects by using many morphological characters of female 2nd instar nymph of lac insect found that collected lac insects from difference host plants were *Kerria lacca* (Hemiptera: Kerriidae). Colors variation of lac was studied by dissolved lac resin in alcohol and used colorimeter to measure its color, the result revealed that lac from longan tree showed light yellowish color with lowest a* (red color) 2.09 ±0.31 however, lac resin from jujube and rain tree show dark red color with highest a* (red color) 3.28 ±0.49 and 3.07 ±0.46, respectively.

Keywords: Lac, *Kerria lacca*, color variation, host plants

บทคัดย่อ: การศึกษาชนิดและสีของครั่งจากพืชอาศัยต่าง ๆ ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง และพะเยา ผลการสำรวจพืชอาศัยที่ใช้ปล่อยเลี้ยงครั่งมีทั้งหมด 5 วงศ์ 6 ชนิด คือ จามจุรี หรือฉำฉา *Samanea saman* (Leguminosae), พุทรา *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae), ลำไย *Dimocarpus longan* (Sapindaceae), ลิ้นจี่ *Litchi chinensis* (Sapindaceae), ปันแถ *Albizia lucidior* (Fabaceae) และเปล้าใหญ่ *Croton oblongifolius* (Euphorbiaceae) โดยนิยมปล่อยบนต้นจามจุรี หรือฉำฉา ในการวิเคราะห์ชนิดโดยทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอ่อนแมลงครั่งเพศเมีย วัยที่ 2 พบว่า ครั่งที่เก็บได้จากพืชอาศัยต่าง ๆ เป็นครั่งชนิด *Kerria lacca* (Hemiptera: Kerriidae) นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาวัดความเข้มของสีครั่งโดยใช้ครั่งละลายในแอลกอฮอล์แล้ววัดน้ำสีของครั่งด้วยเครื่อง colorimeter พบว่า ครั่งที่เก็บจากต้นลำไยให้สีอ่อนที่สุดเป็นสีค่อนข้างเหลืองโดยให้ค่า a* (สีแดง) น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.09 ±0.31 ส่วนครั่งจากพุทราและฉำฉาหรือจามจุรีมีสีแดงเข้ม โดยให้ค่า a* มากที่สุด คือ 3.28 ±0.49 และ 3.07 ±0.46 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ครั่ง *Kerria lacca* น้ำสีครั่ง พืชอาศัยของครั่ง

คำนำ

ครั่ง คือ ยางหรือเรซิ่น (resin) ที่แมลงครั่งผลิตขึ้นเพื่อห่อหุ้มตัว และสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ (อุดมและคณะ, 2535) หลักฐานที่พบในหนังสือของอินเดียสมัยเทวะ กล่าวถึงครั่งว่าเป็นที่รู้จักกันดีในประเทศอินเดียมาหลายพันปีก่อนมาแล้ว มนุษย์รู้จักสีของครั่งโดยนำเอาครั่งดิบไปแช่น้ำแล้วปล่อยให้สีแดงของครั่งละลายน้ำ ใช้เป็นสมุนไพรสำหรับรักษาโรคและใช้เป็นสีย้อมไหมและหนังสัตว์ (อาทร, 2506) ครั่งจัดเป็นแมลงเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยง โดยผู้เลี้ยงจะทำการถากยางแข็งที่หุ้มกิ่งไม้ออกมาซึ่งเรียกว่าครั่งดิบ แล้วขายให้กับโรงงานเพื่อนำไปแปรรูป ประโยชน์ที่สำคัญของครั่งคือ ใช้ทำแชลแลค (shellac) ทาไม้ให้ขึ้นเงางาม เคลือบผลไม้ ใช้ทำสีสำหรับย้อมผ้าไหม หรือย้อมผ้าฟอกสีได้ ครั่งยังสามารถใช้เคลือบผ้าพันสายไฟ หรือเคลือบเม็ดยาให้เป็นมัน รวมทั้งทำสีผสมอาหาร (กรมป่าไม้, 2556) ประเทศไทยสามารถผลิตและส่งออกครั่งมากที่สุดเป็นอันดับสองรองจากประเทศอินเดีย โดยมีปริมาณการส่งออกครั่งในปี 2556 มากกว่า 1.8 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าการส่งออกถึง 761 ล้านบาท (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2556)

ครั่งจัดอยู่ในอันดับ Hemiptera กลุ่มวงศ์ Coccoidea (Cockerell, 1924) เป็นแมลงในกลุ่มวงศ์เดียวกับเพลี้ยหอยสีเขียว และเพลี้ยหอยสีน้ำตาล (ปิยะวรรณ และเยาวลักษณ์, 2557; เผ่าไท และปิยะวรรณ, 2558) ชนิดของครั่งในวงศ์ Kerriidae มีรายงานแล้วประมาณ 90 ชนิด (Ben-Dov, 2006) ประเทศอินเดียมีรายงานชนิดของครั่ง 20 ชนิด ได้แก่ *Kerria lacca, K. chinensis*, *K. fici* (Department of Entomology, 2013) *K. manipurensis*, *K. maduraiensis*, *K. thrissurensis* (Ahmad *et al*., 2013a) *K. pennyiae*, *K. dubey* และ *K. varshneyi* (Ahmad *et al*., 2013b) ในประเทศจีนพบครั่ง 4 ชนิด คือ *K. chinensis, K. lacca*, *K. yunnanensis* และ *K. ruralis* (Chen *et al.,* 2011) สำหรับประเทศไทยมีรายงานพบครั่ง 4 ชนิด คือ *K. lacca, K. chinensis* , *K. greeni* และ *K. siamensis* (Taiwan Agricultural Research Institute, 2014) แต่ทั้งนี้ Bon-Dov (2006) ได้รายงานว่า ครั่งชนิด *K. siamensis* เป็นครั่งชนิดเดียวกับ *K. chinensis* โดยเป็นชื่อซ้ำซ้อน (synonym) อย่างไรก็ตาม Cardon (2007) รายงานว่า ครั่งที่เก็บจากต้นลำไยในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยไม่สามารถระบุชนิดได้ โดยทราบเพียงชื่อสกุลคือ *Kerria* sp.

เนื่องจากมีรายงานว่าครั่งชนิด *K. pennyiae* มีพืชอาศัยต้นตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) เป็นครั่งที่ให้สีเหลืองอ่อน ซึ่งเป็นครั่งที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมครั่ง นอกจากนี้ครั่งชนิด *K. manipurensis* มีพืชอาศัยต้นชบา (*Malvaviscus penduliflorus*) และ *K. maduraiensis* ที่มีพืชอาศัยต้นจามจุรีหรือฉำฉา (*Albizia saman*) เมื่อมองด้วยตาเปล่าพบว่าตัวของแมลงครั่งมีสีน้ำตาลไม่เป็นสีแดงเข้ม แต่เมื่อ

นำมาบดและละลายน้ำกลับได้น้ำสีครั่งที่เป็นสีแดงเข้ม (Ahmad *et al*., 2013b) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาชนิดของครั่งบนพืชอาศัยในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย และเพื่อเปรียบเทียบความเข้มของสีครั่งที่ได้จากพืชอาศัยที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมครั่งบนพืชอาศัยที่แตกต่างกันในพื้นที่ภาคเหนือ

ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างครั่งในพืชอาศัยต่าง ๆ จากแหล่งปล่อยเลี้ยงครั่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง และพะเยา ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง พร้อมทั้งบันทึกสถานที่ พิกัดทางภูมิศาสตร์ วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง ชนิดของพืช จากนั้นนำตัวอย่างครั่งที่เก็บรวบรวมได้มาตรวจดูลักษณะของรังครั่ง ถ่ายภาพ และบันทึกรายละเอียด เช่น ขนาดรังครั่ง สีรังครั่ง จากนั้นแกะครั่งออกจากรัง แช่ด้วยแอลกอฮอล์ 75% เพื่อรักษาตัวอย่าง

การวิเคราะห์ชนิดของครั่ง

นำตัวอย่างครั่งเพศเมีย วัยที่ 2 มาทำสไลด์กึ่งถาวร เนื่องจากครั่งวัยนี้สามารถเห็นโครงสร้างและอวัยวะได้ชัดเจน ทำการเตรียมตัวอย่างครั่งก่อนนำไปวิเคราะห์ชนิดโดยดัดแปลงวิธีการของ Varshney (1976) มีขั้นตอนดังนี้ คือ ทำการแช่ตัวแมลงครั่งด้วยสาร potassium hydroxide (KOH) 10% นาน 24 ชั่วโมง เพื่อทำให้แมลงใสและสะดวกต่อการมองเห็นโครงสร้างต่าง ๆ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ล้างด้วยแอลกอฮอล์ 75% และนำตัวอย่างแมลงครั่งวางบนแผ่นสไลด์ หยดด้วยน้ำยาฮอยเออร์บนตัวอย่างแมลง จัดรูปร่างให้สวยงามและให้มองเห็นอวัยวะต่าง ๆ ชัดเจนไม่ทับซ้อนกัน ปิดทับด้วยแผ่นแก้วปิดสไลด์ นำตัวอย่างสไลด์กึ่งถาวรที่ได้ตรวจและจำแนกชนิดแมลงครั่งภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด Compound microscope ตรวจดูลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่ ลำตัว (body) ขา (brachial) ปุ่มทวาร (anal tubercle) หนามที่สันหลัง (dorsal spine) หนวด (antennae) ช่องหายใจด้านท้าย และกลุ่มท่อ (marginal duct clusters) โดยใช้เอกสารทางวิชาการของ Kondo and Gullan (2005), Gullan and Kondo (2008), Ahmad *et al*. (2013a, b) และ Sharma *et al*. (2008)

การวิเคราะห์ความเข้มของสีครั่ง

การวิเคราะห์ความเข้มของสีครั่งจากพืชอาศัยชนิดต่าง ๆ โดยนำครั่งที่ได้จากพืชอาศัยแต่ละชนิดกะเทาะออกจากไม้และทุบให้ละเอียด ล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ (ศิริรัตน์ และชูชาติ, 2558) จากนั้นนำครั่งละเอียดที่ได้จากพืชอาศัยแต่ละชนิดชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลโดยให้น้ำหนักเท่ากัน นำตัวอย่างครั่งแต่ละพืชอาศัยแยกแช่ในภาชนะแก้วหรือบีกเกอร์ที่บรรจุแอลกอฮอล์ 75% ในอัตราส่วนครั่งต่อแอลกอฮอล์ 1:6 นาน 12 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกสิ่งสกปรกและส่วนที่ไม่ละลายออก นำน้ำสีที่ได้มาเปรียบเทียบวัดสีด้วยเครื่อง Colorimeter ของ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE เพื่อดูค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)

ผลและวิจารณ์

ชนิดของครั่งและพืชอาศัย

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างครั่งบนพืชอาศัยในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2557 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2557 ในพื้นที่ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร ตำบลนาปราบ อำเภอสบปราบ ตำบลแจ้ห่ม อำเภอแจ้ห่ม ตำบลบ้านแลง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พื้นที่ตำบลสันป่ายาง อำเภอแม่แตง ศูนย์วิจัยการเกษตรขุนช่างเคี่ยน ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง และในศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านแมลงเศรษฐกิจ ตำบลหนองควาย อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าสภาพพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต้นไม้พืชอาศัย และปล่อยครั่งมักเป็นพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำ เช่น ริมฝั่งแม่น้ำ หรือบริเวณทุ่งนา สวนผลไม้ สำหรับพืชอาศัยที่สำรวจพบจำแนกได้เป็น 5 วงศ์ 6 ชนิด (ตารางที่ 1) โดยพืชที่นิยมปล่อยเลี้ยงครั่ง คือ จามจุรี หรือฉำฉา เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายและโตไว

Table 1 Host plants of *Kerria lacca* in Chiang Mai, Lampang and Phayao provinces

Host plant family	Common name	Scientific name
Leguminosae	Rain tree	*Samanea saman*
Rhamnaceae	Jujube	*Ziziphus mauritiana*
Sapindaceae	Longan	*Dimocarpus longan*
Sapindaceae	Lychee	*Litchi chinensis*
Fabaceae	Potka Siris (India)	*Albizia lucidior*
Euphorbiaceae	-	*Croton oblongifolius*

การจำแนกชนิดของแมลงครั่ง

ผลการจำแนกชนิดของครั่งจากลักษณะทางอนุกรมวิธานของตัวอ่อนแมลงครั่งเพศเมีย วัยที่ 2 พร้อมทั้งวัดขนาดของอวัยวะที่กำลังขยาย 40 เท่า โดยพิจารณาลักษณะของอวัยวะต่าง ๆ ที่สำคัญ ที่ใช้ในการจำแนกชนิดของครั่ง ดังนี้ 1) รูปร่าง (body) มีลำตัวกลมรี สีแดงเข้ม ยาวประมาณ 0.91-1.45 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 0.83-1.30 มิลลิเมตร 2) ขา (brachial) มีลักษณะเรียวยาว มีแผ่นแข็ง (plates) รูปร่างกลมและมีหลุม (dimples) จำนวน 10-12 หลุม ภายในแผ่นแข็ง ยาวประมาณ 390-741 ไมโครเมตร กว้างประมาณ 260-416 ไมโครเมตร 3) ช่องหายใจด้านหน้า (anterior spiracles) มักอยู่รวมกับส่วนขา (brachial) ยาวประมาณ 260-481 ไมโครเมตร กว้างประมาณ 117-260 ไมโครเมตร 4) ช่องหายใจด้านท้าย (posterior spiracles) มีขนาดเล็กกว่าช่องหายใจด้านหน้า และมีรู (spiracular pores) ล้อมรอบ จำนวน 45-70 รู ยาวประมาณ 91-104 ไมโครเมตร 5) ทวาร (anal tubercle) ประกอบด้วย pre anal plate ยาวประมาณ 247-520 ไมโครเมตร กว้างประมาณ 364-572 ไมโครเมตร supra anal plate ยาวประมาณ 312-520 ไมโครเมตร กว้างประมาณ 265-442 ไมโครเมตร และตุ่มบริเวณรอบทวาร (perivaginal pore clusters) จำนวน 18-50 ตุ่ม 6) เส้นขนข้างทวาร (anal fringe) เส้นขนที่อยู่ข้าง ๆ ทวาร มีลักษณะสั้นและแหลมคม ยาวประมาณ 52-78 ไมโครเมตร 7) หนามที่สันหลัง (dorsal spine) พบอยู่ด้านบนของผนังลำตัว ยาวประมาณ 299-442 ไมโครเมตร กว้างประมาณ 91-109 ไมโครเมตร ท่อเซลล์ประสาทของหนามที่สันหลังมีลักษณะแตกแขนง (dendritic spine) และ ก้านหรือบริเวณฐานของหนามที่สันหลัง (pedicle) มีลักษณะยาว 8) หนวด (antennae) เห็นปล้องได้ชัดเจน มีเส้นขนยาว จำนวน 3 เส้น เส้นขนสั้น จำนวน 2 เส้น และปลายเส้นขนทู่ ยาวประมาณ 31-39 ไมโครเมตร 9) ปาก (mouth parts) ประกอบด้วย clypeolabra shield ยาวประมาณ 104-247 ไมโครเมตร กว้างประมาณ 78-117 ไมโครเมตร post oral lobe ยาวประมาณ 91-130 ไมโครเมตร และ labium จำนวน 2 แผ่น 10) กลุ่มท่อรอบลำตัว (marginal duct clusters) ท่อขนาดเล็กรูปทรงกระบอก เรียงตัวไม่เป็นระเบียบอยู่รอบ ๆ ลำตัว จำนวน 25-30 ท่อ (ducts) 11) กลุ่มท่อบริเวณท้อง (ventral duct clusters) มักกระจายอยู่บริเวณส่วนท้องใกล้กับส่วนปาก (mouth parts) แต่อยู่หลังช่องหายใจด้านท้าย (posterior spiracles) (ภาพที่ 2)

จากตัวอย่างแมลงครั่งที่ทำการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ทางสัณฐานวิทยาและศึกษาเปรียบเทียบกับลักษณะโครงสร้างต่าง ๆ ของแมลงครั่งจากรายงานของ Kondo and Gullan (2005), Gullan and Kondo (2008) (ภาพที่ 1), Ahmad *et al*. (2013a, b) และ Sharma *et al*. (2008) พบว่า ตัวอย่างแมลงครั่งที่เก็บได้เป็นครั่งชนิด *Kerria lacca* Kerr. (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Taiwan Agricultural Research Institute (2014) ที่ได้รายงานว่าแมลงครั่งที่พบในประเทศไทยคือชนิด *K. lacca* เช่นกัน

ความเข้มของน้ำสีครั่ง

จากการวิเคราะห์ความเข้มของน้ำสีครั่งด้วยเครื่อง Colorimeter ของ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ซึ่งค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง ค่า a* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง (ปิติ, 2558) พบว่าไม่แตกต่างกัน

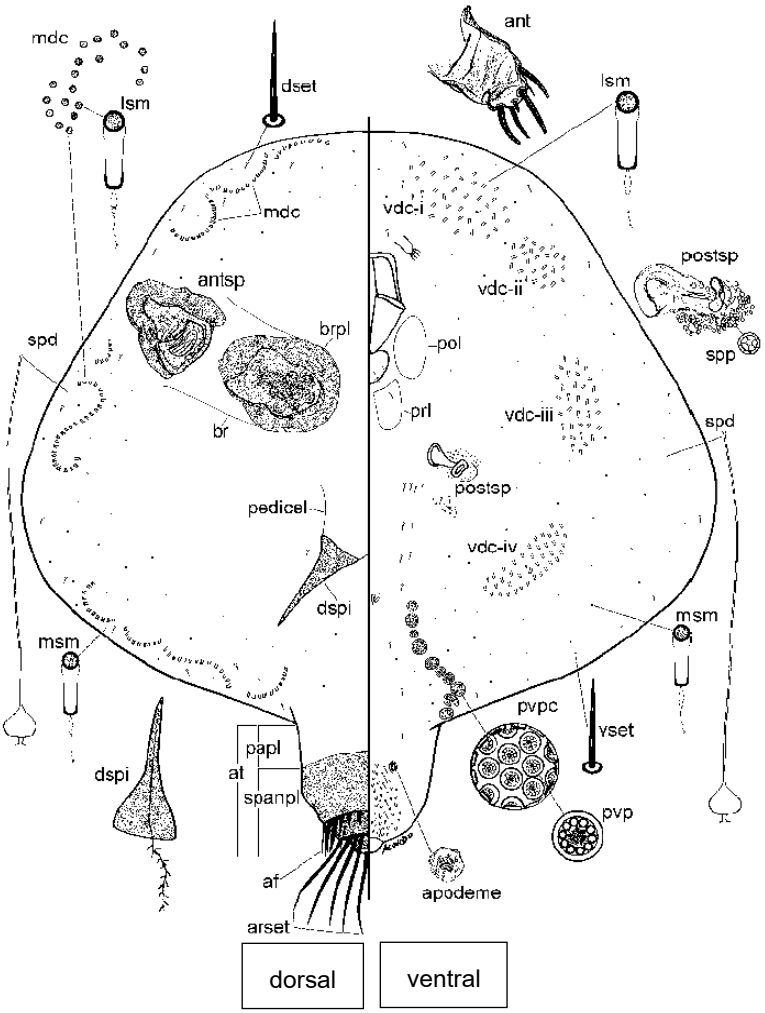

Figure 1 *Kerria lacca* Kerr. (Gullan and Kondo, 2008)

อย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าครั่งที่เก็บจากต้นลำไยให้สีอ่อนที่สุด เป็นสีค่อนข้างเหลือง (ภาพที่ 3) โดยมีค่า a* (สีแดง) เท่ากับ 2.09 ±0.31 ส่วนครั่งจากพุทรา และจามจุรีหรือฉำฉาให้สีเข้มที่สุด เป็นสีแดงเข้ม โดยมีค่า a* (สีแดง) เท่ากับ 3.28 ±0.49 และ 3.07 ±0.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่ง Ahmad *et al*. (2013b) ได้รายงานว่า ครั่งที่มีพืชอาศัยต้นฉำฉาจะให้น้ำสีครั่งเป็นสีแดงเข้ม

นอกจากนี้เกษตรกรทั่วไปในจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย เช่น ลำปาง นิยมปล่อยครั่งบนต้นจามจุรี เนื่องจากต้นจามจุรีมีอยู่ทั่วไป ปลูกง่ายโตไว และให้ผลผลิตครั่งมาก เนื้อรังใหญ่ ในปัจจุบันนี้การรับซื้อครั่งให้ความสำคัญกับการคัดแยกสีของครั่งหรือแยกชนิดครั่งตามพืชอาศัยน้อย แต่ภาคเอกชนหรือผู้ประกอบการมีความต้องการครั่งที่ให้น้ำสีอ่อน จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในหลายด้านทั้งเรื่องการผลิตและความคุ้มทุน

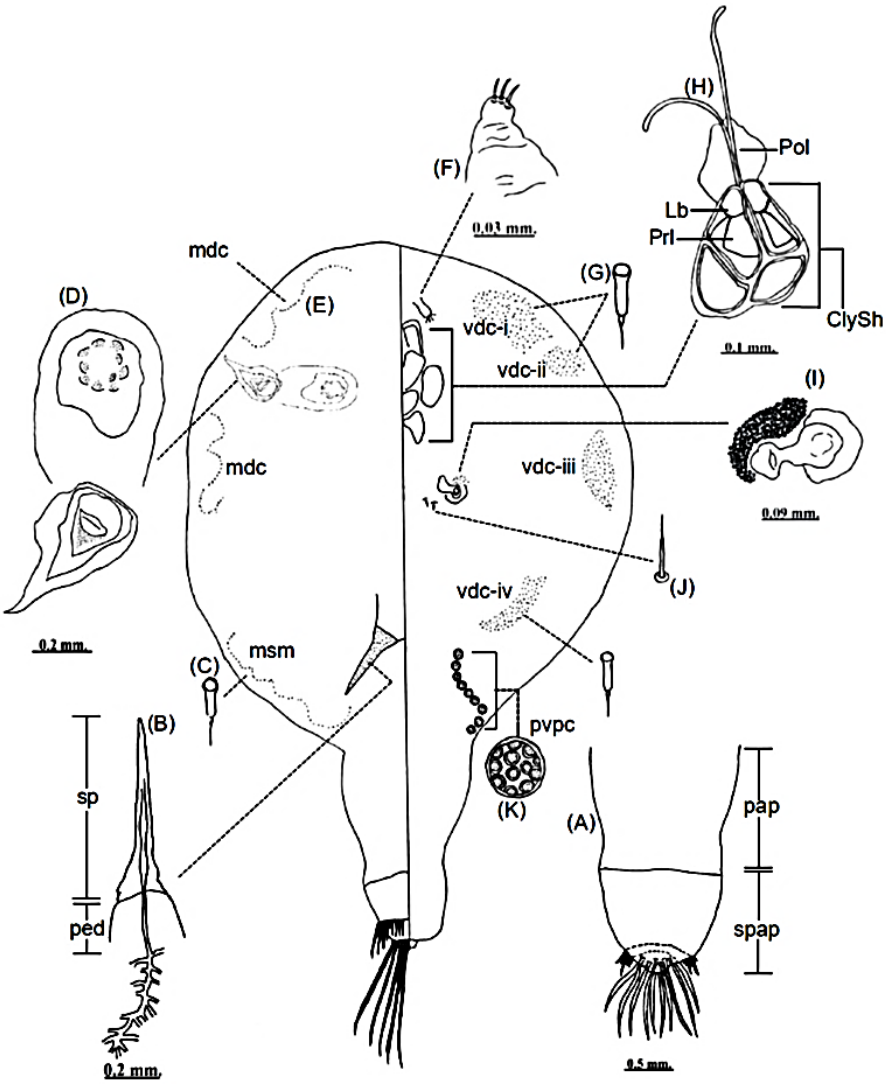

Figure 2 Collected specimens; anal tubercle, pre-anal plate (pap), supra-anal plate (spap) (A), dorsal spine, spine (sp), pedicel (ped) (B), microduct clusters, medium sized (msm) (C), brachia with anterior spiracle (D), marginal duct clusters (mdc) (E), antennae (F), ventral duct clusters (vdc) (G), mouthparts, Clypeolabral shield (ClySh), Labium (Lb), Pre oral lobe (Prl), Post oral lobe (Pol) (H), posterior spiracle (I), ventral seta (J), perivaginal pore clusters (pvpc) (K)

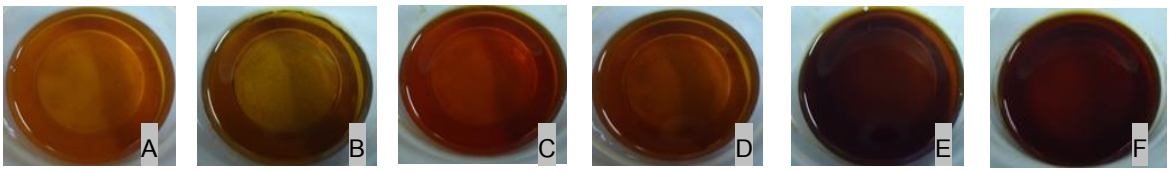

Figure 3 Color variation of lac resin from difference host plants in northern Thailand collect in March 2014-November 2014 *Ziziphus mauritiana* (A), *Croton oblongifolius* (B), *Dimocarpus longan* (C), *Litchi chinensis* (D), *Albizia lucidior* (E) and *Samanea saman* (F)

Table 2 Color value of lac dye (L* a* and b*) from difference host plants in northern Thailand

Host plants	Mean ± SE		
	Lightness (L*)	Red (a*)	Yellow (b*)
Samanea saman: Sop Prap district, Lampang province.	3.26 ±0.49	3.07[ab] ±0.46	1.96 ±0.29
Samanea saman: Chae Hom district, Lampang province.	2.90 ±0.43	2.54[bc] ±0.38	1.37 ±0.20
Samanea saman: Hang Chat district, Lampang province.	4.97 ±0.74	2.25[c] ±0.34	1.56 ±0.23
Ziziphus mauritiana: Meuang district, Chiang Mai province.	3.42 ±0.51	3.28[a] ±0.49	1.75 ±0.26
Dimocarpus longan: Meuang district, Lampang province.	1.72 ±0.26	2.09[c] ±0.31	1.74 ±0.26
Litchi chinensis: Meuang district, Chiang Mai province.	2.13 ±0.32	2.58[bc] ±0.38	1.40 ±0.21
Litchi chinensis: Mae Taeng district, Chiang Mai province.	2.92 ±0.43	2.24[c] ±0.33	1.38 ±0.21
Albizia lucidior: Sop Prap district, Lampang province.	2.65 ±0.40	2.70[abc] ±0.40	1.75 ±0.26
Corton oblongifolius: Sop Prap district, Lampang province.	2.64 ±0.39	2.17[c] ±0.32	1.93 ±0.29
	CV = 53.48	CV = 21.33	CV = 38.00
	P = 0.1344	P = 0.0137	P = 0.7132

สรุป

ครั่งที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ต่าง ๆ และพืชอาศัยที่ต่างกัน เมื่อนำมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและจำแนกชนิดของแมลงครั่ง โดยใช้แมลงครั่งเพศเมีย วัยที่ 2 พบว่าเป็นแมลงครั่งชนิด *Kerria lacca* รวมทั้งได้ทำการศึกษาสีครั่งโดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Colorimeter ซึ่งแสดงค่าสีในระบบ CIE L* (ความสว่าง) a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) พบว่า ครั่งที่เก็บจากต้นลำไยให้สีอ่อนที่สุดเป็นสีค่อนข้างเหลือง ส่วนครั่งจากต้นพุทรา และจามจุรีหรือฉำฉา ให้สีเข้มที่สุดเป็นสีแดงเข้ม จึงควรส่งเสริมให้เกษตรกรปล่อยเลี้ยงในพืชอาศัยที่ให้สีอ่อน เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดอุตสาหกรรมครั่ง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติเครือข่ายภาคเหนือ และขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้จังหวัดสุโขทัย ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านแมลงเศรษฐกิจ จังหวัดเชียงใหม่ คุณธนพงศ์ สำเภาลอย และคุณธราทิพย์ ปาวะระ

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2556. รายงานประจำปีงบประมาณ 2556 พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่จางฝั่งซ้าย จังหวัดลำปาง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://fbd.forest.go.th/th/?p=4691 (6 กุมภาพันธ์ 2557).

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2556. ปริมาณการส่งออกครั่ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dnp.go.th/statistics/2556/ stat2556.asp (20 มีนาคม 2558).

ปิติ รังสีธนานนท์. 2558. ค่าไตรสติมูลัส XYZ และปริภูมิสี Yxy และ L*C*h*. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://alwayyours.blogspot.com/2013/07/xyz-yxy-lch.html (10 เมษายน 2558).

ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2557. การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและแมลงศัตรูธรรมชาติในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. วารสารเกษตร 30(3): 233-242.

เผ่าไท ถายะพิงค์ และ ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์. 2558. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาความหลากชนิดและการแพร่กระจาย

ของแมลงศัตรูกาแฟอราบิกาในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. วารสารเกษตร 31(2): 203-213.

ศิริรัตน์ ปากประโคน และ ชูชาติ สันธทรัพย์. 2558. การใช้ของเสียจากการผลิตครั่งเม็ดเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 1. ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและระยะเวลาการเก็บต่อคุณสมบัติปุ๋ยอินทรีย์ครั่ง. วารสารเกษตร 31(1): 31-38.

อาทร ตัณฑวุฒโฒ. 2506. การเพาะเลี้ยงครั่ง. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 230 หน้า.

อุดม จิรเศวตกุล สุทธิชัย สุทธิวรารักษ์ วนิดา สุบรรณเสนี และ ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2535. การเพาะเลี้ยงครั่ง. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.

Ahmad, A., K. K. Sharma, V. V. Ramamurthy and R. Ramani. 2013a. Three new species of *Kerria* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Tachardiidae), a redesciption of *K. yunnanensis* Ou & Hong, and a revised key to species of *Kerria*. Zootaxa 3620(4): 518-532.

Ahmad, A., V. V. Ramamurthy, K. K. Sharma, A. Mohanasundaram, A. S. Vidyarthi and R. Ramani. 2013b. Three new species of *Kerria* (Hemiptera: Coccoidea: Tachardiidae) from India. Zootaxa 3734(4): 442-452.

Bon-Dov, Y. 2006. A Systematic Catalogue of Eight Scale Insect Families (Hemiptera: Coccoidea) of the word: Aclerdidae, Asterolecaniidae, Beesoniidae, Carayonemidae, Conchaspididae, Dactylopiidae, Kerriidae and Lecanodidae. Elsevier, Amsterdam.

Cardon, D. 2007. Natural Dyes Sources, Tradition, Technology and Science. Archetyoe Publications Ltd., London, UK.

Chen, X., H. Chen, Y. Feng, R. He and Z. Yang. 2011. Status of two species of lac insects in the genus *Kerria* from China based on morphological, cellular, and molecularevidence. Journal of Insect Science 2: 1-14.

Cockerell, T. D. A. 1924. The name of the lac insects. (Online). Available: http://www.hindawi.com/journals/psyche/1924/046839/abs/ (October 25, 2013).

Department of Entomology. 2013. Lac insects species in Thailand. (Online). Available: http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/chklist.exe?Family=Kerriidae&genus= (April 27, 2014).

Gullan, P. J. and T. Kondo. 2008. The morphology of lac insects (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae). pp. 63-70. *In*: M. Branco, J. C. Franco and C. J. Hodgson (eds.). Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies, Oeiras, Portugal, September 24-27, 2007, Lisbon, Portugal.

Kondo, T. and P. J. Gullan. 2005. A new lac insect from colombia, with revised keys to lac insect genera and to species of *Austrotachardiella* Chamberlin (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae) Neotropical Entomology 34(3): 395-401.

Sharma, K. K., R. Ramani and S. C. Srivastava. 2008. Descriptors for Lac Insects with Special Reference to *Kerria* spp. pp. 40.

Taiwan Agricultural Research Institute. 2014. Scientific name of *Kerria*. (Online). Available: http://digiins.tari.gov.tw/tarie/Collection0122E.php?id=scal13015080 (April 26, 2014).

Varshney, R. K. 1976. Taxonomic studies on the lac insects of India (Homoptera: Tachardiidae). Oriental Insects (Supplement) 5: 1-97.

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในเบบี้ฮ่องเต้บนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่

Efficacy of Fungal Bioinsecticides on Striped Flea Beetle Control in Baby Pak Choi in Highland of Chiang Mai Province

นาวิน สุขเลิศ[1/] จิราพร กุลสาริน[1/] ไสว บรูณพานิชพันธุ์[1/*] และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[2/]

Nawin Sukleard[1/], Jiraporn Kulsarin[1/], Sawai Buranapanichpan[1/*] and Weerathep Pongprasert[2/]

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1/]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2/] Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

**Corresponding author: Email: sawai1955@gmail.com*

(Received: 1 March 2016; Accepted: 26 April 2016)

Abstract: Efficacy of fungal bioinsecticides in controlling striped flea beetles, *Phyllotreta striolata* (Fabricius), on baby pak choi was conducted in laboratory and greenhouse conditions of Mae Tho Royal Project Development Cennter, Chiang Mai. Fungal bioinsecticides consisted of *Metarhizium anisopliae* isolate 4849, *Beauveria bassiana* isolate 5335, commercial *M. anisopliae* (Metazan®) and commercial *B. bassiana* (Buverin®) comparing with a chemical insecticide (acetamiprid) as positive control. The result in the laboratory revealed that Metazan®, *Metarhizium anisopliae* isolate 4849 ($1x10^8$ conidia/ml) and Buverin® showed 100 percent of mortality after 7 days of spraying on adults of striped flea beetle whereas *Beauveria bassiana* isolate 5335 ($1x10^8$ conidia/ml) gave the lowest percentage mortality (85.72%). For acetamiprid, all the beetles was completely control after 2 days of spraying. The efficacy of the fungal bioinsecticides under greenhouse condition at 22 days after transplanting showed that Metazan® were the highest efficiency in controlling striped flea beetles which the lowest number of beetles was found on the plants (0.51 beetle/plant) with no statistical significantly different ($P<0.05$) to acetamiprid (0.51 beetle/plant). In addition, all the tested bioinsecticides showed no adverse effects on growth and development of baby pak choi i.e. height, canopy width and fresh weight after harvesting.

Keywords: Bioinsecticides, striped flea beetle, baby pak choi

บทคัดย่อ: การทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย *Phyllotreta striolata* (Fabricius) ได้ดำเนินการทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ และแปลงปลูกภายใต้โรงเรือนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ จังหวัดเชียงใหม่ สารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง ประกอบด้วย เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท 4849 เชื้อรา *Beauveria bassiana* ไอโซเลท 5335 เชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) และเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) โดยศึกษาเปรียบเทียบกับสารเคมีฆ่าแมลง acetamiprid จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยการพ่นสารชีวภัณฑ์เชื้อราไปบนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลาย พบว่า หลังการพ่นสาร 7 วัน การตายของด้วงหมัดผักที่ได้รับเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร และเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือร้อยละ 100 ส่วนเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร มีการตายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือร้อยละ 85.72 ขณะที่การพ่นสารฆ่าแมลง acetamiprid ทำให้ด้วงหมัดผักแถบลายทั้งหมดตายหลังจากพ่น 2 วัน สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพสาร ชีวภัณฑ์เชื้อราในแปลงปลูกเบบี้ฮ่องเต้ภายใต้โรงเรือน ที่พืชอายุ 22 วันหลังย้ายปลูกพบว่า เชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย โดยมีค่าเฉลี่ยของแมลงที่พบเท่ากับ 0.51 ตัวต่อต้น ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) จากกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีฆ่าแมลง acetamiprid (0.50 ตัวต่อต้น) นอกจากนี้ สารชีวภัณฑ์เชื้อราไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเบบี้ฮ่องเต้ ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: สารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง ด้วงหมัดผักแถบลาย เบบี้ฮ่องเต้

คำนำ

เบบี้ฮ่องเต้ (baby pak choi) เป็นพืชผักอีกชนิดหนึ่งที่งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกบนพื้นที่สูง เช่น ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะเรียง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย เป็นต้น เป็นผักที่มีรสหวานกรอบสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2555) ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผลผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการส่งออกไปยังตลาดในกลุ่มสหภาพยุโรป สถานการณ์ตลาดโลกให้ความสำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัยในสินค้าเกษตร โดยเฉพาะความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ทั้งนี้ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีความปลอดภัยได้ตามมาตรฐานสากล ปัญหาหลักในการผลิตเบบี้ฮ่องเต้เพื่อส่งออกไปยังสหภาพยุโรป คือ การปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตร และการปนเปื้อนของแมลงในผลผลิต ส่งผลให้ผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะแมลงศัตรูพืชที่สำคัญที่ทำให้คุณภาพผลผลิตเสียหาย คือ ด้วงหมัดผักหรือด้วงหมัดผักกาด (flea beetle) ในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ ด้วงหมัดผักแถบลายและด้วงหมัดผักสีน้ำเงิน แต่มากกว่าร้อยละ 80 เป็นด้วงหมัดผักแถบลาย (สิริวัฒน์, 2526) ด้วงหมัดผักเป็นแมลงศัตรูผักที่สำคัญทางเศรษฐกิจมาก ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะ กรุงเทพฯ พิษณุโลก นครสวรรค์ และเชียงใหม่ เป็นต้น โดยพบว่าพืชอาหารหรือพืชอาศัยจะมีสารหรือกลิ่นดึงดูดแมลงให้เข้าทำลายมากกว่าพืชชนิดอื่น ๆ (Xue and Yang, 2008) การระบาดมักพบรุนแรงมากในช่วงฤดูหนาวต่อฤดูร้อน (วีรเทพ, 2545) ทำให้ผลผลิตเสียหายเป็นอย่างมาก ทั้งทางด้านคุณภาพ และปริมาณ ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวงลดลง ผลผลิตไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ และไม่สามารถส่งออกยังตลาดในกลุ่มสหภาพยุโรปได้ การควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายทำได้ยาก แม้แต่การใช้สารฆ่าแมลงก็ไม่สามารถควบคุมอย่างได้ผลดี ในปัจจุบันสารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ในการควบคุมแมลงส่วนใหญ่ถูกสหภาพยุโรปห้ามใช้ เช่น คาร์แทป (cartap) ไดโนทีฟูเรน (dinotefuran) และคาร์บาริล (carbaryl) เป็นต้น (ชวนา และคณะ, 2553) มูลนิธิโครงการหลวงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีการควบคุมแมลงดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี

มีคุณภาพ ปลอดภัย และสามารถส่งออกสหภาพยุโรปได้ การใช้สารชีวภัณฑ์ทดแทนสารเคมี เช่น เชื้อราเมตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae*) เป็นเชื้อราที่สามารถทำลายแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด (Moorhouse *et al*., 1992) มีการทดสอบการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมหนอนกระทู้ผักในแปลงดอกดาวเรือง หลังจากพ่นเชื้อรา 7 วัน ทำให้หนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 ตายร้อยละ 74 (ภัทรดนัย และคณะ, 2557) และมีการทดสอบกับเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในมะเขือม่วงพบว่าสามารถควบคุมเพลี้ยจักจั่นได้โดยตัวอ่อนตายร้อยละ 83.33 (จริยา และคณะ, 2558) นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมแมลงต่าง ๆ อีกหลายชนิด เช่น ตั๊กแตน (Entz *et al*., 2008) หนอนผีเสื้อเจาะยอดมะฮอกกานี (Balachander *et al*., 2012) ไข่ของยุงลาย (Leles *et al*., 2012) ปลวก (Nasr and Moein, 1997) ลูกน้ำยุงก้นปล่องและยุงรำคาญ (Mohanty *et al*., 2008) เพลี้ยแป้งองุ่น (Kirchmair *et al*., 2004) และเพลี้ยไฟ (Azaizeh *et al*., 2002) เป็นต้น มีการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรากับปลวก *Coptotermes curvignathus* ศัตรูต้นยางพารา พบว่าที่ระดับความเข้มข้น $5x10^7$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร สามารถควบคุมปลวกได้ นอกจากนี้สารจากเชื้อราที่มีความเข้มข้นของสปอร์เริ่มต้น $1x10^8$, $5x10^7$ และ $2.5x10^7$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ปลวกตายคิดเป็นร้อยละ 90, 89 และ 93 ตามลำดับ (เศรษฐพงศ์ และคณะ, 2553) เชื้อราที่ความเข้มข้น $6x10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร สามารถทำให้ตัวเต็มวัยยุงรำคาญตายอยู่ในช่วงร้อยละ 6.00-80.67 (อัญชลี และคณะ, 2553) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา 3 ไอโซเลทกับหนอนกระทู้ผักวัยที่ 1, 2 และ 3 โดยใช้ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 10^7, 10^8, 10^9 และ 10^{10} สปอร์/มิลลิลิตร พบว่า เชื้อรา ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น $6x10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร ทำให้หนอนกระทู้วัย 3 ตายในอัตราสูงสุดถึงร้อยละ 79.49 ภายใน 7 วัน (สุภัสสา, 2550) เชื้อราสร้างสปอร์หรือโคนิเดียที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เชื้อรามีชีวิตอยู่นานโดยสามารถพบได้ถึงร้อยละ 40-60 ในสัปดาห์ที่ 19 (Bruck and Donahue, 2007) ในสภาพธรรมชาติเชื้อรามีชีวิตอยู่ในดินนาน 1 ปี และสามารถมีชีวิตอยู่ในแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมะพร้าวเป็นเวลา 3 ปี (สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร, 2556) นอกจากนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Beauveria bassiana* ร่วมกับ *Nosema pyrausta* ใน ตัวอ่อนวัยที่ 1-5 ของหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (European corn borer) พบว่า การตายของหนอนวัยที่ 1 สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.16 ที่ความเข้มข้น $4.91x10^5$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร (Khaled *et al*., 2010) และศูนย์บริหารศัตรูพืชจังหวัดนครราชสีมา (2556) ได้รายงานถึงเชื้อราบิวเวอเรีย (*B. bassiana*) ว่ามีการผลิตสปอร์ที่ต้านทานต่อลักษณะที่รุนแรงของสภาพแวดล้อมได้ เมื่อสภาพแวดล้อม ความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสมจะมีการงอกของสปอร์ เมื่อเชื้อราเข้าไปอยู่ในร่างกายของแมลงแล้วจะผลิตสารพิษที่จะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายอ่อนแอลง และเมื่อแมลงตายลงจะมีการผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ชื่อ oosporein ที่จะไปสนับสนุนให้ เชื้อรานี้แข่งขันจนชนะแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ของแมลง จนในที่สุดภายในลำตัวแมลงทั้งหมดจะเต็มไปด้วยเส้นใยของเชื้อรา และเมื่อสภาวะเหมาะสมหรือความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 92 เชื้อราจะสร้างเส้นใยแทงทะลุร่างกายแมลงออกมาภายนอก ทำให้แมลงตายในที่สุด (ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ, 2555) เมื่อแมลงตายจะมีลักษณะแห้งแข็งคล้ายมัมมี่ มีผงสีขาวปกคลุมลำตัวหรือเรียกว่า white muscardine (Tanada and Kaya, 1993)

ดังนั้น เชื้อราเมตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae*) และเชื้อราบิวเวอเรีย (*Beauveria bassiana*) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการควบคุมด้วงหมักผักแถบลายเพื่อควบคุมการแพร่ระบาดและการทำลายพืช ภายใต้มาตรฐานความปลอดภัยในระดับสากล และเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ง่าย รวมถึงเป็นวิธีที่ลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสามารถส่งออกไปยังตลาดในกลุ่มสหภาพยุโรปได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในสภาพห้องปฏิบัติการ

เก็บรวบรวมด้วงหมัดผักแถบลายในพื้นที่การผลิตพืชผักในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่มีการระบาด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ จอมสุรางค์ และคณะ (2550) ใช้ต้นเบบี้ฮ่องเต้อายุประมาณ 15-20 วัน เป็นพืชอาหารวางไว้ในกรงตาข่ายขนาด 60x60x60 เซนติเมตร ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักแถบลายเข้าไปในกรงและเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นคัดเลือกตัวเต็มวัยอายุเฉลี่ย 7-10 วัน เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ และสารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้เป็นสารเปรียบเทียบ วางแผนการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการแบบ CRD (completely randomized design) ประกอบไปด้วย 8 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 3 พ่นเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร
- กรรมวิธีที่ 6 พ่นเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 7 พ่นสารเคมีฆ่าแมลง acetamiprid อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 8 ชุดควบคุม

ทำการพ่นสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลง และสารเคมีฆ่าแมลงตามกรรมวิธีที่กำหนดโดยใช้เครื่องพ่นที่มีละอองขนาดเล็ก (air brush sprayer) จำนวน 1 ครั้ง ลงบนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลาย ในจานแก้วที่รองด้วยกระดาษกรอง บรรจุเทอร์นิพเป็นพืชอาหาร และก้อนวุ้นเพื่อให้ความชื้น โดยแต่ละกรรมวิธีดำเนินการ 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้ตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักแถบลาย จำนวน 10 ตัว ตรวจนับการตายของด้วงหมัดผักแถบลายหลังการพ่นทุกวันเป็นเวลา 9 วัน ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การตายที่ถูกต้องโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมหลังจากการพ่นในระดับห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการตายของแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี least significant difference (LSD) และคำนวณค่า LT_{50} (ระยะเวลาที่ทำให้แมลงตายครึ่งหนึ่ง) ของสารชีวภัณฑ์

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน

เลือกสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงจากงานทดสอบที่ 1 ดำเนินการทดสอบในปลูกเบบี้ฮ่องเต้ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ ต.บ่อสลี อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ ภายใต้โรงเรือน ขนาด 6x30 เมตร วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ พ่นสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง และสารเคมีโดยพ่นหลังย้ายปลูก วันที่ 7, 12 และ 17 ตามลำดับ ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจากการทดลองใน ห้องปฏิบัติการ
- กรรมวิธีที่ 2 พ่นเชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ
- กรรมวิธีที่ 4 พ่นเชื้อรา *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 6 ชุดควบคุม

ตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลายซ้ำละ 1 ตารางเมตร โดยสุ่มพืชจำนวน 15 ต้น เก็บข้อมูลใน วันที่ 7, 12, 17 และวันเก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 22 หลังย้ายปลูกตามลำดับ บันทึกการเจริญเติบโต ด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ร่องรอยการทำลายของแมลง (เกณฑ์วัดระดับการทำลาย 1=0%, 2=1-20%, 3=21-40%, 4=41-60%, 5=61-80% และ 6=81-100%) เปรียบเทียบคุณภาพและปริมาณของผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี least significant difference (LSD)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในระดับห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงกับสารฆ่าแมลงในห้องปฏิบัติการ พบว่าหลังจากพ่นเชื้อสาเหตุโรคแมลง 7 วัน ผลการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®), *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) และ acetamiprid อัตราการตายเฉลี่ยสูงที่สุดร้อยละ 100 แต่ไม่แตกต่างกับ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 และ *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร ซึ่งมีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 93.75 และ 90.62 ตามลำดับ ส่วนเชื้อ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือร้อยละ 85.72 หลังจากพ่นสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลง สอดคล้องกับผลการทดลองของ Tanada and Kaya (1993) ที่ระบุว่าหลังจากที่เชื้อราเข้าสู่ภายในร่างกายของแมลงแล้ว จะมีการสร้างเส้นใย โคนิเดียและสารพิษ ต่าง ๆ ในระยะเวลา 60-72 ชั่วโมง และทำให้แมลงตายในที่สุด เชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) มีประสิทธิภาพทำให้ด้วงหมัดผักแถบลายตายเฉลี่ยสูงที่สุด คือร้อยละ 32.22, 58.68, 78.82 และ 93.75 ตามลำดับ ส่วนสารเคมี acetamiprid พบอัตราการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายหลังจากพ่นสารเคมีแล้ว 1 และ 2 วัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 95 และ 100 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากสารฆ่าแมลง acetamiprid เป็นสารที่ได้รับการพัฒนาให้เป็นสารกำจัดแมลงชนิดดูดซึมออกฤทธิ์แบบเฉียบพลัน (Kiriyama and Nishimura, 2002)

การทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^7$, $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร และ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) พบว่า หลังจากผ่านไป 7 วัน อัตราการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายที่เกิดจากเชื้อราชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.62, 100 และ 100 โดยมีค่า LT_{50} เท่ากับ 4.59, 4.60 และ 3.40 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวใกล้เคียงกับการศึกษาของเศรษฐพงศ์และคณะ (2553) ที่ระบุว่า *M. anisopliae* ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ทำให้ปลวกตายร้อยละ 90 และสามารถทำให้แมลงหวี่ขาวโรงเรือน *Trialeurodes vaporariorum* Westwood วัยที่ 2 ตายร้อยละ 72.67 (สิริญา และคณะ, 2554) และจากการทดสอบเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^7$, $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) พบว่า หลังจากผ่านไป 7 วัน อัตราการตายเฉลี่ยของด้วงหมัดผักแถบลายที่เกิดจากเชื้อราชนิดนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) การตายเฉลี่ยสูงที่สุดคือร้อยละ 100 แต่ไม่แตกต่างกับ *B. bassiana* ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยร้อยละ 90.62 ส่วนเชื้อ *B. bassiana* ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร การตายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือร้อยละ 85.72 โดยมีค่า LT_{50} (ระยะเวลาที่ทำให้แมลงตายครึ่งหนึ่ง) เท่ากับ 4.56, 4.63 และ 4.13 วัน ตามลำดับ

Table 1 Average mortality percentage of striped flea beetle and LT_{50} of fungal bioinsecticides after spraying with the fungal bioinsecticides and chemical insecticide under laboratory

Treatment	Application rate	Average mortality percentage of insects at various days after spraying[1/]							LT_{50}
		1	2	3	4	5	6	7	
M. anisopliae isolate 4849	$1x10^7$ conidia/ml	5.00 bc	5.00 bc	7.50 de	32.64 cd	52.08 d	74.11 c	90.62 ab	4.59
M. anisopliae isolate 4849	$1x10^8$ conidia/ml	5.00 bc	12.78 b	21.11 bc	46.53 bc	69.79 bc	83.48 abc	100.00 a	4.60
M. anisopliae (Metazan®)	200 g/20 L water	5.00 bc	10.00 b	32.22 b	58.68 b	78.82 b	93.75 ab	100.00 a	3.40
B. bassiana isolate 5335	$1x10^7$ conidia/ml	5.00 bc	5.00 bc	13.05 cde	29.51 d	47.11 d	67.86 c	93.75 ab	4.56
B. bassiana isolate 5335	$1x10^8$ conidia/ml	2.50 bc	5.00 bc	10.55 cde	28.42 d	51.04 d	70.54 c	85.72 b	4.63
B. bassiana (Buverin®)	80 g/20 L water	7.50 b	7.78 bc	13.61 cd	34.38 cd	60.42 cd	80.80 bc	100.00 a	4.13
acetamiprid	10 g/20 L water	95.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	-
Control	-	0.00 c	0.00 c	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 d	0.00 c	-
LSD	-	6.32	9.09	13.31	14.40	16.59	17.50	12.94	-

[1/]Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์และสารเคมีในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลง ได้แก่ เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) เชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) และสารเคมี acetamiprid ในสภาพแปลงปลูกเบบี้ฮ่องเต้ (ภายใต้โรงเรือน) เมื่อพืชอายุ 22 วัน พบว่า ระดับการถูกทำลายเฉลี่ยของเบบี้ฮ่องเต้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดควบคุมพืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.88 ส่วนสารเคมี acetamiprid พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.85 แต่ไม่แตกต่างกับ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) ที่พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยคือ 4.08 และ 4.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นระดับที่สามารถยอมรับได้ เมื่อนำผลผลิตดังกล่าวไปตัดแต่งใบแก่และใบที่ถูกแมลงเข้าทำลายออก สามารถส่งผลผลิตจำหน่ายให้กับมูลนิธิโครงการหลวง เพราะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งหากมีระดับการทำลายอยู่ช่วงระดับ 5-6 จะไม่สามารถตัดแต่งและจำหน่ายได้ เพราะใบและยอดส่วนใหญ่ถูกทำลายมาก และจำนวนด้วงหมัดผักแถบลายที่พบเฉลี่ยบนต้นเบบี้ฮ่องเต้ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยชุดควบคุมพบจำนวนแมลงเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.28 ตัว/ต้น แต่ไม่แตกต่างกับ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร และ *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร ซึ่งพบจำนวนแมลงเฉลี่ย 1.22 และ 1.12 ตัว/ต้น ตามลำดับ

ส่วนสารเคมี acetamiprid พบจำนวนแมลงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.50 ตัว/ต้น แต่ไม่ต่างกับ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) ที่พบจำนวนแมลงเฉลี่ยคือ 0.51 ตัว/ต้น (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ การเจริญเติบโตเฉลี่ยของเบบี้ฮ่องเต้ ด้านความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสูงต้นเฉลี่ยคือ 15.45, 16.25, 16.06, 16.02 และ 15.90 เซนติเมตร ตามลำดับ ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยคือ 16.96, 19.44, 19.79, 19.43 และ 20.42 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ทดแทน

Table 2 Average damage level of plants from striped flea beetle (grown under greenhouse)

Treatment	Application rate	Average damage level of plants[1/]			
		Day after transplanting (days)			
		7	12	17	22
M. anisopliae isolate 4849	$1x10^8$ conidia/ml	1.60[a]	5.28[a]	4.77[c]	4.58[bc]
M. anisopliae (Metazan®)	200 g/20 L water	1.32[a]	5.01[a]	4.75[c]	4.08[cd]
B. bassiana isolate 5335	$1x10^7$ conidia/ml	1.40[a]	5.37[a]	5.40[b]	4.87[b]
B. bassiana (Buverin®)	80 g/20 L water	1.40[a]	5.02[a]	4.89[c]	4.47[bcd]
acetamiprid	10 g/20 L water	1.47[a]	4.95[a]	4.56[c]	3.85[d]
Control	-	1.67[a]	5.70[a]	5.93[a]	5.88[a]
LSD	-	0.46	1.33	0.49	0.67

[1/]Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

Table 3 Average number of striped flea beetle found on plants (grown under greenhouse)

Treatment	Application rate	Average number of insects per plant[1/]			
		Day after transplanting (days)			
		7	12	17	22
M. anisopliae isolate 4849	$1x10^8$ conidia/ml	0.36[a]	1.93[ab]	1.09[ab]	1.12[a]
M. anisopliae (Metazan®)	200 g/20 L water	0.31[a]	1.42[bc]	1.21[ab]	0.51[b]
B. bassiana isolate 5335	$1x10^7$ conidia/ml	0.21[a]	2.13[a]	1.27[a]	1.22[a]
B. bassiana (Buverin®)	80 g/20 L water	0.40[a]	2.00[ab]	1.44[a]	0.92[ab]
acetamiprid (Molan®)	10 g/20 L water	0.42[a]	0.86[c]	0.70[b]	0.50[b]
Control	-	0.42[a]	2.12[a]	1.43[a]	1.28[a]
LSD	-	0.32	0.60	0.54	0.46

[1/]Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

Table 4 Average growth of plants (grown under greenhouse) at 22 days after transplanting

Treatment	Application rate	Average growth of plants (cm)[1/]	
		Height	Width
M. anisopliae isolate 4849	$1x10^8$ conidia/ml	15.45[a]	19.69[a]
M. anisopliae (Metazan®)	200 g/20 L water	16.25[a]	19.44[a]
B. bassiana isosate 5335	$1x10^7$ conidia/ml	16.06[a]	19.79[a]
B. bassiana (Buverin®)	80 g/20 L water	16.00[a]	19.43[a]
acetamiprid	10 g/20 L water	15.90[a]	20.42[a]
Control	-	15.88[a]	19.52[a]
LSD	-	1.15	1.30

[1/]Means within the same column followed by the same letter are not significantly different 5% level by LSD

สารเคมีได้ แต่ต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ทั้งระดับความเข้มข้น ช่วงเวลาที่ใช้และความถี่ในการพ่น เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลง พบว่าสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักแถบลายแตกต่างกัน ผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารฆ่าแมลง acetamiprid มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงหมัดผักแถบลายสูงสุด ทำให้ด้วงหมัดผักแถบลายตายทั้งหมด หลังจากพ่น 2 วัน ส่วนสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงหลังจากพ่น 7 วัน ที่มีประสิทธิภาพสามารถฆ่าแมลงได้เฉลี่ยร้อยละ 100 คือ เชื้อรา *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®), *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) ส่วนเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 และ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร พบอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 93.75 และ 90.62 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำลายด้วงหมัดผักแถบลายเช่นเดียวกันกับสารเคมีฆ่าแมลง แต่ว่าใช้เวลาในการฆ่าแมลงนานกว่า และเมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในสภาพแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน ที่พืชอายุ 22 วัน พบว่า พืชที่พ่นด้วยสารฆ่าแมลง acetamiprid พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.85 ไม่ต่างกับ *M. anisopliae* ทางการค้า (เมทาซาน®) และ *B. bassiana* ทางการค้า (บูเวริน®) พืชมีระดับการถูกทำลายเฉลี่ย 4.08 และ 4.47 ตามลำดับ และสารฆ่าแมลงและสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเบบี้ฮ่องเต้แต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มูลนิธิโครงการหลวง ที่ได้สนับสนุนพื้นที่ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จริยา สีดวงแก้ว จิราพร กุลสาริน ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และสิริญา คัมภิโร. 2558. ชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายและประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงสำหรับการควบคุมในมะเขือม่วง. วารสารเกษตร 31(2): 193-201.

จอมสุรางค์ ดวงธิสาร วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และจิราพร ตยุติวุฒิกุล. 2550. ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของด้วงหมัดผักแถบลายในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วิทยาสารกำแพงแสน 5(1): 20-29.

ชวนา กำเนิดบุญ อัจฉรีย์ เตโชฬาร วลีรัตน์ วรกาญจนบุญ อัจฉราภรณ์ วงศ์สุขศรี และทัศนีย์ ดุสุวรรณ์. 2553. ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดตามชนิดวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่สหภาพยุโรปอนุญาตให้ใช้ และขึ้นทะเบียนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มพัฒนาระบบตรวจรับรองมาตรฐานการผลิต สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 53 หน้า.

ภัทรดนัย ชัยสวัสดิ์ จิราพร กุลสาริน ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และสิริญา คัมภิโร. 2557. ประสิทธิภาพของ *Nomuraea* และ *Metarhizium* สาเหตุโรคแมลงในการควบคุมหนอนกระทู้ผักของดอกดาวเรือง. วารสารเกษตร 30(1): 11-19.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2545. ทิศทางการวิจัยเพื่อควบคุมหนอนใยผักในประเทศไทย. วารสารเกษตรนเรศวร 6(1): 81-98.

เศรษฐพงศ์ อัศวรัตน กฤษณพัฒน์ จิตจัก ปองสิทธิ์ โพธิคุณ และอรวรรณ ปิยะบุญ. 2553. ประสิทธิภาพของสารจากเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในการกำจัดปลวก *Coptotermes curvignathus* ศัตรูในต้นยางพารา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html (15 มกราคม 2556).

ศูนย์บริหารศัตรูพืชจังหวัดนครราชสีมา. 2556. เชื้อราบิวเวอเรีย (*Beauveria bassiana*). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.pmc05.doae.go.th/Bueverria.pdf (18 มกราคม 2556).

ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ. 2555. เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.thaibiocontrol.org/main.php?filename=Metarhizium (8 ตุลาคม 2555).

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2555. ผักกาดฮ่องเต้เล็ก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.hrdi.or.th/knowledge/detail/1488/ (5 มกราคม 2556).

สิริญา คัมภิโร จิราพร กุลสาริน เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และมาลี ตั้งระเบียบ. 2554. ประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมแมลงหวี่ขาวโรงเรือน. วารสารเกษตร 27(1): 49-57.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

สุภัสสา ประคองสุข. 2550. ความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของ *Metarhizium anisoplaie* ไอโซเลทต่าง ๆ กับหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (F.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 47 หน้า.

สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2556. การควบคุมพืชโดยชีววิธี (Biological control). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.pmc05.doae.go.th/bio%20control.pdf (15 มกราคม 2556).

อัญชลี นาทองคำ ศิวิลัย สิริมังครารัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ หทัยรัตน์ อุไรรงค์ และเบญจมาศ แก้วรัตน์. 2553. ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium* spp. ไอโซเลตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ. วารสารวิจัย มข. 15(10): 930 - 940.

Abbott, W. S. 1925. Method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 256-267.

Azaizeh, H., G. Gindin, O. Said and I. Barash. 2002. Biological control of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* in cucumber using the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Phytoparasitica 30(1): 18-24.

Balachander, M., O. K. Remadevi, T. O. Sasidharan and N. S. Bai. 2012. Virulence and mycotoxic effects of *Metarhizium anisopliae* on mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Forestry Research 23(4): 651-659.

Bruck, D. J. and K. M. Donahue. 2007. Persistence of *Metarhizium anisopliae* incorporated into soilless potting media for control of the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* in container-grown ornamentals. Journal of Invertebrate Pathology 95: 146-150.

Entz, S. C., L. M. Kawchuk and D. L. Johnson. 2008. Discovery of a North American genetic variant of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* pathogenic to grasshoppers. BioControl 53(2): 327-339.

Khaled, M., A. Rahman, M. Barta and L. Cagan. 2010. Effects of combining *Beauveria bassiana* and *Nosema pyrausta* on the mortality of *Ostrinia nubilalis*. Central European Journal of Biocontrol 5(4): 472-480.

Kirchmair, M., L. Huber, M. Porten, J. Rainer and H. Strasser. 2004. *Metarhizium anisopliae*, a

potential agent for the control of grape phylloxera. BioControl 49(3): 295-303.

Kiriyama, K. and K. Nishimura. 2002. Structural effects of dinotefuran and analogues in insecticidal and neural activities. Pest Management Science 58(7): 669-676.

Leles, R. N., W. B. D'Alessandro and C. Luz. 2012. Effects of *Metarhizium anisopliae* conidia mixed with soil against the eggs of *Aedes aegypti*. Parasitology Research 110(4): 1579-1582.

Mohanty, S. S., K. Raghavendra, P. K. Mittal and A. P. Dash. 2008. Efficacy of culture filtrates of *Metarhizium anisopliae* against larvae of *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 35: 1199-1202.

Moorhouse, E. R., A. K. Charnley and A. T. Gillespie. 1992. A review of the biology and control of the vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). Annals of Applied Biology 121(2): 431-454.

Nasr, F. N. and S. I. M. Moein. 1997. New trend of the use of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sokorin and *Verticillium indicum* (Petch) Gams as entomopathogens to the termite *Cryptotermes brevis* (Walker) (Isoptera, Kalotermitidae). Anz. Schiidlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 70: 13-16.

Tanada, Y. and H. K. Kaya. 1993. Insect Pathology. Academic Press, San Diego. 666 p.

Xue, H. J. and X. K. Yang. 2008. Common volatiles are major attractants for neonate larvae of the specialist flea beetle *Altica koreana* (Coleoptera: Chrysomelidae). Naturwissenschaften 95(7): 639-645.

ผลของสารฆ่าราบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคหอมเลื้อย

Effects of some Fungicides on Growth Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides*, Causal Agent of Onion Twister Disease

จรรยาภรณ์ ภูคัง[1/] และพรสุข ชัยสุข[1/*]

Janyaporn Phukang[1/] and Pornsuk Chaisuk[1/*]

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: poohporn@gmail.com*

(Received: 9 February 2016; Accepted: 2 May 2016)

Abstract: Leaf twister diseased of shallot and onion were collected from 5 plantation areas in Chiang Mai and Lamphun provinces. The causative pathogen was isolated by tissue transplanting technique. Five isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* exhibited white to gray colony color and light orange color of spore mass were found as concentric ring in the middle of the colonies after cultured on potato dextrose agar (PDA) for 7-9 days. Slide cultures of the fungal morphological studies revealed hyaline-septate hyphae and conidia were cylindrical with both rounded apices and single cell. The pathogenicity tests conducted on shallot seedlings showed severe symptoms of more lesions and twisted leaves numbers after inoculation with the isolates 2, 3 and 4 when comparing with the control trials. Six fungicides including carbendazim, azoxystrobin, difenoconazole, azoxystrobin mixed with difenoconazole, maneb and mancozeb were used in testing of fungicide efficacy. Each fungicide was mixed into PDA medium at different concentrations, including the concentration of the recommended rate, 1/2 of recommended rate, 1/4 of recommended rate and 1/8 of recommended rate. The results showed that carbendazim, at all concentrations, exhibited the most effective in inhibiting the growth of fungi at 100% inhibition. The inhibition was statistically significant different in all concentrations when compared to mancozeb, with the lowest efficiency in inhibiting the growth of the fungus at inhibition percentages of 19.33, 18.56, 14.33 and 12.67, respectively. In addition, the result of the soaking *C. gloeosporioides* culture disc in each fungicides at different concentrations showed that all concentrations of carbendazim inhibited the growth of the fungus with the inhibition percentages of 100.00, 100.00, 100.00 and 90.00, respectively, and the differences were statistically significant when compared to maneb, the fungicide with the lowest efficiency in inhibiting the growth of fungi at inhibition percentages of 2.78, 1.39, 1.39 and 0.00, respectively.

Keywords: Onion twister disease, *Colletotrichum gloeosporioides*, shallot, onion, fungicide

บทคัดย่อ: จากการเก็บตัวอย่างโรคหอมเลื้อยของหอมแดง และหอมหัวใหญ่ จากพื้นที่เพาะปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน จำนวน 5 พื้นที่ มาแยกเชื้อสาเหตุด้วยวิธีการแยกเชื้อจากชิ้นพืช พบเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* จำนวน 5 ไอโซเลท มีลักษณะโคโลนีสีขาวจนถึงสีเทา สร้างกลุ่มสปอร์สีส้มอ่อนตรงกลางโคโลนีเป็นวงซ้อนกันหลายชั้น หลังเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 7-9 วัน เส้นใยใสไม่มีสี มีผนังกั้น conidia เป็นรูปทรงกระบอก หัวและท้ายมน มีเซลล์เดียว เมื่อทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค พบว่า ต้นกล้าหอมแดงที่ผ่านการปลูกเชื้อทั้ง 5 ไอโซเลท เกิดแผลที่ใบและแสดงอาการใบเลื้อยเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยไอโซเลท 2, 3 และ 4 แสดงอาการของโรครุนแรงที่สุด เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าราจำนวน 6 ชนิด คือ carbendazim, azoxystrobin, difenoconazole, azoxystrobin ผสม difenoconazole, maneb และ mancozeb ด้วยวิธีผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มข้นตามอัตราแนะนำ, 1 ใน 2 ของอัตราแนะนำ, 1 ใน 4 ของอัตราแนะนำ และ 1 ใน 8 ของอัตราแนะนำ พบว่า สารฆ่ารา carbendazim ที่ทุกความเข้มข้น มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 100%, ในทุกระดับความเข้มข้น ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารฆ่าราที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา คือ mancozeb โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 19.33, 18.56, 14.33 และ 12.67% ตามลำดับ และจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าราทั้ง 6 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นข้างต้น โดยแช่ก้อนเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในสารฆ่ารา พบว่า สาร carbendazim ทุกความเข้มข้น มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราเช่นกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเฉลี่ยเท่ากับ 100.00, 100.00, 100.00 และ 90.00 % ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารฆ่าราที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา คือ maneb โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเฉลี่ยที่ 2.78, 1.39, 1.39 และ 0.00% ตามลำดับ

คำสำคัญ: โรคหอมเลื้อย *Colletotrichum gloeosporioides* หอมแดง หอมหัวใหญ่ สารฆ่ารา

คำนำ

หอมหัวใหญ่ (*Allium cepa*) และหอมแดง (*Allium ascalonicum*) จัดอยู่ในวงศ์ Alliaceae เช่นเดียวกับกระเทียม กุ้ยช่าย หรือพืชวงศ์พลับพลึง เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหาร และอุตสาหกรรมอื่น ๆ (นิจศิริ, 2542) นอกจากนี้ ยังมีการผลิตหัวพันธุ์เพื่อการส่งออก ซึ่งนอกจากจะสร้างรายได้ให้แก่ประเทศแล้ว ยังเป็นประโยชน์โดยตรงต่อเกษตรกร สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรหลังการทำนาปี โดยประเทศไทยมีการผลิตหอมแดงและหอมหัวใหญ่ปีละหลายล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ปัญหาในการผลิตส่วนใหญ่เกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืชต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคหอมเลื้อยที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรอย่างมาก โดยเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเชื้อราที่เข้าทำลายส่วนเหนือดินของพืช ทำให้เนื้อเยื่อใบเกิดอาการยุบตัว และลำต้นส่วนเหนือดินเอนล้มคล้ายอาการเลื้อย (นิตยา, 2545; Ebenebe, 1980) การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาโรคนี้ สารฆ่าราที่เกษตรกรนิยมใช้ในการควบคุมโรคหอมเลื้อยมีหลายชนิด แบ่งได้เป็นสองกลุ่ม คือ สารฆ่าราชนิดดูดซึม (systemic fungicide) มักมีความจำเพาะกับเชื้อสาเหตุโรค และสารฆ่าราแบบสัมผัส (contact fungicide) ซึ่งเป็นสารที่สามารถป้องกันกำจัดเชื้อราได้อย่างกว้างขวาง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อราบางชนิดในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่แยกจากใบของหอมและกระเทียมที่เป็นโรคหอมเลื้อยระหว่างกระบวนการผลิตพืช เพื่อการเลือกใช้สารฆ่าราที่มีประสิทธิภาพและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการควบคุมเชื้อราชนิดนี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยก และการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเชื้อสาเหตุโรค

1.1 การแยกเชื้อสาเหตุโรค

สุ่มเก็บตัวอย่างหอมแดงและหอมหัวใหญ่ที่แสดงอาการเป็นโรคหอมเลื้อยจาก 5 แหล่ง ซึ่งได้แก่ หอมแดงจากแปลงเพาะปลูก อ. สารภี จ. เชียงใหม่ หอมแดงจากแปลงเพาะปลูก ต. ป่าพลู อ. บ้านโฮ่ง จ. ลำพูน หอมแดงจากแปลงเพาะปลูก หมู่บ้านดงฤาษี อ. บ้านโฮ่ง จ. ลำพูน หอมหัวใหญ่จากแปลงเพาะปลูก อ. แม่วาง จ. เชียงใหม่ และหอมแดง จากแปลงปลูก อ. แม่วาง จ. เชียงใหม่ มาแยกเชื้อด้วยวิธี tissue transplanting จากนั้นแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยวิธี hyphal tip culture บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน เพื่อใช้สำหรับการทดลองต่อไป

1.2 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเชื้อสาเหตุโรค

เลี้ยงเชื้อราบริสุทธิ์ที่แยกได้จากข้อ 1.1 ด้วยวิธี slide culture บนอาหาร PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบการเจริญของเส้นใยและการสร้างสปอร์ทุกวัน จนพบการสร้างสปอร์ ตรวจสอบลักษณะสปอร์ของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า

2. การทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อสาเหตุโรค

เลี้ยงเชื้อราสาเหตุโรคที่ได้จากข้อ 1.1 แต่ละไอโซเลท บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเททับด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วขูดเบา ๆ ด้วยกระจกสไลด์เพื่อให้สปอร์หลุดจากผิวหน้าอาหาร กรองแยกเส้นใยออกด้วยผ้าขาวบาง ปรับระดับความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยให้เท่ากับ 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร จากนั้นบรรจุลงในขวดสเปรย์ นำไปพ่นลงบนต้นกล้าหอมแดง อายุ 15 วัน ที่ปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และสังเกตอาการของโรคเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คัดเลือกเชื้อราที่มีความรุนแรงในการทำให้เกิดโรคมากที่สุดไว้สำหรับทดสอบต่อไป

3. การทดสอบผลของสารฆ่าราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค

ในการทดสอบผลของสารฆ่าราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค ใช้วิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี ดังนี้

3.1 Poisonous agar method

คัดเลือกสารฆ่าราที่เกษตรกรนิยมใช้ในการป้องกันกำจัดโรคหอมเลื้อยมา 6 ชนิด ได้แก่ carbendazim, azoxystrobin, difenoconazole, azoxystrobin ผสม difenoconazole, maneb และ mancozeb นำสารฆ่าราแต่ละชนิดผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แบ่งการทดลองของสารฆ่าราแต่ละชนิดเป็น 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ตามระดับความเข้มข้น ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ไม่ผสมสารฆ่าราา (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 ระดับความเข้มข้นเท่าอัตราแนะนำ
- กรรมวิธีที่ 3 ระดับความเข้มข้น 1 ใน 2 ของอัตราแนะนำ
- กรรมวิธีที่ 4 ระดับความเข้มข้น 1 ใน 4 ของอัตราแนะนำ
- กรรมวิธีที่ 5 ระดับความเข้มข้น 1 ใน 8 ของอัตราแนะนำ

โดยระดับความเข้มข้นที่ใช้นั้น มีความแตกต่างกันตามอัตราแนะนำของสารฆ่าราแต่ละชนิด (ตารางที่ 1) จากนั้นนำเชื้อราสาเหตุโรคไอโซเลทที่มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคมากที่สุดจากการทดลองข้อ 2 วางลงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารฆ่าราชนิดต่าง ๆ แล้วบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สังเกตลักษณะการเจริญ และบันทึกขนาดโคโลนี หลังการบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (percent inhibition of radial growth; PIRG) จากสูตรต่อไปนี้

$$\%PIRG = \frac{\text{เส้นรัศมีโคโลนีชุดควบคุม} - \text{เส้นรัศมีโคโลนีชุดการทดลอง}}{\text{เส้นรัศมีโคโลนีชุดควบคุม}} \times 100$$

Table 1 The concentration of fungicides used in each treatment

Fungicides (common name)	Concentration (ppm)			
	Recommended rate	1/2 Recommended rate	1/4 Recommended rate	1/8 Recommended rate
Systemic fungicide:				
carbendazim	500	250	125	62.5
azoxystrobin	62.5	31.25	15.625	7.8125
difenoconazole	125	62.5	31.25	15.625
azoxystrobin + difenoconazole	325	162.5	81.25	40.625
Contact fungicide:				
maneb	1600	800	400	200
mancozeb	1920	960	480	240

3.2 Fungicide soaking method

นำ culture disc ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร ของเชื้อสาเหตุโรค ไอโซเลทที่มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคมากที่สุด แช่ในสารฆ่าเชื้อราแต่ละชนิด เช่นเดียวกับข้อ 3.1 เป็นเวลา 10 นาที แล้ววางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเชื้อเจริญเป็นเวลา 10 วัน สังเกตลักษณะการเจริญของเชื้อรา และบันทึกขนาดโคโลนี จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แบ่งการทดลองของสารฆ่าเชื้อราแต่ละชนิดเป็น 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ เช่นเดียวกับกรรมวิธีในข้อ 3.1

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การแยก และการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อสาเหตุโรค

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างหอมแดง และหอมหัวใหญ่ ที่แสดงอาการโรคหอมเลื้อย จากพื้นที่เพาะปลูกที่แตกต่างกัน 5 พื้นที่ พบการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนลำต้นและบริเวณส่วนเหนือดินของพืช โดยลักษณะแผลและอาการของพืชในแต่ละพื้นที่ที่ถูกเชื้อเข้าทำลายมีลักษณะไม่แตกต่างกัน คือ เนื้อเยื่อแผลยุบตัวลงเล็กน้อย มีสีเขียวซีดถึงสีน้ำตาล เมื่อมีความชื้นสูงจะพบกลุ่มสปอร์สีส้มอ่อนจนถึงสีน้ำตาลบนแผล ลำต้นยืดยาว และเลื้อย โดยเชื้อเข้าทำลายเฉพาะส่วนเหนือดิน (ภาพที่ 1)

จากการแยกเชื้อราบริสุทธิ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อราจากเนื้อเยื่อพืชที่เป็นโรคจากตัวอย่างพืชที่เป็นโรคหอมเลื้อย สามารถแบ่งเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่แยกได้เป็น 5 ไอโซเลท ได้แก่

ไอโซเลท 1 แยกได้จากใบหอมแดงเป็นโรค ที่เก็บจากแปลงเพาะปลูก อ. สารภี จ. เชียงใหม่ พบลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีเส้นใยสีขาวฟูจนถึงเทา เจริญขึ้นมาเหนือผิวหน้าอาหาร ลักษณะคล้ายสำลี ภายในเวลา 7 วัน สามารถเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และสร้างกลุ่มสปอร์สีส้มอมชมพูตรงกลางโคโลนี ซ้อนกันเป็นวงหลายชั้น (ภาพที่ 2a) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า เชื้อราสร้าง conidia รูปรี มีเซลล์เดียว เส้นใยไม่มีสี และมีผนังกั้น แต่ไม่พบการสร้าง setae (ภาพที่ 2b)

ไอโซเลท 2 แยกได้จากใบหอมแดงเป็นโรค ที่เก็บจากแปลงเพาะปลูก ต. ป่าพลู อ. บ้านโฮ่ง จ. ลำพูน พบลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีเส้นใยสีขาวฟูขึ้นมาเหนือผิวหน้าอาหาร ลักษณะคล้ายสำลี ภายในเวลา 7 วัน สามารถเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และสร้างกลุ่มสปอร์สีส้มอมชมพูตรงกลางโคโลนี

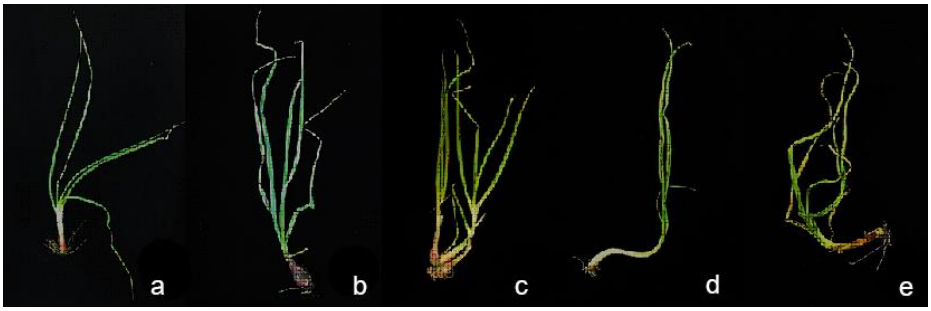

Figure 1 Onion twister symptom on *Allium* spp. from 5 locations
(a) shallot from Saraphi district, Chiang Mai province
(b) shallot from Pa Plu sub-district, Ban Hong district, Lamphun province
(c) shallot from Ban Hong sub-district, Ban Hong district, Lamphun province
(d) onion from Mae Wang district, Chiang Mai province
(e) shallot from Mae Wang district, Chiang Mai province

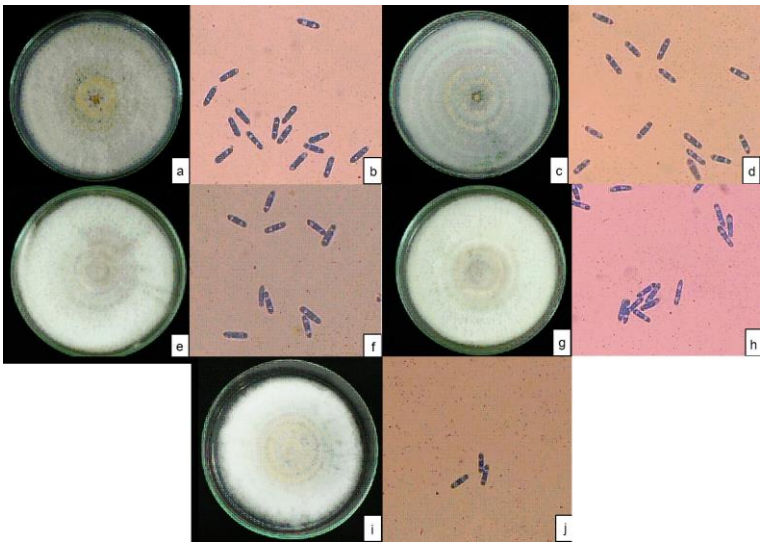

Figure 2 Colonies and conidia of *Colletotrichum gloeosporioides* five isolates
(a) colony of isolate 1 on PDA media for 7 days
(b) conidia of isolate 1 under the light microsope 400X
(c) colony of isolate 2 on PDA media for 7 days
(d) conidia of isolate 2 under the light microsope 400X
(e) colony of isolate 3 on PDA media for 7 days
(f) conidia of isolate 3 under the light microsope 400X
(g) colony of isolate 4 on PDA media for 7 days
(h) conidia of isolate 4 under the light microsope 400X
(i) colony of isolate 5 on PDA media for 9 days
(j) conidia of isolate 5 under the light microsope 400X

ซ้อนกันเป็นวงหลายชั้นอย่างหนาแน่น (ภาพที่ 2c) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า เชื้อราสร้าง conidia รูปรี มีเซลล์เดียว เส้นใยไม่มีสี และมีผนังกั้น แต่ไม่พบการสร้าง setae (ภาพที่ 2d)

ไอโซเลท 3 แยกได้จากใบหอมแดงเป็นโรค ที่เก็บจากแปลงเพาะปลูก หมู่บ้านดงฤาษี อ. บ้านโฮ่ง จ. ลำพูน พบลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีเส้นใยสีขาวฟูขึ้นมาเหนือผิวหน้าอาหาร ลักษณะคล้ายสำลี และมีเส้นใยสีเทาเจริญจากกลางโคโลนีเป็นรูปตัววีไปจนถึงขอบโคโลนี ใช้เวลา 7 วัน ในการเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และสร้างกลุ่มสปอร์สีส้มอมชมพูตรงกลางโคโลนีซ้อนกันเป็นวงหลายชั้น (ภาพที่ 2e) เมื่อศึกษาลักษณะสัณฐานทางวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า เชื้อราสร้าง conidia รูปรี มีเซลล์เดียว เส้นใยไม่มีสี และมีผนังกั้น ไม่พบการสร้าง setae (ภาพที่ 2f)

ไอโซเลท 4 แยกได้จากใบหอมหัวใหญ่เป็นโรคที่เก็บจากแปลงเพาะปลูก อ. แม่วาง จ. เชียงใหม่ พบลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีเส้นใยสีขาวฟูขึ้นมาเหนือผิวหน้าอาหาร ลักษณะคล้ายสำลี ภายในเวลา 7 วัน สามารถเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และสร้างกลุ่มสปอร์สีส้มอมชมพูตรงกลางโคโลนีซ้อนกันเป็นวงหลายชั้น (ภาพที่ 2g) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า เชื้อราสร้าง conidia รูปรี มีเซลล์เดียว เส้นใยไม่มีสี และมีผนังกั้น แต่ไม่พบการสร้าง setae (ภาพที่ 2h)

ไอโซเลท 5 แยกได้จากใบหอมแดงเป็นโรค ที่เก็บจากแปลงปลูก อ. แม่วาง จ. เชียงใหม่ พบลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีเส้นใยสีขาวฟูขึ้นมาเหนือผิวหน้าอาหาร และเจริญอัดกันลักษณะคล้ายสำลี ภายในเวลา 9 วัน สามารถเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และสร้างกลุ่มสปอร์สีส้มอมชมพูตรงกลางโคโลนีและซ้อนกันเป็นวงหลายชั้น (ภาพที่ 2i) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า เชื้อราสร้าง conidia รูปรี มีเซลล์เดียว เส้นใยไม่มีสี และมีผนังกั้น แต่ไม่พบการสร้าง setae (ภาพที่ 2j)

2. การทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค

จากการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* ทั้ง 5 ไอโซเลท เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน พบว่า ต้นกล้าหอมแดงที่ทำการปลูกเชื้อแต่ละไอโซเลท มีจำนวนแผลเพิ่มขึ้น พบอาการยุบตัวของเนื้อเยื่อบริเวณใบเล็กน้อย แผลมีสีเขียวคล้ำ เมื่อสังเกตบริเวณแผลสามารถมองเห็นกลุ่มสปอร์สีส้มอ่อนอมชมพู ใบแสดงอาการยืดยาวออกและเลื้อย โดยทั้ง 5 ไอโซเลท มีจำนวนแผลที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เชื้อราทั้ง 5 ไอโซเลท มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคกับหอมแดงได้รุนแรงต่างกัน โดยไอโซเลท 2 ไอโซเลท 3 และ ไอโซเลท 4 มีความรุนแรงของการเกิดโรคสูงที่สุด รองลงมาคือ ไอโซเลท 1 และไอโซเลท 5 ซึ่งลักษณะการก่อให้เกิดโรคต่อจำนวนแผลแตกต่างกันกับชุดควบคุม แต่ไอโซเลท 5 ไม่มีความแตกต่างของขนาดแผลเมื่อเปรียบเทียบกับกับชุดควบคุม (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3) และได้คัดเลือกเชื้อไอโซเลท 4 ไปใช้ในการทดลองต่อไป

3. ผลของสารฆ่าราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

3.1 Poisonous agar method

จากการทดสอบผลของสารฆ่าราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ไอโซเลท 4 ด้วยวิธี poisonous agar method พบว่า เชื้อรามีความอ่อนแออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสาร carbendazim มากที่สุด รองลงมาคือ difenoconazole, azoxystrobin ผสม difenoconazole, azoxystrobin, maneb และ mancozeb ตามลำดับ โดย carbendazim ที่ทุกระดับความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สูงที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เท่ากับ 100% และ mancozeb ที่ทุกระดับความเข้มข้น ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้น 1 ใน 8 ของอัตราแนะนำ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้น้อยที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เท่ากับ 19.33, 18.56 และ 14.33% ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1 ใน 8 ของอัตราแนะนำ maneb สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้น้อยที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เท่ากับ 6.89% (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารฆ่าราชนิดดูดซึมสามารถเคลื่อนย้ายไปกับน้ำได้ อีกทั้งสารฆ่าราชนิด

Table 2 The size and number of the lesions on the shallot seedlings after inoculation with each of five isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* for 7 days

Isolate	Lesions size/plant[1/] (cm)	Lesions no./plant[1/] (lesions)
Control (non-inoculated)	0.00[c]	0.00[c]
Isolate 1	3.50[b]	1.33[b]
Isolate 2	7.23[a]	2.33[a]
Isolate 3	7.13[a]	2.67[a]
Isolate 4	7.17[a]	3.00[a]
Isolate 5	3.17[bc]	1.00[b]
$LSD_{0.05}$	3.42	0.72
CV (%)	40.99	23.70

[1/] Value with different letters within a column were significantly different according to least significant difference (LSD) at $P \leq 0.05$

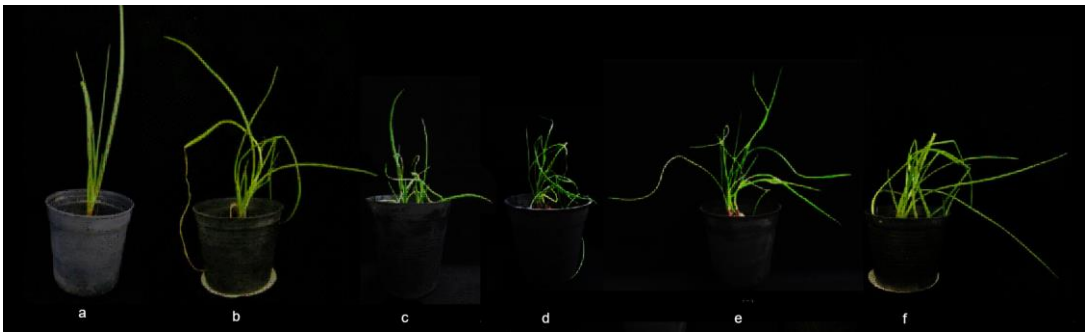

Figure 3 Onion twister symptom on shallot seedlings after *Colletotrichum gloeosporioides* five isolates inoculation for 7 days

(a) control (non-inoculated) (b) isolate 1 (c) isolate 2
(d) isolate 3 (e) isolate 4 (f) isolate 5

ดูดซึมที่นำมาทดลอง เป็นสารที่ค่อนข้างเจาะจงต่อเชื้อสาเหตุโรค (Lim, 1980) โดย carbendazim มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในชั้น ascomycota ซึ่งเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเชื้อราในชั้นนี้ มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA) และยับยั้งหน่วยย่อยของไมโตคอนเดรียที่จะสร้างสปินเดิลไฟเบอร์ (spindle fiber) จึงทำให้โครมาติด (chromatid) ไม่สามารถแยกจากกันเป็นนิวเคลียสใหม่ได้ มีผลต่อการแบ่งเซลล์แบบไมโตซีส (mitosis) ดังนั้น จึงไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนผิวอาหารของที่ทดลอง (ธรรมศักดิ์, 2543)

3.2 Fungicide soaking method

จากการทดสอบผลของสารฆ่าราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ไอโซเลท 4 ด้วยวิธี fungicide soaking method พบว่า เชื้อรามีความอ่อนแอต่อสาร carbendazim มากที่สุด รองลงมาคือ azoxystrobin ผสม difenoconazole, azoxystrobin, difenoconazole, mancozeb และ maneb ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ carbendazim ที่ทุกระดับความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สูงที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเท่ากับ 100.00, 100.00, 100.00 และ 90.00 % และที่ทุกระดับความเข้มข้น ยกเว้นระดับความเข้มข้น 1 ใน 4 ของอัตราแนะนำ maneb สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้น้อยที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเท่ากับ 2.78, 1.39 และ 0.00% (เท่ากับ mancozeb) ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1 ใน 4 ของอัตราแนะนำและระดับความเข้มข้น 1 ใน 8 ของอัตราแนะนำ

mancozeb มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เท่ากับ 0.00 และ 0.00 % (ตารางที่ 4) ซึ่งผลการทดลองโดยรวมมีความสอดคล้องกับการทดลองด้วยวิธี poisonous media method ในข้อ 3.1

Table 3 Growth inhibition percentage of *Colletotrichum gloeosporioides* isolate 4 on PDA media by poisonous agar method

Fungicides (common name)	Growth inhibition percentage of *Colletotrichum gloeosporioides* isolate 4[1/]			
	Recommended rate	1/2 Recommended rate	1/4 Recommended rate	1/8 Recommended rate
Systemic fungicide:				
carbendazim	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]
azoxystrobin	73.33[c]	58.78[d]	55.11[c]	46.89[d]
difenoconazole	100.00[a]	84.44[b]	75.78[b]	66.00[b]
azoxystrobin + difenoconazole	81.33[b]	79.11[c]	75.67[b]	63.00[c]
Contact fungicide:				
maneb	30.44[d]	22.33[e]	17.33[d]	6.89[f]
mancozeb	19.33[e]	18.56[f]	14.33[f]	12.67[e]
$LSD_{0.05}$	0.84	1.72	2.20	1.67
CV (%)	0.99	2.26	3.09	2.70

[1/] Value with different letters within a column were significantly different according to least significant difference (LSD) at $P \leq 0.05$

Table 4 Growth inhibition percentage of *Colletotrichum gloeosporioides* isolate 4 on PDA media by fungicide soaking method

Fungicides	Growth inhibition percentage of *Colletotrichum gloeosporioides* isolate 4[1/]			
	Recommended rate	1/2 Recommended rate	1/4 Recommended rate	1/8 Recommended rate
Systemic fungicide:				
carbendazim	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]	90.00[a]
azoxystrobin	52.22[b]	41.67[c]	36.67[c]	19.44[b]
difenoconazole	26.67[c]	17.78[d]	16.11[d]	4.44[c]
azoxystrobin + difenoconazole	49.58[b]	48.33[b]	46.11[b]	23.33[b]
Contact fungicide:				
maneb	2.78[e]	1.39[ef]	1.39[e]	0.00[c]
mancozeb	10.42[d]	2.78[e]	0.00[e]	0.00[c]
$LSD_{0.05}$	3.20	1.81	1.68	5.14
CV (%)	6.30	4.06	4.00	17.84

[1/] Value with different letters within a column were significantly different according to least significant difference (LSD) at $P \leq 0.05$

สรุป

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่ารา 6 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการควบคุมการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคหอมเลื้อยของหอมแดง ไอโซเลทที่แยกจากใบของหอมหัวใหญ่ที่เป็นโรค พบว่า การทดสอบด้วยวิธี poisonous agar method และ fungicide soaking method ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพไปในทำนองเดียวกัน กล่าวคือ carbendacim ที่ทุกความเข้มข้น มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แม้จะมีรายงานว่า เชื้อราชนิดนี้ที่เข้าทำลายสตรอว์เบอรี่สามารถต้านทานสารฆ่ารา carbendacim ได้ก็ตาม (วรุตม์ และสรัญยา, 2557) ขณะที่ azoxystrobin ผสม difenoconazole, azoxystrobin, difenoconazole, mancozeb และ maneb มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลงตามระดับความเข้มข้นที่ลดลงในชุดทดสอบ นอกจากนั้นยังพบว่า mancozeb และ maneb เป็นสารฆ่าราที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคหอมเลื้อยได้ต่ำสุดในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารฆ่าราอีก 4 ชนิดที่เหลือ แสดงให้เห็นว่าสารฆ่าราทั้งสองชนิดดังกล่าวไม่สามารถควบคุมโรคหอมเลื้อยได้ ดังนั้น carbendacim จึงเป็นสารฆ่าราที่เหมาะสมในการควบคุมโรคหอมเลื้อยของหอมแดงที่เกิดจากเชื้อ *C. gloeosporioides*

เอกสารอ้างอิง

ธรรมศักดิ์ สมมาตย์. 2543. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 371 หน้า.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. เครื่องเทศ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 205 หน้า.

นิตยา กันหลง. 2545. สมุดภาพโรคสำคัญของพืชสกุลหอมกระเทียมในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 197 หน้า.

วรุตม์ ใจปิน และสรัญยา ณ ลำปาง. 2557. ผลของเชื้อแอกติโนไมซีสจากดินต่อการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของสตรอว์เบอร์รีที่ต้านทานต่อคาร์เบนดาซิม. วารสารเกษตร 30(1): 1-10.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13577 (4 กันยายน 2558).

Ebenebe, A.C. 1980. Onion twister disease caused by *Glomerella cingulata* in Northern Nigeria. Plant Disease 64(11): 1030-1032.

Lim, T.K. 1980. Chemical control of mango anthracnose in Malaysia *in vitro* fungitoxicity of selected chemicals. Pertanika 3(1): 5-9.

ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองของไทย

Variation of Anthocyanin Content and Antioxidant Capacity among Local Thai Purple Glutinous Rice Genotypes

สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ[1/] และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[1/, 2/*]

Supaporn Yamuangmorn[1/] and Chanakan Thebault Prom-u-thai[1/, 2/*]

[1/]สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/]Agronomy Division, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agricultural, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/]ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2/]Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: chanakan15@hotmail.com, chanakan.p@cmu.ac.th*

(Received: 9 February 2016; Accepted: 25 April 2016)

Abstract: Purple rice is rich in nutritional values and bioactive compounds such as anthocyanins found mostly in pericarp layer of the grain. They illustrate antioxidant properties by reacting against reactive oxygen species. For this reason, consuming purple rice has recently become popularly among health concerning people. The objective of this study was to determine variation of grain yield, anthocyanin content and antioxidant capacity among 19 local purple rice genotypes. The experiment was arranged in RCBD with 3 replications. Rice plants were grown in the same growing condition and harvested at maturity for yield evaluation. Anthocyanin content and antioxidant capacity were analyzed in brown rice caryopsis. The results show significant variation in grain yield, anthocyanin content and antioxidant capacity among the 19 purple rice genotypes. Grain yield varied significantly from 260 to 625 kg/rai, anthocyanin content ranged from 9.73 - 54.68 mg/100 g and antioxidant capacity ranged from 251.76 - 709.38 mg Trolox/100 g and 2304.6 - 6247.0 μmol Fe (II)/100 g determined by DPPH and FRAP assays, respectively. The genotype Kum 7677 had the highest amount of grain yield, anthocyanins and antioxidants determined by DPPH assay. These 2 assays was used to determine the antioxidant capacity in purple rice as they were significantly correlated ($r = 0.71$, $p < 0.01$). The correlation was not observed between anthocyanin content and antioxidant capacity determined by both assays. There should be some other compounds play the similar role as anthocyanin which is requiring further study. However, the information in this study encourages further study on physiological mechanisms of anthocyanin and antioxidant accumulation in rice grain among different rice genotypes and the selection of rice genotypes in breeding program for high anthocyanin and antioxidant capacity genotypes which will be benefit for rice consumers.

Keywords: Local purple glutinous rice genotype, yield, anthocyanin, antioxidant

บทคัดย่อ: ข้าวเหนียวดำหรือข้าวเหนียวก่ำอุดมไปด้วยสารสำคัญที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารรงควัตถุให้สีคือ แอนโทไซยานินที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดโรคสำคัญหลายชนิด ทำให้ปัจจุบันข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนของผลผลิต ปริมาณแอนโทไซยานินและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง 19 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกข้าวเหนียวก่ำทั้งหมดในสภาพการจัดการเดียวกัน เก็บเกี่ยวเมล็ดในระยะสุกแก่เพื่อประเมินผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้อง ผลการทดลองพบว่า มีความแตกต่างของผลผลิต แอนโทไซยานินและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ โดยมีผลผลิตอยู่ในช่วง 260 - 625 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ในช่วง 9.73 - 54.68 มิลลิกรัม/100 กรัม และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าอยู่ในช่วง 251.76 - 709.38 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม และ 2304.6 - 6247.0 ไมโครโมล Fe(II)/100 กรัม วัดโดยวิธี DPPH และ FRAP ตามลำดับ โดยพบว่าพันธุ์ก่ำ 7677 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิต แอนโทไซยินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง นอกจากนี้ยังพบว่า การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้จากทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.71$, $p < 0.01$) ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ทั้งสองวิธี แสดงให้เห็นว่า แอนโทไซยานินเป็นสารที่ทำให้เกิดสีดำในข้าวเหนียวก่ำแต่อาจจะไม่ใช่องค์ประกอบหลักของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพียงตัวเดียวในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวเหนียวก่ำที่เป็นข้าวกล้อง น่าจะมีสารชนิดอื่นๆ ที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูอิสระอีกที่มีบทบาทสำคัญและทำหน้าที่ร่วมกัน ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้สามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษากลไกการสะสมสารแอนโทไซยานินที่ไม่สอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวเหนียวก่ำ รวมทั้งการคัดเลือกพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำให้มีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภคต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง ผลผลิต แอนโทไซยานิน สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ข้าวเหนียวก่ำ (purple rice) เป็นพืชอาหารที่กำลังได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้บริโภคนิยมอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก เนื่องจาก ข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่เป็นสารรงควัตถุ พบบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งพบว่า รงควัตถุนี้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) เช่น ช่วยต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) (Lucioli, 2012) อีกทั้งแอนโทไซยานินยังมีบทบาทต่อระบบหลอดเลือดและเกล็ดเลือดอีกด้วย มีรายงานว่า การบริโภคอาหารเสริมแอนโทไซยานินที่สกัดจากข้าวเหนียวก่ำ ช่วยลดภาวะเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ (Wang *et al.*, 2007) เนื่องจากช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมา (วิทย์ธพงษ์ และคณะ, 2554) ทำให้ข้าวเหนียวก่ำเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในตลาดข้าวเป็นจำนวนมาก มีการนำเอาข้าวเหนียวก่ำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอางเพื่อเป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่หลากหลาย โดยทั่วไปชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานินที่ปรากฏในข้าวเหนียวก่ำมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการแสดงออกทางพันธุกรรม จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำจำนวน 9 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง 17.74-172.83 มิลลิกรัม/100 กรัม เมล็ด (ช่อแก้ว และคณะ, 2554) นอกจากนี้การสังเคราะห์แอนโทไซยานินยังเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมอีกด้วย พบว่าข้าวเหนียวก่ำมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันซึ่ง

ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (วรรณภา และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตาม ข้าวเหนียวก่ำที่ปลูกทั่วไปในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงเป็นพันธุ์พื้นเมือง เป็นพืชวันสั้น ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ และอีกทั้งลักษณะประจำพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่ไม่แตกกอมาก มีดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำ ทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ผลตอบแทนได้น้อย เกษตรกรจึงไม่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยในเชิงลึกและต่อเนื่องเทียบกับคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดต่าง ๆ ในข้าวเหนียวก่ำที่จะสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการต่อยอด และการปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ ประเมินผลผลิต ปริมาณสารแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำที่เก็บรวบรวมมาได้ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำแต่ละพันธุ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิต แอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และเพื่อการศึกษาสารออกฤทธิ์ชีวภาพในข้าวเหนียวก่ำเชิงลึกเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกและการดูแลรักษา

ข้าวเหนียวก่ำจำนวน 19 พันธุ์ คือ ก่ำนา, ก่ำเวียดนาม, ก่ำ 87046, ก่ำหกสาลี, ก่ำ 19088, ก่ำ 5155, ก่ำฝาง, ก่ำสุพรรณ, ก่ำ 11875, ก่ำ 19104, ก่ำ 99151, ก่ำพะเยา, ก่ำ 7677, ก่ำ 87061, ก่ำ 19959, ก่ำ 87090, ก่ำ 87057, ก่ำเวียงสา และก่ำดอยสะเก็ด ปลูกในฤดูนาปี ช่วงเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2556 โดยการเพาะกล้าอายุได้ 30 วัน จากนั้นย้ายปลูกลงแปลงพื้นที่ขนาด 3 x 3 เมตร ด้วยวิธีปักดำ จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ณ แปลงทดลองสาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และและปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยเคมีจำนวน 2 ครั้ง คือ ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากปักดำได้ 20 วัน และอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก มีการดูแลรักษาและป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะสุกแก่ นำเมล็ดมาทำความสะอาด และตากให้แห้งเพื่อลดความชื้นให้ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเมล็ดไปกระเทาะเปลือกให้ได้ข้าวกล้องเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH-different (Abdel-Aal and Hucl, 1999) โดยใช้ตัวอย่างข้าวกล้อง 2.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยทำการเขย่าทุก ๆ 5 นาที จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นดูดสารสกัดปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร ทำการเจือจางสารสกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (0.025 M, pH 1.0) และ โซเดียมอะซิเตรต (0.4 M, pH 4.5) แล้วอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Biochrom Libra S22, England)

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ข้าวที่บดละเอียดแล้ว 0.1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมเมทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่า นาน 1 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง นาน 5 นาที จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้จากข้าวด้วย nylon membrane filter 0.45 ไมครอน แบ่งสารสกัดสองส่วนนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี คือ DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) radical scavenging activity (DPPH) (Amarowicz *et al*., 2004) และวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie and Strain, 1999)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติหาความแตกต่างของผลผลิต ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำแต่ละสายพันธุ์ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least

Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ ($P < 0.01$) (ภาพที่ 1) แอนโทไซยานินมีความแปรปรวนตั้งแต่ 9.73 - 54.68 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีค่าเฉลี่ย 27.09 มิลลิกรัม/100 กรัม พันธุ์ก่ำ 7677 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุดคือ 54.68 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนก่ำดอยสะเก็ดและก่ำเวียงสา มีค่าต่ำสุด คือ 12.04 และ 9.73 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินจากการทดลองนี้บ่งชี้ว่ามีความแปรปรวนในช่วงกว้างระหว่างพันธุกรรมข้าว แม้ว่าปริมาณแอนโทไซยานินที่พบจะมีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ก่อนหน้านี้ในข้าวเหนียวก่ำที่สกัดด้วยเอทานอล จำนวน 9 พันธุ์ ที่พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 17.74 - 172.83 มิลลิกรัม/100 กรัม (ซ่อแก้ว และคณะ, 2554) อาจเป็นไปได้ว่าค่าแอนโทไซยานินที่วิเคราะห์จากการทดลองนี้เป็นค่าของมอนอเมอริกแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรูปของแอนโทไซยานินที่ละลายน้ำได้และสามารถนำมาใช้ได้โดยตรง แตกต่างจากแอนโทไซยานินรวมที่ได้จากแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และไม่ได้ ซึ่งมีรายงานกล่าวไว้ว่าชนิดและปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย โดยปกติแล้วเมทานอลมีประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินมากกว่าเอทานอล และน้ำ ตามลำดับ ดังนั้นในการเปรียบเทียบปริมาณของแอนโทไซยานิน จำเป็นต้องระบุด้วยว่าเป็นการสกัดมาจากตัวทำละลายเดียวกันหรือไม่ (Giusti and Jing, 2008) ซึ่งงานวิจัยเชิงลึกอาจจะต้องเปรียบเทียบความเข้มข้นของแอนโทไซยานินทั้ง 2 รูปแบบในข้าวแต่ละพันธุ์ด้วยว่ามีสัดส่วนที่แตกต่างกันอย่างไร เพื่อจะเป็นข้อมูลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ รวมทั้งการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงต่อไป และอาจเป็นไปได้ด้วยว่าความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินนั้นเกิดจากพันธุกรรมข้าวที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้าวจากแหล่งพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินที่แตกต่างกันด้วย

นอกจากปริมาณแอนโทไซยานิน ยังพบว่ามีความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ด้วย โดยการทดลองนี้ได้แสดงวิธีการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธีเปรียบเทียบกันคือ DPPH radical scavenging activity (DPPH) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) (ภาพที่ 2 และ 3) พบว่า พันธุ์ก่ำ 7677 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อวัดโดยวิธี DPPH คือ 709.38 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม ส่วนพันธุ์ก่ำ 87046 มีค่าต่ำสุดที่ 251.76 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม และผลจากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่า พันธุ์ก่ำ 11875 และก่ำ 19104 แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 6247.0 และ 6033.8 ไมโครโมล Fe(II)/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ก่ำ 87090 ก่ำ 87046 ก่ำ 87061

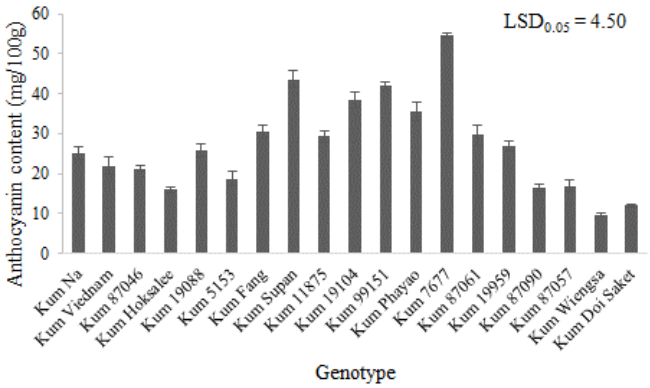

Figure 1 Anthocyanin content in 19 local Thai purple glutinous rice genotypes

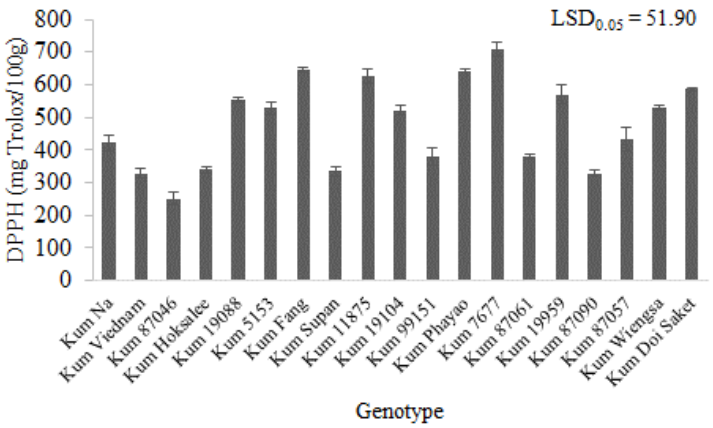

Figure 2 Antioxidant capacity of 19 local Thai purple glutinous rice genotypes determined by DPPH method

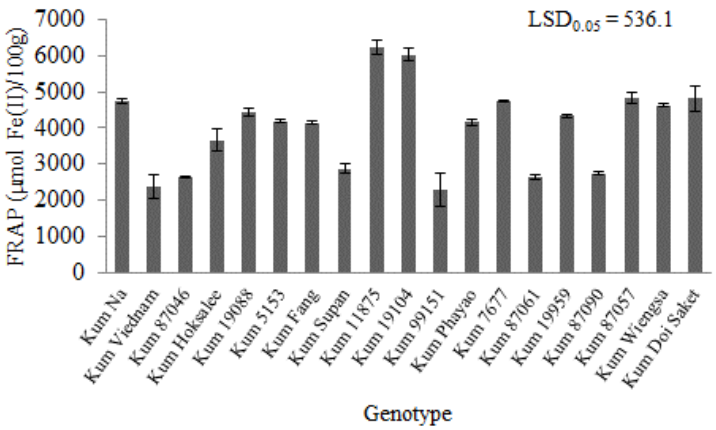

Figure 3 Antioxidant capacity of 19 local Thai purple glutinous rice genotypes determined by FRAP method

ก่ำเวียดนาม และก่ำ 99151 แสดงค่าต่ำสุด เท่ากับ 2740.2, 2626.7, 2617.7, 2377.2 และ 2304.6 ไมโครโมล Fe(II)/100 กรัม ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้จากทั้งสองวิธี ($r = 0.71$, $p < 0.01$) (ภาพที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวเหนียวก่ำที่เป็นข้าวกล้องสามารถทำได้ทั้ง 2 วิธี หรือใช้แทนกันได้ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และวิธีการที่เอื้ออำนวยในแต่ละห้องปฏิบัติการ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH และ FRAP ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH ($r = 0.27^{ns}$) และ FRAP ($r = 0.002^{ns}$) (ภาพที่ 5) ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองนี้ขัดแย้งกับรายงานก่อนหน้านี้ที่พบว่า แอนโทไซยานินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวพันธุ์เหนียวดำและพันธุ์หอมนิล (Sutharut and Sudarat, 2012) ซึ่งรายงานดังกล่าวได้อธิบายไว้ว่าแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่งที่สะสมอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (Lucioli, 2012) ข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงก็จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดลองอาจเป็นในทาง

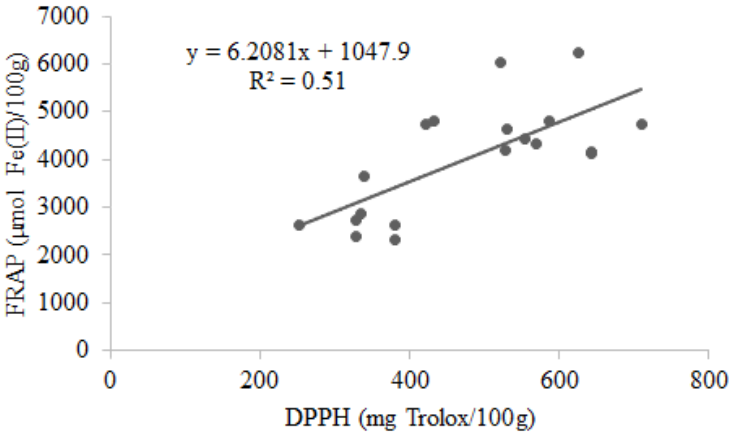

Figure 4 Relationship between antioxidant capacity determined by DPPH and FRAP methods (n = 19)

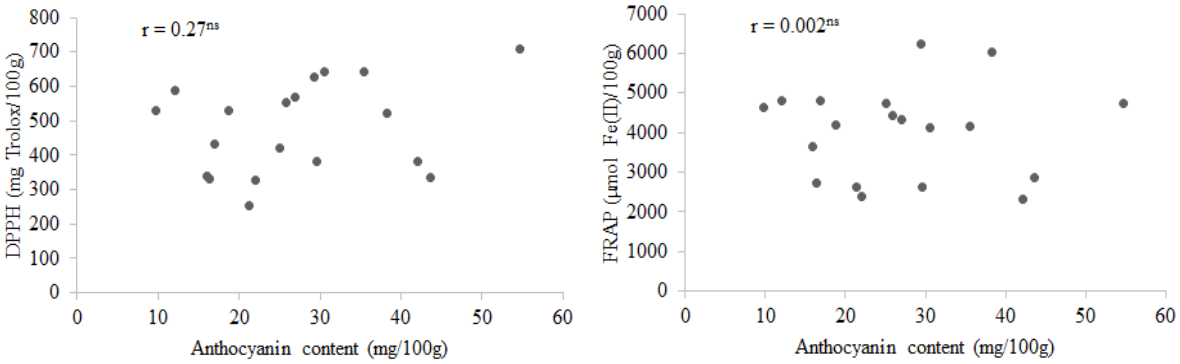

Figure 5 Relationship between anthocyanin content and antioxidant capacity determined by DPPH and FRAP Methods (n = 19)

ตรงกันข้ามดังได้แสดงผลในการทดลองนี้ได้ เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็นเพียงส่วนหนึ่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่หลายชนิดในพืชและสัตว์ที่มีบทบาทเหมือนกับแอนโทไซยานิน เช่นในงานทดลองที่พบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานิน อยู่ในช่วง 109.5 - 256.6 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงมีเพียง 0.3 - 1.4 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งค่าแอนโทไซยานินที่วัดได้ต่างกันมากระหว่างข้าวดำและข้าวแดง แต่พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี FRAP ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสีของเยื่อหุ้มเมล็ด (Sompong *et al*., 2011) แสดงให้เห็นว่า ในข้าวบางกลุ่มมีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ แต่อาจไม่ใช่ฤทธิ์ทางชีวภาพหลักในการแสดงออกของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวกลุ่มนั้น สารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ ที่พบในข้าวที่มีสี ได้แก่ ฟลาโวน ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ แกมม่าโอไรซานอล เป็นต้น (Pereira-Caro *et al*., 2013) การศึกษาและวิจัยในอนาคตอาจมุ่งเน้นที่จะวัดองค์ประกอบหลักของสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวแต่ละกลุ่มพันธุ์ ซึ่งอาจจะมีความเหมือนหรือแตกต่างกันก็เป็นไปได้ นอกจากนี้ปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น สภาพและอายุการเก็บรักษาก็อาจส่งผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางชีวภาพที่จะส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ด้วย

นอกจากนี้ในการทดลองยังแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างของผลผลิตเมล็ดข้าวในข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ด้วย (ภาพที่ 6) โดยพบว่า ผลผลิตมีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 260 - 625 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่าเฉลี่ย

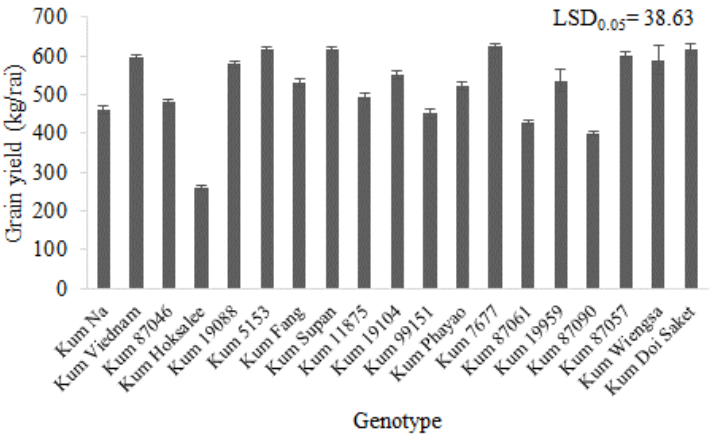

Figure 6 Grain yield (at 14% moisture content) of 19 local Thai purple glutinous rice genotypes

อยู่ที่ 524 กิโลกรัม/ไร่ โดยมี 7 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูง คือ ก่ำ 7677 ก่ำ 5153 ก่ำสุพรรณ ก่ำดอยสะเก็ด ก่ำ 87057 ก่ำเวียดนาม และก่ำเวียงสา (589 - 625 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์ก่ำหกสาลีให้ผลผลิตต่ำสุด (260 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์อื่นๆ มีผลผลิตอยู่ระหว่างกลาง และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณแอนโทไซยานิน ($r = 0.17^{ns}$) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH ($r = 0.44^{ns}$) และ FRAP ($r = 0.29^{ns}$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการสร้างผลผลิตในข้าวพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองที่นำมาทดสอบ ซึ่งอาจจะเป็นข้อดีในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยไม่มีการสูญเสียผลผลิต หรืออาจจะสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำได้ โดยไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง และเมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณผลผลิตในแต่ละพันธุ์ พบว่า พันธุ์ก่ำ 7677 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพาะปลูกเพื่อการบริโภคข้าวเหนียวก่ำที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง อย่างไรก็ตาม แหล่งผลิตข้าวยังมีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินและผลผลิต ดังนั้นการปลูกข้าวควรเลือกพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก จากการรายงานก่อนหน้านี้ในข้าวเหนียวก่ำไร่จำนวน 7 พันธุ์ ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์มีการตอบสนองต่อปริมาณแอนโทไซยานินในแต่ละพื้นที่ปลูกแตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลผลิตที่พบว่า พื้นที่ปลูกมีผลต่อปริมาณผลผลิตในข้าวเหนียวก่ำ (Somsana *et al.*, 2013) อาจเป็นผลมาจากแต่ละพื้นที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น

สรุป

มีความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำที่นำมาทดสอบทั้ง 19 พันธุ์ ในช่วงที่กว้าง พันธุ์ข้าวเหนียวก่ำส่วนมากมีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามยังมีพันธุ์ข้าวบางพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง เช่น ก่ำ 7677 และบางพันธุ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น ก่ำ 7677 ก่ำ 11875 และก่ำ 19104 ซึ่งความแตกต่างระหว่างพันธุกรรมของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของวัตถุดิบในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อการบริโภคได้มากและกว้างขวางขึ้น ทั้งใน

ด้านผลิตภัณฑ์อาหาร ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น การทดลองต่อไปอาจจะต้องศึกษาถึงสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ ในเมล็ดข้าวเหนียวก่ำ เนื่องจากการทดลองนี้พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินไม่ใช่ตัวที่จะบ่งชี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าว

เอกสารอ้างอิง

ช่อแก้ว อนิลบล ปรเมศ บรรเทิง จิรวัฒน์ สนิทชน และพัชรินทร์ ส่งศรี. 2554. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ โดยใช้วิธี HPLC และ spectrophotometric. วารสารแก่นเกษตร 39 (ฉบับพิเศษ): 353-357.

วรรณภา ก๋าถ้วย เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม ศันสนีย์ จำจด และณัฏฐิณี ภัทรกุล. 2556. ผลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและน้ำต่อผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำ 2 พันธุ์. วารสารแก่นเกษตร 41(4): 403-410.

วิทย์พงษ์ เปี้ยวงค์ ปุณเรศวร์ รัตนประดิษฐ์ สัญชัย จตุรสิทธา ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร ดำเนิน กาละดี และ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2554. ผลของข้าวเหนียวก่ำต่อสมรรถภาพการผลิตปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมาและคุณภาพซากของสุกรรุ่น-ขุน. วารสารเกษตร 27(2): 101-112.

Abdel-Aal, E-SM and P. A. Hucl. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chemistry 76: 350-354.

Amarowicz, R., R. B. Pegg, P. Rahimi-Moghaddam, B. Barl and J. A. Weil. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. Food Chemistry 84: 51-562.

Benzie, I. F. and J. J. Strain. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. Methods in Enzymology 299: 15-27.

Giusti, M. M. and P. Jing. 2008. Analysis of Anthocyanin. Food Colorants Chemical and Founctional Properties, Boca Raton. pp. 479-497.

Lucioli, S. 2012. Anthocyanins: Mechanism of action and therapeutic efficacy. *In*: A Capasso (ed) Medicinal Plants as Antioxidant Agents: Understanding Their Mechanism 23 of Action and Therapeutic Efficacy, Research Signpost. India, ISBN: 978-81-308-0509-2.

Pereira-Caro, G., G. Cros, T. Yokota and A. Crozier. 2013. Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the Camargue region of France. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 7976-7986.

Sompong, R., S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin and E. Berghofer. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. Food Chemistry 124: 132-140.

Somsana, P., P. Wattana, B. Suriharn and J. Sanitchon. 2013. Stability and genotype by environment interactions for grain anthocyanin content of Thai black glutinous upland rice (*Oryza sativa*) SABRAO Journal of Breeding and Genetics 45: 523-532.

Sutharut, J. and J. Sudarat. 2012. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. International Food Research Journal 19: 215-221.

Wang, Q., P. Han, M. Zhang, M. Xia, H. Zhu, J. Ma, M. Hou, Z. Tang and W. Ling. 2007.

Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 16: 295-301.

การใช้วิธีวิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่บ้าน เพื่อส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ ในจังหวัดเชียงใหม่

Using Cluster Analysis to Group Villages for Promoting Organic Agriculture in Chiang Mai Province

พหล ศักดิ์คะทัศน์[1/*] และสุรชัย กังวล[2/]

Phahol Sakkatat[1/*] and Surachai Kungwon[2/]

[1/]หลักสูตรพัฒนาทรัพยากรชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1/]Rural Development Programme, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290, Thailand

[2/]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2/]Faculty of Economics, Maejo University 50290, Thailand

**Corresponding author: Email: Phahol@mju.ac.th*

(Received: 13 August 2015; Accepted: 2 March 2016)

Abstract: This research had 2 objectives: 1) appropriate indicators in clustering villages by agriculture characteristics, and 2) clustering the rural villages. The data were collected from 60 rural villages of 4 districts, each district had 3 sub districts in Chiang Mai, such as Maerim, Saraphi, Doi saket, and Sansai by survey and interview, then analyzed by cluster analysis. The results revealed that, there were 6 indicators, such as percentage of 1) area had no intensive chemical using more than 3 years 2) area was plane and clear 3) area had not or far from industrial factory more than 1 kilometer, 4) area was far from intensive chemical using neighbor more than 1 kilometer 5) area close to main highway, and 6) chemical less and sufficiency water source area. Rural villages were grouped of organic agricultural practice appropriateness in to 3 clusters, 1) most, 31 villages; 2) moderate, 24 villages; and 3) low, 5 villages.

Keywords: Cluster analysis, indicators, organic agriculture, rural village

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1)เพื่อศึกษาตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการจัดกลุ่มหมู่บ้านตามลักษณะพื้นที่การทำการเกษตร และ 2) เพื่อจัดกลุ่มหมู่บ้านชนบท จำนวน 4 อำเภอ ได้แก่ แม่ริม สารภี ดอยสะเก็ดและสันทราย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรมาก ทำการสุ่มตำบล อำเภอละ 3 ตำบล ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ได้หมู่บ้านรวม 60 หมู่บ้าน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจและการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) ผลจากวิจัยพบว่าตัวชี้วัดที่ใช้จัดกลุ่มหมู่บ้านชนบทมี 6 ตัวชี้วัด คือ 1) ร้อยละของพื้นที่ ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี 2) ร้อยละของลักษณะพื้นที่ค่อนข้างราบและโล่งแจ้ง 3) ร้อยละของพื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิน 1 กิโลเมตร 4) ร้อยละของพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีอย่างเข้มข้น 5) ร้อยละของพื้นที่ ที่มีถนนทางหลวงสายหลักผ่าน และ 6) ร้อยละของพื้นที่ ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อน ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่บ้านชนบทที่เหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ 1) หมู่บ้านที่มีความเหมาะสมมาก มีจำนวน 31 หมู่บ้าน 2) หมู่บ้านที่เหมาะสมปานกลาง จำนวน 24 หมู่บ้าน และ 3) หมู่บ้านที่เหมาะสมในระดับน้อย มีจำนวน 5 หมู่บ้าน

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ตัวชี้วัด หมู่บ้านชนบท

คำนำ

การทำการเกษตรอินทรีย์ เป็นการทำการเกษตรที่แตกต่างอย่างมากจากระบบเกษตรแผนใหม่ที่มุ่งเน้นการใช้ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เช่น ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต ขนาด รสชาติ และสีสันให้แก่พืชที่ปลูก ทั้งนี้เพราะแนวทางเกษตรอินทรีย์อาศัยกลไกและกระบวนการของระบบนิเวศในการทำการผลิต จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกษตรอินทรีย์จะปฏิเสธการใช้สารเคมีทุกชนิด ทั้งสารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี เนื่องจากสารเคมีการเกษตรเหล่านี้มีผลกระทบต่อระบบนิเวศ นอกจากนี้เกษตรอินทรีย์ยังให้ความสำคัญกับการสร้างสมดุลของธาตุอาหารและระบบนิเวศการเกษตร ตลอดจนการฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งถือได้ว่าเกษตรอินทรีย์เป็นการบริหารจัดการฟาร์มเชิงบวก (positive farm management) ซึ่งเป็นผลดีต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความมั่นคงทางเศรษฐกิจแก่ประเทศชาติได้อย่างยั่งยืน (อาณัติ, 2552) ในการเปลี่ยนการทำเกษตรแบบเคมีมาเป็นเกษตรอินทรีย์ในปัจจุบัน เกษตรกรทั่วไปมักยังไม่ทราบว่าพื้นที่นั้นเหมาะสมกับการทำการเกษตรอินทรีย์หรือไม่ เช่น ประวัติการทำการเกษตรของพื้นที่ ก่อนเลือกพื้นที่ผลิตพืชอินทรีย์จะต้องทราบประวัติการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ให้มากที่สุด เช่น เคยปลูกพืชอะไร การใช้ปุ๋ย สารเคมี และความสำเร็จของการใช้พื้นที่ เป็นต้น หรือถ้าพื้นที่นั้นเคยเป็นป่าไม้มาก่อนจะมีธาตุอาหารค่อนข้างสมบูรณ์ (พันธ์ศักดิ์ และศุภธิดา, 2550) เพื่อใช้ในการตัดสินใจวางแผนการผลิตเกษตรอินทรีย์ นอกจากนี้พื้นที่ที่ตั้งของพื้นที่ ควรเลือกพื้นที่ห่างจากถนนใหญ่หรือโรงงานอุตสาหกรรมเป็นต้น เพื่อป้องกันมลพิษ และพื้นที่ไม่ควรอยู่ติดแปลงปลูกพืชที่มีการใช้สารเคมี นอกจากนี้ความเหมาะสมของพื้นที่ต่อพืชที่จะปลูกและการมีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารเคมีเพียงพอ ดังนั้น การเลือกพื้นที่ในหมู่บ้านชนบทเพื่อทำเกษตรอินทรีย์ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรจึงเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับพื้นที่ทำการเกษตรของจังหวัดเชียงใหม่มีความหลากหลายแตกต่างกันออกไปตามลักษณะภูมิประเทศ เช่น พื้นที่เนินเขาหรือที่สูง จะมีการทำการปลูกข้าวไร่ ไม้ผล พื้นที่ราบลุ่มมักทำการปลูกข้าว พืชผัก ไม้ดอก เป็นต้น แม้ว่าเกษตรกรจะทำการเกษตรต่างๆ มาเป็นเวลานาน ส่วนใหญ่ยังเป็นเกษตรแบบเคมี ซึ่งผลผลิตก็ยังมีปริมาณและคุณภาพที่ต่ำ สาเหตุที่สำคัญคือ เกษตรกรยังขาดความรู้ในการทำเกษตร การให้ความรู้แก่เกษตรกรในการทำเกษตรอินทรีย์ เป็นสิ่งจำเป็นไม่ว่าจะเป็น ด้านการเลือกพื้นที่ การเตรียมดิน การผลิตปุ๋ยและสารชีวภาพในการเกษตร การบำรุงรักษา การกลับนำไปใช้ใหม่ และการแปรรูปผลผลิต เป็นต้น

การจัดกลุ่มพื้นที่หรือหมู่บ้านที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์มากน้อยมีวิธีการจัดกลุ่มได้หลายวิธี สำหรับในการศึกษาครั้งนี้จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์

การจัดกลุ่ม เนื่องจากเป็นวิธีการทางสถิติที่น่าเชื่อถือได้ในระดับสากล โดยใช้ตัวแปรหรือตัวชี้วัดที่ได้ศึกษามาทำการวิเคราะห์ และจัดกลุ่ม ซึ่งในในการส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ที่ผ่านมา หน่วยงานที่ไปส่งเสริมมักเจาะจงพื้นที่ที่จะไปส่งเสริมเอง หรือตามสะดวก ซึ่งบางพื้นที่ไม่เหมาะสม เช่น ติดกับถนนใหญ่ หรือใกล้โรงงานอุตสาหกรรมเป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ประชากรเป้าหมายคือหมู่บ้านที่อยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งประกอบด้วย 25 อำเภอ (กรมการปกครอง, 2552) การวิจัยครั้งนี้กำหนดอำเภอที่ทำการเกษตรมากที่สุดของจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแม่ริม สารภี ดอยสะเก็ด และสันทราย การสุ่มตัวอย่างจะทำการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 ทำการสุ่มตำบลมาอำเภอละ 3 ตำบล ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มหมู่บ้าน มาตำบลละ 5 หมู่บ้าน ทั้ง 2 ขั้นตอนทำการสุ่มอย่างง่าย รวมทั้งหมด 60 หมู่บ้าน หน่วยวิเคราะห์คือหมู่บ้าน โดยผู้ใหญ่บ้านหรือผู้ที่สามารถจะให้ข้อมูลได้ดีของหมู่บ้านนั้น ๆ การเก็บรวบรวมข้อมูลจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล กรมพัฒนาที่ดิน กรมวิชาการเกษตรเป็นต้น และข้อมูลปฐมภูมิจากการสำรวจและสัมภาษณ์แบบเจาะลึกโดยใช้แบบสัมภาษณ์ จากนั้นข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ตัวชี้วัดหมู่บ้านที่เหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตรอินทรีย์จำนวน 3 ท่าน ได้ทำการวิพากษ์ และทำการปรับปรุงตัวชี้วัดจนได้ตัวชี้วัดที่เหมาะสม ต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทั้งสถิติพรรณนาเช่น อัตราส่วนร้อย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติวิเคราะห์หลายตัวแปรได้แก่ การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) ซึ่งวิธีการนี้เป็นตัวอย่าง (หมู่บ้าน) ให้เป็นกลุ่ม ๆ เพื่อลดจำนวนตัวอย่างหรือจัดกลุ่มตัวอย่างให้เป็นหมวดหมู่ โดยหลักการวิเคราะห์จะพยายามให้สิ่งที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด (minimize intra-cluster distances) และพยายามให้แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันมากที่สุด (maximize inter-cluster distances) (นำชัย, 2553) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีระยะห่างระหว่างกลุ่ม (between group linkage) ในการจัดกลุ่มตัวอย่างและใช้วิธีระยะห่างยูคลีเดียนกำลังสอง (squared euclidean distance) ในการวัดระยะห่างระหว่างหน่วยตัวอย่าง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการจัดกลุ่มหมู่บ้าน

จากการสำรวจและสัมภาษณ์แบบเจาะลึกและจากการทบทวนวรรณกรรม สามารถสร้างตัวชี้วัดที่เหมาะสมได้ 6 ตัวชี้วัด ได้แก่ 1) ร้อยละของพื้นที่ ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี 2) ร้อยละของลักษณะพื้นที่ค่อนข้างราบและโล่งแจ้ง 3) ร้อยละของพื้นที่ไม่มีหรือห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิน 1 กิโลเมตร 4) ร้อยละของพื้นที่ ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้นเกิน 1 กิโลเมตร 5) ร้อยละของพื้นที่ที่มีถนนทางหลวงสายหลักผ่าน 6) ร้อยละของพื้นที่ ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อน และจากการศึกษา ข้อมูลทั่วไปของตัวชี้วัด 6 ตัวชี้วัดพบว่าหมู่บ้านส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี เฉลี่ยร้อยละ 23.66 มีลักษณะของพื้นที่ที่ค่อนข้างดอนและโล่งแจ้ง เฉลี่ยร้อยละ 42.93 ร้อยละของพื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิน 1 กิโลเมตรเฉลี่ย 84.66 มีพื้นที่ที่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีเฉลี่ยร้อยละ 31.00 มีพื้นที่ที่มีถนนทางหลวงสายหลักเฉลี่ยร้อยละ 3.28 มีพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อนเฉลี่ยร้อยละ 28.11 จากผลการศึกษาพบว่าตัวชี้วัดเป็นร้อยละของพื้นที่หมู่บ้าน ซึ่งหมู่บ้านที่เหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ควรจะไม่มีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี เพราะจะทำให้พื้นดินมีสารเคมีตกค้างได้ พื้นที่ควรเป็นที่ราบไม่ลุ่มเกินไปเพราะจะเป็นแหล่งรวมสารเคมี พื้นที่ไม่ควรมีโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะขนาดกลางและใหญ่อยู่ หรือถ้ามีควรห่างเกินกว่า 1 กิโลเมตรขึ้นไป พื้นที่ไม่ควรมีแปลงเกษตรใกล้เคียงที่ทำเกษตรแบบเคมีอย่างเข้มข้นในรัศมี 1 กิโลเมตร เพราะจะทำให้สารเคมีเหล่านั้นเข้ามาปนเปื้อนเกษตรอินทรีย์ได้ พื้นที่ไม่ควรมีถนนใหญ่หรือทางหลวง

สายหลักผ่านหรือถ้ามีก็มีน้อยที่สุดเนื่องจากสารเคมีจากควันจะปนเปื้อนได้เช่นกัน และพื้นที่ควรมีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อนและมีปริมาณเพียงพอกับพื้นที่ที่จะทำเกษตรแบบอินทรีย์ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าหมู่บ้านส่วนใหญ่ค่อนข้างเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ ดังตารางที่ 1

การจัดกลุ่มหมู่บ้านชนบท

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม โดยใช้ 6 ตัวชี้วัดที่ได้มาในขั้นตอนแรก ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม เทียบตามศูนย์กลางของกลุ่มพื้นที่ ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์น้อยเรียงจากตัวชี้วัดที่ให้ค่าสูงสุดไปถึงต่ำสุด (ตารางที่ 2) มีค่าเฉลี่ย

Table 1 Descriptive statistics of indicators percentage in clustering rural villages (n=60)

Indicators	Mean	SD	Min	Max
1 area had no intensive chemical agriculture more than 3 years	23.66	7.089	1.00	40.00
2 area was plane and arable	42.93	36.18	0.00	100.00
3 area had no or distant from industrial factory more than 1 kilometer	84.66	31.24	5.00	100.00
4 area was far from neighboring farm with intensive chemical more than 1 kilometer	31.00	29.46	0.00	70.00
5 area close to main highway	3.28	3.98	0.00	20.00
6 area had safe water source or without chemical combination	28.11	30.16	10.00	76.00

Table 2 Mean and standard deviation of three clusters centroid

Indicators	Centroid Cluster					
	Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3	
		SD		SD		SD
1 area had no intensive chemical agriculture more than 3 years	0.400	1.046	48.650	10.36	1.950	2.742
2 area was plane and arable	59.850	37.575	60.250	24.41	8.700	14.367
3 area had no or distant from industrial factory more than 1 kilometer	62.250	31.392	74.000	31.355	57.750	30.239
4 area was far from neighboring farm with intensive chemical more than 1 kilometer	11.750	6.619	24.750	17.280	6.500	4.454
5 area close to main highway	5.000	3.987	1.075	0.749	3.785	2.080
6 area had safe water source or without chemical combination	25.250	22.853	25.650	8.368	23.450	7.096

ของแต่ละตัวชี้วัดหรือตัวแปร สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม (cluster) ดังนี้ ในกลุ่มที่หนึ่งคือ มีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์น้อย มีลักษณะของตัวชี้วัดดังนี้ คือ มีพื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี ร้อยละ 0.40 ลักษณะพื้นที่ค่อนข้างดอนและโล่งแจ้งร้อยละ 59.85 พื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 62.25 พื้นที่ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี ร้อยละ 11.75 พื้นที่ที่มีทางหลวงสายหลักผ่าน ร้อยละ 5.00 พื้นที่ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อนร้อยละ 25.25 ในกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์มากคือ มีลักษณะของตัวชี้วัดดังนี้ คือ มีพื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี ร้อยละ 48.65 ลักษณะพื้นที่ค่อนข้างดอนและโล่งแจ้งร้อยละ 60.25 พื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 74.00 พื้นที่ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี ร้อยละ 24.75 พื้นที่ที่มีทางหลวงสายหลักผ่าน ร้อยละ 1.075 และพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อนร้อยละ 25.65 ส่วนในกลุ่มที่สาม คือ กลุ่มพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ปานกลางมีลักษณะของตัวชี้วัดดังนี้คือ มีพื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี ร้อยละ 1.95 ลักษณะพื้นที่ค่อนข้างดอนและโล่งแจ้งร้อยละ 8.70 พื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 57.75 พื้นที่ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี ร้อยละ 6.50 พื้นที่ที่มีทางหลวงสายหลักผ่านร้อยละ 3.785 และพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อนร้อยละ 23.45 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าหมู่บ้านที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณากลุ่มที่ 2 พบว่าเป็นกลุ่มที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์มากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเป็นไปตามกับตัวชี้วัดมากที่สุด

ระยะห่างระหว่างกลุ่ม

จากตารางที่ 3 เป็นการวิเคราะห์หาระยะห่างระหว่างกลุ่ม พบว่าระยะห่างระหว่างกลุ่ม 1 กับกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 71.433 ระยะห่างระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 81.017 และระยะห่างระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 106.231 กล่าวคือกลุ่มที่ 1 กับ 3 แตกต่างต่างกันชัดเจนที่สุดเพราะมีศูนย์กลางของกลุ่มที่มีระยะห่างกันมากและมีค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปรหรือตัวชี้วัดที่ต่างกัน ส่วนกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 มีศูนย์กลางของกลุ่มที่มีระยะห่างใกล้เคียงกันและมีค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปรหรือตัวชี้วัดที่ต่างกัน แสดงว่าการแบ่งกลุ่มมีความชัดเจนดี เนื่องจากระยะห่างระหว่างกลุ่มห่างเกิน 50 ขึ้นไป (สุชาติ, 2537)

ผลการจัดกลุ่มหมู่บ้านชนบท

ตารางที่ 4 ได้สรุปจำนวนหมู่บ้านในแต่ละกลุ่ม โดยกลุ่มหมู่บ้านในพื้นที่ ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์น้อยมีจำนวนทั้งหมด 5 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 8.33 กลุ่มหมู่บ้านในพื้นที่ ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ปานกลางมีจำนวนทั้งหมด

Table 3 Distance from each cluster of 3 clusters

Cluster	Distance between cluster		
	1	2	3
1		71.433	106.231
2	71.433		81.017
3	106.231	81.017	

Table 4 Number of rural villages of each cluster

	Number of rural villages	Percentage
Cluster 1 Less appropriate	5	8.33
Cluster 2 Most appropriate	31	51.66
Cluster 3 Moderate appropriate	24	40.00

24 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 40.00 และกลุ่มหมู่บ้านในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์มาก มีจำนวนทั้งหมด 31 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 51.66 ซึ่งสามารถกล่าวโดยรวมว่าพื้นที่หมู่บ้านที่ศึกษามีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตชลประทาน ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่หรือห่างจากนิคมอุตสาหกรรม พื้นที่เป็นที่ราบไม่ลุ่มมากเกินไป และมีการใช้สารเคมีไม่เข้มข้นนัก ตัวอย่างหมู่บ้านที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์มาก เช่น บ้านศรีวังธาร บ้านทุ่งหมื่นน้อย บ้านเมืองวะ อำเภอสันทราย เป็นต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวชี้วัดที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่มหมู่บ้าน พบว่า ตัวชี้วัด 6 ตัวชี้วัดคือ 1) ร้อยละของพื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี 2) ร้อยละของลักษณะพื้นที่ค่อนข้างดอนและโล่งแจ้ง 3) ร้อยละของพื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิน 1 กิโลเมตร 4) ร้อยละของพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้น 5) ร้อยละของพื้นที่ที่มีถนนทางหลวงหลักผ่าน และ 6) ร้อยละของพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อน ซึ่งเมื่อพิจารณาตัวชี้วัดที่ได้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่เน้นทางกายภาพซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่ง ดังนั้นในการศึกษาความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์จริง ๆ แล้ว อาจต้องศึกษาด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดิน ณ พื้นที่นั้น ๆ ด้วย ตลอดจนศักยภาพของเกษตรกรที่จะทำเกษตรแบบอินทรีย์ และการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งรัฐและเอกชน ในการทำเกษตรแบบอินทรีย์ด้วย

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่บ้านเพื่อความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ ในการจัดกลุ่มตัวชี้วัดและการจัดกลุ่มหมู่บ้าน เพื่อความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ โดยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (clusters) คือกลุ่มที่ 1 มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์น้อย กลุ่มที่ 2 มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์และมีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ปานกลาง โดยหมู่บ้านกลุ่มที่มีความเหมาะสมมากจะมีลักษณะ 1) ร้อยละของพื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นมาไม่น้อยกว่า 3 ปี 2) ร้อยละของลักษณะพื้นที่ค่อนข้างดอนและโล่งแจ้ง 3) ร้อยละของพื้นที่ที่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิน 1 กิโลเมตร 4) ร้อยละของพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแปลงเกษตรที่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้น 5) ร้อยละของพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำที่ปลอดจากสารพิษปนเปื้อน อยู่ในระดับสูง ส่วน 6) ร้อยละของพื้นที่ที่มีถนนทางหลวงหลักผ่านอยู่ในระดับต่ำหรือไม่มี หมู่บ้านที่มีความเหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์ในระดับมากมักเป็นหมู่บ้านที่อยู่ในเขตชลประทานมีน้ำในการทำการเกษตรเพียงพอ เป็นพื้นที่ราบไม่ลุ่มเกินไป เพราะจะเป็นแหล่งรวมสารเคมีที่จะไหลมารวมกัน ไม่ควรใกล้ป่าไม้มากเกินไปเพราะต้องได้รับแสงแดดเพียงพอ ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่หรืออยู่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่ไม่ควรทำการเกษตรแบบเคมีที่เข้มข้นมาก่อนในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา และไม่ควรมีแปลงเกษตรเคมีที่อยู่ใกล้เคียงด้วย ซึ่งขากผลการจัดกลุ่มด้วยวิธีการนี้ เมื่อพิจารณาหมู่บ้านที่ถูกจัดกลุ่มต่าง ๆ แล้ว พบว่า สอดคล้องกับพื้นที่จริง ๆ เป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างหมู่บ้านที่เหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์มาก เช่น หมู่บ้านศรีวังธาร ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากถนนใหญ่ ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ มีคลองชลประทานจากเขื่อนแม่กวงไหลผ่าน พื้นที่ใกล้เคียงไม่มีการทำการเกษตรเข้มข้นมากเกินไป ส่วนตัวอย่างหมู่บ้านที่เหมาะสมในการทำเกษตรอินทรีย์น้อย เช่น บ้านเจดีย์แม่ครัว ซึ่งตั้งอยู่ติดถนนใหญ่ ใกล้กับโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง และมีน้ำทิ้งจากโรงงานและบ้านเรือนที่อาจเป็นพิษต่อพืชที่ปลูกแบบอินทรีย์ ซึ่งในตำบลหนองหาร ของอำเภอสันทรายเป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้คือหน่วยงานที่เข้าไปทำการอบรมในการทำเกษตรอินทรีย์ให้กับหมู่บ้าน เช่น มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กรมส่งเสริมการเกษตร เป็นต้น ควรทำการศึกษาสภาพพื้นที่ของหมู่บ้านว่ามีลักษณะอย่างไร เหมาะสมกับการทำเกษตรอินทรีย์หรือไม่ โดยพิจารณาตามตัวชี้วัดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อผลผลิตเกษตรที่ได้จะเป็นอินทรีย์ที่แท้จริง และ

ผ่านมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ตลอดจนสามารถส่งออกได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยนี้ครั้งนี้ ตลอดจนนักศึกษาสาขาส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ช่วยให้งานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. 2552. รายงานสถิติจำนวนประชากรและบ้าน. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statTDD/views/showDistrictData.php?rcode=50&statType =1&year=52. (มิถุนายน, 2553)

นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล. 2553. การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://www.rlc.nrct.go.th (10 มีนาคม 2557)

พันธ์ศักดิ์ ธาดา และศุภธิดา อ่ำทอง. 2550. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและรูปแบบการใช้ที่ดิน ต่อคุณภาพ ดิน หมู่บ้านละเบ้ายา ตำบลสะเนียน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. วารสารเกษตร 23(2): 133-146.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2537. เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาตร์

อาณัฐ ตันโช. 2552. เกษตรธรรมชาติ แนวคิด หลักการและจุลินทรีย์ท้องถิ่น. สำนักงานพัฒนาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, เชียงใหม่. 146 หน้า.

การเสริมสร้างศักยภาพของเกษตรกรในการผลิตพริกพื้นเมืองพันธุ์หัวเรือ ตามมาตรฐานเกษตรปลอดภัยในจังหวัดอุบลราชธานี

Farmers' Capacity Building on Production of Save Local Chilli Variety Haurue, in Ubon Ratchathani Province

สุภาวดี ขุนทองจันทร์[1/]

Supawadee Khunthongjan[1/]

[1/]สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรมนุษย์ คณะบริหารบริหารธุรกิจและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

[1/]Human Resource Management Program, Faculty of Business Administration and Management, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, 34000 Thailand

**Corresponding author: Email: supawadee.khunthongjan@gmail.com*

(Received: 12 October 2015; Accepted: 7 April 2016)

Abstract: The Huarue chili is economic important cash of industrial crop of Ubon Ratchathani province. If the cultivation standard is maintained, long-term income can be generated. The purposes of the study were (1) to study the cultivation method by chili grown in Ubon Ratchathani province under the safety standard and (2) to compare the cultivation methods under this standard among chili grown whose cultivation experience and education backgrounds were different. The study took eight months and look at 150 Huarue chili grown. Data was collected through the use of a questionnaire and analyzed by descriptive statistics to calculate frequency and percentage, and compare the results using the F-test. It was (1) the most frequently followed safety cultivation standard was not using human waste in the chili bed ($\bar{x}$ =3.85) followed by (if necessary) the use of hazardous substance as recommended by the Department of Agriculture ($\bar{x}$ =3.82) and (2) chili grown who had different cultivation skills had two different safety as mentioned in no. 3 that was if necessary, the hazardous substance would be used as recommended by Department of Agriculture or as directed on the label. This was different at the critical level 0.05 which chili grown whose cultivation skill greater than 20 years better followed the safety standard than the ones whose cultivation skill less than 10 years and whose cultivation skill between 11-20 years. There was statistical different at 0.05 in no.4 that when plant pathology spreads the protection had to be conducted academically; the agriculturist whose cultivation skill greater than 20 years better followed the safety standard than the ones who had cultivation skill between 11-20 years. For the agriculturists who had different education background were capable to follow the safety standard equally with statistic different at 0.05.

Keywords: Farmers' capacity, building on production, save local chilli variety Haurue

บทคัดย่อ: พริกหัวเรือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดอุบลราชธานี หากเกษตรกรรักษามาตรฐานการปลูก จะทำให้มีรายได้ในระยะยาว การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี (2) เพื่อเปรียบเทียบการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี ที่มีประสบการณ์ในการปลูก และระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ เกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือจำนวน 150 คน ระยะเวลาของการศึกษา 8 เดือน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ในเชิงพรรณนา สถิติที่ใช้คือ ค่าความถี่ ร้อยละ และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยใช้ค่า F-test (one way ANOVA) ผลการศึกษาพบว่า (1) เกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือมีการดำเนินการตามมาตรฐานมากที่สุดคือ ไม่ใช้สิ่งขับถ่ายจากคนในแปลงพริก ($\bar{x}$ =3.85) รองลงมาเมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ($\bar{x}$ = 3.82) และ (2) เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกที่แตกต่างกัน มีการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกแตกต่างกัน 2 ข้อ คือ ข้อ 3 เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูก 20 ปี มีการดำเนินการมากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปีและมีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 ปี และ ข้อ 4 เมื่อมีการระบาดของศัตรูพืชในแปลงพริกต้องป้องกัน กำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี มีการดำเนินการตามมาตรฐานมากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 ปี สำหรับการเปรียบเทียบเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีการดำเนินการตามมาตรฐานทุกข้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: ศักยภาพของเกษตรกร การผลิตพริกพื้นเมืองหัวเรือ มาตรฐานเกษตรปลอดภัย

คำนำ

พริกพื้นเมืองหัวเรือ เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดอุบลราชธานี ที่ช่วยสร้างงาน สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัด ผลจากปริมาณ ความต้องการบริโภคพริกของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร เฉพาะคนไทยบริโภคพริกในปริมาณ 5 กรัมต่อคนต่อวัน สถิติในปี 2556 พบว่าพริกและผลิตภัณฑ์จากพริกมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 3,094 ล้านบาท และมีมูลค่าการนำเข้า 1,042 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2556) การที่พริกมีทั้งการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศและมีการนำเข้าจากต่างประเทศในรูปแบบที่แตกต่างทั้งผลสดแช่แข็ง และที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สะท้อนให้เห็นว่าสถานการณ์ทางการผลิตหรือคุณภาพพริกของไทยยังไม่สมดุลและมีปัญหาเรื่องคุณภาพและการบริหารจัดการในบางช่วงเวลา (วีระและเยาวรัตน์, 2557)

พริกพื้นเมืองหัวเรือ เป็นที่รู้จักของผู้บริโภคและผู้ประกอบการค้าส่งพริกมากขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากเป็นพริกที่มีรสชาติดี เกษตรกรหลายอำเภอของจังหวัดอุบลราชธานี จึงหันมาปลูกเพื่อการค้า ในการสร้างรายได้และยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจให้กับครอบครัวที่เพิ่มขึ้น รองจากการปลูกข้าว ในปีการเพาะปลูก 2555/2556 พื้นที่ในการปลูกพริกของจังหวัดอุบลราชธานี มีจำนวนมากกว่า 10,000 ไร่ ผลผลิตรวม 19,141 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,223 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาเฉลี่ย 12.50 บาทต่อกิโลกรัม (ช่วงราคา 10-60 บาท) มูลค่าทั้งสิ้น 239.3 ล้านบาท ช่วงเวลาเพาะปลูกคือเดือนธันวาคม หรือมกราคม อย่างไรก็ตาม เมื่อเกษตรกรปลูกในเชิงพาณิชย์มากขึ้น ทำให้ประสบปัญหาในระบบการผลิตและระบบตลาด ในระบบการผลิตเกษตรกรต้องเผชิญกับผลผลิตต่อไร่ลดต่ำลง เนื่องจากระบบการจัดการที่ยังมีข้อจำกัด (สำนักงานเกษตรอำเภอวารินชำราบ, 2557)

ส่วนในระบบการตลาด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความต้องการของผู้บริโภค เพราะการตลาดนำมาซึ่งรายได้โดยตรงของเกษตรกรผู้ผลิตโดยตรง อีกทั้งผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติในปัจจุบัน ต่างเรียกร้องหามาตรฐานของอาหารและสิ่งปรุงแต่งอาหาร ให้มีความปลอดภัย ตั้งแต่แหล่งผลิตต้นน้ำจนถึงผู้บริโภคขั้นสุดท้าย ดังนั้นการผลิตพริกพื้นเมืองหัวเรือเกษตรกรจำเป็นต้องรู้ข้อมูลความต้องการของผู้บริโภค และการปรับตัวในระบบการผลิตพริกให้เป็นไปอย่างมีคุณภาพ มีมาตรฐานความปลอดภัยตามข้อกำหนดของกรมวิชาการเกษตร เป็นที่ไว้วางใจของผู้บริโภค เป็นการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค อันจะส่งผลดีทั้งต่อผู้บริโภคที่ได้บริโภคพริกที่มีความปลอดภัย และเกษตรกรเองด้วยที่มีรายได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการศึกษาการดำเนินการผลิตของเกษตรกรว่าเป็นไปตามระบบมาตรการผลิตพริกแบบปลอดภัยมากน้อยเพียงใด จะช่วยให้พริกพื้นเมืองหัวเรือที่คงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของการมีรสชาติเผ็ด ตลอดจนมีความปลอดภัยด้วยมาตรฐานการผลิตเป็นสิ่งที่ท้าทายบ่งบอกถึงศักยภาพของเกษตรกรผู้ผลิตจากแหล่งผลิตต้นน้ำเป็นสำคัญ

บทความวิจัยเรื่องนี้ ต้องการนำเสนอผลการวิเคราะห์ระบบการผลิตและมาตรฐานการผลิตพริกพื้นเมืองหัวเรือของเกษตรกรว่าเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตพริกมากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นสิ่งยืนยันต่อผู้บริโภคที่เรียกร้องหามาตรฐานความปลอดภัยของวัตถุดิบปรุงแต่งรสชาติอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี และเพื่อเปรียบเทียบการดำเนินการด้านมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยของเกษตรกร ที่มีประสบการณ์ในการปลูกและระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน โดยมีสมมติฐานของการศึกษา 2 ข้อได้แก่เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกแตกต่างกัน ดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกแตกต่างกัน และเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกแตกต่างกัน โดยศึกษาจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 2,876 ครัวเรือน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 ครัวเรือน แนวคิดใช้ในการศึกษาคือแนวคิดมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัย ระยะเวลาของการศึกษา 8 เดือนตั้งแต่ 15 เมษายน 2558-14 ธันวาคม 2558

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

แนวโน้มการบริโภคพืชผักทางการเกษตร ของผู้บริโภค จะเลือกบริโภคการผลิตที่ปลอดภัยจากสารพิษ พืชผักแบบปลอดภัยจากสารพิษคือ พืชผักที่ระบบการผลิตมีการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งปุ๋ยคอก เพื่อการเจริญเติบโต ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ยังมีสารพิษตกค้างไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ ผักปลอดภัยจึงยังเป็นผักที่มีสารเคมีตกค้างในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานตามที่กำหนดให้สารเคมีตกค้างอยู่ได้ (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557) ผักปลอดภัยในปัจจุบันจึงมีหลายชนิดรวมทั้งพริกด้วย

การผลิตพริกที่มีคุณภาพจะเป็นที่ยอมรับ กรมวิชาการเกษตรได้มีข้อแนะนำดังนี้ (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 1, 2556) (1) แหล่งน้ำต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน (2) พื้นที่ปลูกต้องเป็นพื้นที่ ที่ไม่มีวัตถุอันตรายที่จะทำให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในผลผลิต (3) การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ให้ใช้ตามคำแนะนำหรืออ้างอิงคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามคำแนะนำในฉลากที่ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องกับกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (4) กระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว ต้องสำรวจศัตรูพืชในแปลง หากพบการระบาดในระดับที่ทำความเสียหาย ต้องป้องกันกำจัด หากใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ให้ใช้ตามข้อกำหนด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ที่นำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการหมักหรือย่อยสลายโดยสมบูรณ์ รวมทั้งวิธีและลักษณะในการใช้ต้องไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของวัตถุอันตราย นอกจากนี้ห้ามใช้สิ่งขับถ่ายจากคนในแปลงพริก (5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว อุปกรณ์และภาชนะที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวต้องสะอาด ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพของผลผลิตและไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนที่มีผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค มีการคัดแยกผลพริกที่มีตำหนิหรือด้อยคุณภาพและเน่าเสียเป็น

โรคออกและคัดแยกชั้นคุณภาพและขนาดก่อนจำหน่าย โดยอ้างอิงตามข้อกำหนดในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติเรื่องพริก (มกอช. 1520-2547) (6) การพักผลิตผล การขนย้ายในบริเวณพื้นที่ปลูก การเก็บรักษาและการรวบรวมผลิตผล อุปกรณ์ ภาชนะบรรจุและพาหนะในการขนย้ายต้องสะอาด ไม่มีการปนเปื้อนที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการบริโภค สถานที่เก็บรักษาต้องถูกสุขลักษณะไม่ถูกแสงแดดโดยตรง มีการหมุนเวียนอากาศดี ไม่เกิดความร้อนสะสม และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากวัตถุแปลกปลอม วัตถุอันตราย สัตว์พาหะนำโรค รวมทั้งสัตว์เลี้ยง ผลผลิตจะต้องมีการระบุให้สามารถตรวจสอบแหล่งที่มาได้ (7) สุขลักษณะส่วนบุคคล ต้องดูแลสุขลักษณะส่วนบุคคล เพื่อป้องกันไม่ให้พริกเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคจากผู้ที่สัมผัสกับพริกโดยตรง โดยเฉพาะในขั้นเก็บเกี่ยวและปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว และ (8) การบันทึกข้อมูล ต้องบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวกับการสำรวจและการป้องกันกำจัดศัตรูพืช การได้มาและการใช้ปุ๋ยตามแบบฟอร์มการบันทึก

งานศึกษาของวีระ (2553) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบการตัดสินใจการผลิตสินค้าเกษตร และการบริหารจัดการโซ่อุปทานพริกจังหวัดแพร่ และงานศึกษาของนภาพรและวรทัศน์ (2558) ที่ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ทั้งสองงานศึกษาพบว่าปัจจัยแห่งความสำเร็จของเกษตรกรที่สอดคล้องกันคือ ระบบการทำงานและการสนับสนุนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น สำนักงานเกษตรจังหวัด องค์การบริหารส่วนตำบล เทศบาล และเจ้าหน้าที่ของศูนย์ที่รับผิดชอบ ส่วนปัจจัยแห่งความสำเร็จของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือจะมีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้องจะคล้ายคลึงหรือแตกต่างอย่างไร เป็นประเด็นที่น่าสนใจ เพราะระบบการผลิตพืชในแต่ละท้องถิ่นย่อมจะมีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน รวมทั้งพฤติกรรมของเกษตรกรเอง อีกทั้งงานศึกษาของนวลจันทร์และวิเชียร (2553) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการผลิตพริก เพื่อนำไปสู่มาตรฐานคุณภาพพืชอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าวิธีปรับปรุงการปลูกพริกโดยใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์และเทคโนโลยีป้องกันกำจัดโรครากปมให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า ดังนั้นหากได้นำแนวทางนี้ไปส่งเสริมเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง จะช่วยให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการผลิต

สำหรับปัจจัยที่คาดว่าจะส่งเสริมศักยภาพเกษตรกรคือ การรวมกลุ่มของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ ภายใต้ชื่อ “เกษตรกรอาสา” เพื่อพัฒนาไปสู่ระดับของการลงมือทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกันในระยะยาว (ชาตรี, 2558 : สัมภาษณ์) ทั้งนี้การรวมกลุ่มที่เข้มแข็งจะช่วยให้เกิดกระบวนการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงเกษตรสู่ระบบการผลิตเกษตรปลอดภัยได้ ดังที่ ณัฐวุฒิและพหล (2559) ระบุว่าการผลิตตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม ที่มีปัจจัยสำคัญได้แก่ รายได้ แรงงาน ประสบการณ์ในการผลิต การได้รับการฝึกอบรม และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐ ซึ่งมีตัวแปรที่สอดคล้องกับงานศึกษาเรื่องนี้ คือประสบการณ์ในการผลิต ดังนั้นตัวแปรดังกล่าวจะมีอิทธิพลหรือไม่ในการผลิตพริกพื้นเมืองหัวเรือให้ได้มาตรฐาน เพื่อเป็นหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ เน้นสำรวจ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี ใน 5 อำเภอได้แก่ อำเภอเมืองอุบลราชธานี เขื่องใน วารินชำราบ ม่วงสามสิบ และเหล่าเสือโก้ก จำนวน 2,876 ครัวเรือน ปีการเพาะปลูก 2557 (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี, 2557) กำหนดขนาดตัวอย่างจากตารางของ Krejcie and Morgan (1970) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.5 ได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 150 ครัวเรือน สุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) แล้วจัดแบ่งเกษตรกรออกเป็น 3 กลุ่มให้มีจำนวนที่ใกล้เคียงกันคือ กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปี กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 และกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถาม

แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกพริกหัวเรือ เป็นแบบเลือกตอบ ตอนที่ 2 มาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ เป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (likert scale) ตอนที่ 3 แบบสอบถามปลายเปิดเพื่อให้เกษตรกรให้ข้อเสนอแนะ

2. เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง คือแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ด้วยการลงพื้นที่ โดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 150 ชุดจากเกษตรกร และแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากเอกสารทางวิชาการ เอกสารเผยแพร่ และผลการศึกษาของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือจังหวัดอุบลราชธานี สถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 3 ตอนแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการประมวลผลทางหลักสถิติเชิงพรรณนาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ โดยการหาค่าความถี่และค่าร้อยละ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางและบรรยายผล

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยแนวทางการดำเนินการด้านมาตรฐานการปลูกพริกของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางและบรรยายผล

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการดำเนินการด้านมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยของเกษตรกรที่มีความแตกต่างกันทางด้านประสบการณ์ในการปลูก และระดับการศึกษา ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ โดยการใช้สถิติ F-test นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางและบรรยายผล

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ ส่วนใหญ่พบว่า เป็นเพศชาย ร้อยละ 62.70 รองลงมาเป็นเพศหญิงร้อยละ 37.30 อายุ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 50 ปี ร้อยละ 66.00 รองลงมา 51 ปีขึ้นไปร้อยละ 34.00 ระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 50.85 รองลงมามัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 34.75 สมาชิกในครอบครัวระหว่าง 4-5 คน ร้อยละ 68.00 รองลงมา น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 คน ร้อยละ 14.67

2. มาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือแบบปลอดภัยพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ มีการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.58) มีการดำเนินการตามมาตรฐานเรียงลำดับค่าเฉลี่ยที่มากที่สุด 3 ลำดับแรก ดังนี้ (1) ไม่ใช้สิ่งขับถ่ายจากคนในแปลงพริก ($\bar{x}$ =3.85) (2) เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ($\bar{x}$ = 3.82) และ (3) พื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ ที่ไม่มีวัตถุอันตราย ที่จะทำให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในผลผลิต ($\bar{x}$ =3.74) ส่วนมีการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวกับการสำรวจและการป้องกันกำจัดศัตรูพืชตลอดปีปลูกอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.11) ดังตารางที่ 1 ข้อมูลสำคัญที่ได้ผู้เขียนจะได้อภิปรายในหัวข้อการอภิปรายผลต่อไป

จากการเปรียบเทียบ การดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือแบบปลอดภัย ของเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกที่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติ F-test พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกพริกต่างกัน ทำให้การดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือแบบปลอดภัย แตกต่างกัน ในมาตรฐาน 2 ข้อ คือ (1) เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัด และ (2) เมื่อมีการระบาดของศัตรูพืชในแปลงพริกต้องป้องกัน กำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการดำเนินงานตามมาตรฐานโดยภาพรวมและข้ออื่น ๆ ไม่พบความแตกต่าง ดังตารางที่ 2 ซึ่งมาตรฐานที่พบความแตกต่าง ผู้เขียนได้ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี LSD (least square difference) ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3 ข้อมูลสำคัญที่ได้ ผู้เขียนจะได้อภิปรายในหัวข้อการอภิปรายผลต่อไป

Table 1 Huarue chili by safety cultivation standard

	By safety cultivation standard	$\bar{x}$	SD	Level
1	Water resources in an environment that does not cause contamination	3.67	0.62	high
2	Planted area is not hazardous substances will cause residues or contaminants in productivity	3.74	0.68	high
3	If necessary, hazardous chemicals would be used as recommended by Department of Agriculture	3.82	0.66	high
4	When an attack of pests in convert pepper, agriculturist would be used as recommended by Department of Agriculture	3.60	0.70	high
5	The use of organic fertilizers, through fermentation or degradation, in order to prevent the contamination by microorganisms that cause disease levels that are harmful to consumers	3.72	0.75	high
6	Not using human waste in the chili bed	3.85	0.72	high
7	Clean equipment and containers used to harvest. Does not reduce the quality of the produce, and does not cause contamination affecting the safety of consumers	3.43	0.67	moderate
8	The sorting of peppers that have defects or inferior quality, and size according to the stipulations in the National standards for agricultural products and edible chilis	3.60	0.60	high
9	Containers and vehicles to clean transport. No contamination affecting the safety of consumers	3.40	0.60	moderate
10	Clean storage facilities, with no direct sunlight and good air circulation, no heat, that can prevent contamination from foreign material	3.69	0.55	high
11	Personal hygiene to prevent contamination of peppers especially in the harvest by anything that causes disease on contact with the peppers,	3.38	0.64	moderate
12	Provision of records regarding the survey and plant pest control throughout the year	3.11	0.87	moderate
	Total	3.58	0.67	high

Remark: 4.51-5.00 = very high, 3.51-4.50 = high, 2.51-3.50 = moderate, 1.51-2.50 = moderately low, 1.00-1.50 = low (Srisa-ard, 1998)

Table 2 Compare the cultivation method by safety standard between among chili grown whose cultivation experience was different

Huarue Chili by Safety Cultivation Standard	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1. Water resources in an environment that does not cause contamination	Between Groups	.703	2	.351	.918	.402
	Within Groups	56.290	147	.383		
	Total	56.993	149			
2. Planted area is not hazardous substances will cause residues or contaminants in productivity	Between Groups	.777	2	.389	.839	.434
	Within Groups	68.083	147	.463		
	Total	68.860	149			
3. If necessary, hazardous chemicals would be used as recommended by Department of Agriculture	Between Groups	3.042	2	1.521	3.660*	.028
	Within Groups	61.098	147	.416		
	Total	64.140	149			
4. When an attack of pests in convert pepper, agriculturist would be used as recommended by Department of Agriculture	Between Groups	3.051	2	1.526	3.252*	.041
	Within Groups	68.949	147	.469		
	Total	72.000	149			
5. The use of organic fertilizers, through fermentation or degradation, in order to prevent the contamination by microorganisms that cause disease levels that are harmful to consumers	Between Groups	.647	2	.324	.569	.567
	Within Groups	83.593	147	.569		
	Total	84.240	149			
6. Not using human waste in the chili bed	Between Groups	1.732	2	.866	1.696	.187
	Within Groups	75.042	147	.510		
	Total	76.773	149			
7. Clean equipment and containers used to harvest. Does not reduce the quality of the produce, and does not cause contamination affecting the safety of consumers	Between Groups	.996	2	.498	1.112	.332
	Within Groups	65.837	147	.448		
	Total	66.833	149			
8. The sorting of peppers that have defects or inferior quality, and size according to the stipulations in the National standards for agricultural products and edible chilis	Between Groups	.580	2	.290	.798	.452
	Within Groups	53.420	147	.363		
	Total	54.000	149			
9. Containers and vehicles to clean transport. No contamination affecting the safety of consumers	Between Groups	.015	2	.007	.020	.980
	Within Groups	53.985	147	.367		
	Total	54.000	149			

Table 2 (continue)

Huarue Chili by Safety Cultivation Standard	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
10.Clean storage facilities, with no direct sunlight and good air circulation, no heat, that can prevent contamination from foreign material	Between Groups	.112	2	.056	.179	.836
	Within Groups	45.782	147	.311		
	Total	45.893	149			
11. Personal hygiene to prevent contamination of peppers especially in the harvest by anything that causes disease on contact with the peppers,	Between Groups	.094	2	.047	.113	.894
	Within Groups	61.246	147	.417		
	Total	61.340	149			
12.Provision of records regarding the survey and plant pest control throughout the year	Between Groups	2.843	2	1.421	1.909	.152
	Within Groups	109.451	147	.745		
	Total	112.293	149			
Total	Between Groups	3.497	2	0.092	1.407	0.087
	Within Groups	7.260	147	0.065		
	Total	10.757	149			

* significance at the 0.05 level

Table 3 Paired comparison the cultivation method by safety standard between among chili grown whose education was different

Huarue Chili by Safety Cultivation Standard	Experience	$\bar{x}$	Experience		
			≤10 year	11-20 year	>20 year
3. If necessary, hazardous substance would be used as recommended by Department of Agriculture	≤10 year	3.720	-	.732	.014*
	11-20 year	3.763	-	-	.016*
	>20 year	4.096	-	-	-
4. When an attack of pests in convert pepper, agriculturist would be used as recommended by Department of Agriculture	≤10 year	3.581	-	.534	.075
	11-20 year	3.500	-	-	.012*
	>20 year	3.871	-	-	-

* significance at the 0.05 level

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือแบบปลอดภัย ของเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกที่แตกต่างกัน โดยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี LSD (least square difference) พบความแตกต่างดังนี้

มาตรฐานการปลูกข้อที่ 3 เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัด พบว่าเกษตรกรผู้มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปี และระหว่าง 11-20 ปี มีการดำเนินการที่แตกต่างกับเกษตรกรผู้มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่เกษตรกรผู้มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปี และเกษตรกรผู้มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 ปี มีการดำเนินการในมาตรฐานที่น้อยกว่า

มาตรฐานการปลูกข้อที่ 4 เมื่อมีการระบาดของศัตรูพืชในแปลงพริกต้องป้องกัน กำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เกษตรกรผู้มีประสบการณ์ระหว่าง 11-20 ปี มีการดำเนินการที่แตกต่างกับ เกษตรกรผู้มีประสบการณ์มากกว่า 20 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่เกษตรกรผู้ประสบการณ์ระหว่าง 11-20 ปี มีการดำเนินการตามมาตรฐานที่น้อยกว่า

จากการเปรียบเทียบการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือแบบปลอดภัยของเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติ F-test พบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ทำให้การดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือแบบปลอดภัยทั้งภาพรวมและรายข้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน ไม่ทำให้การดำเนินการตามมาตรฐานต่างกันดังตารางที่ 4

Table 4 Compare the cultivation method by safety standard between among chili grown whose education was different

Huarue Chili by Safety Cultivation Standard	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1. Water resources in an environment that does not cause contamination	Between Groups	.501	2	.251	.652	.522
	Within Groups	56.492	147	.384		
	Total	56.993	149			
2. Planted area is not hazardous substances will cause residues or contaminants in productivity	Between Groups	1.552	2	.776	1.695	.187
	Within Groups	67.308	147	.458		
	Total	68.860	149			
3. If necessary, hazardous chemicals would be used as recommended by Department of Agriculture	Between Groups	2.344	2	1.172	2.788	.065
	Within Groups	61.796	147	.420		
	Total	64.140	149			
4. When an attack of pests in convert pepper, agriculturist would be used as recommended by Department of Agriculture	Between Groups	.320	2	.160	.328	.721
	Within Groups	71.680	147	.488		
	Total	72.000	149			

Table 4 (continue)

Huarue Chili by Safety Cultivation Standard	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
5. The use of organic fertilizers, through fermentation or degradation, in order to prevent the contamination by microorganisms that cause disease levels that are harmful to consumers	Between Groups	.343	2	.171	.300	.741
	Within Groups	83.897	147	.571		
	Total	84.240	149			
6. Not using human waste in the chili bed	Between Groups	.290	2	.145	.279	.757
	Within Groups	76.483	147	.520		
	Total	76.773	149			
7. Clean equipment and containers used to harvest. Does not reduce the quality of the produce, and does not cause contamination affecting the safety of consumers	Between Groups	.311	2	.156	.344	.710
	Within Groups	66.522	147	.453		
	Total	66.833	149			
8. The sorting of peppers that have defects or inferior quality, and size according to the stipulations in the National standards for agricultural products and edible chilis	Between Groups	.017	2	.008	.023	.977
	Within Groups	53.983	147	.367		
	Total	54.000	149			
9. Containers and vehicles to clean transport. No contamination affecting the safety of consumers	Between Groups	.196	2	.098	.268	.765
	Within Groups	53.804	147	.366		
	Total	54.000	149			
10. Clean storage facilities, with no direct sunlight and good air circulation, no heat, that can prevent contamination from foreign material	Between Groups	.964	2	.482	1.576	.210
	Within Groups	44.930	147	.306		
	Total	45.893	149			
11. Personal hygiene to prevent contamination of peppers especially in the harvest by anything that causes disease on contact with the peppers,	Between Groups	1.232	2	.616	1.506	.225
	Within Groups	60.108	147	.409		
	Total	61.340	149			
12. Provision of records regarding the survey and plant pest control throughout the year	Between Groups	.176	2	.088	.115	.891
	Within Groups	112.117	147	.763		
	Total	112.293	149			

Table 4 (continue)

Huarue Chili by Safety Cultivation Standard	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total	Between Groups	0.266	2	0.133	1.86	0.158
	Within Groups	10.490	147	0.071		
	Total	10.757	149			

วิจารณ์และสรุปผล

1. เกษตรกรดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกแบบปลอดภัยมากที่สุดคือ การไม่ใช้สิ่งขับถ่ายจากคนในแปลง ทั้งนี้เพราะหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่อย่างองค์การบริหารส่วนตำบล เกษตรอำเภอหรือจังหวัด ที่มีความใกล้ชิดกับเกษตรกรได้ส่งเสริมแนวปฏิบัติที่ดีในการผลิตพริกของกรมวิชาการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรจึงได้รับความรู้ และตระหนักต่อแนวทางดังกล่าว ส่งผลต่อคุณภาพของพริกพื้นเมืองหัวเรือในระยะยาว ส่วนการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวกับการสำรวจและการป้องกันกำจัดศัตรูพืชตลอดปีปลูก เกษตรกรมีการดำเนินการที่สะท้อนออกมาในรูปของค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากเกษตรกรมองว่าการจดบันทึก ต้องใช้เวลามากและเป็นการจดตลอดฤดูกาลผลิต เกษตรกรมองว่าเป็นการเสียเวลา เวลาทั้งหมดควรเอาไปดูแลแปลงพริกดีกว่า ซึ่งเป็นข้อจำกัดในแนวคิดของเกษตรกรในระบบการผลิต

2. เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกต่างกัน มีการดำเนินการมาตรฐานการปลูกแตกต่างกันอยู่ 2 ข้อคือ เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัดแตกต่างกัน โดยเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูก 20 ปี มีการดำเนินการมากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปีและมีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 ปี ส่วนมาตรฐานอีก 1 ข้อ คือ เมื่อมีการระบาดของศัตรูพืชในแปลงพริกต้องป้องกันกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการแตกต่างกัน โดยที่เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี มีการดำเนินการตามมาตรฐานมากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 ปี เนื่องจากการเห็นความชัดเจนที่เกิดจากการปฏิบัติและเรียนรู้ในมาตรฐานการผลิต มีการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาจริงด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและทำซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลาหลายปี ทำให้เกษตรกรมีแนวทางการดำเนินการที่ดี ดังนั้นการเรียนรู้ที่มากขึ้นตามจำนวนปีเพาะปลูก จะทำให้เกษตรกรมีทักษะในการดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัยเพิ่มขึ้นตามจำนวนปีของประสบการณ์

3. เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่ต่างกัน มีการดำเนินการมาตรฐานการปลูกทุกข้อไม่แตกต่างกัน เนื่องจากระดับการศึกษาของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ ในปัจจุบันส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย การเรียนรู้และปฏิบัติในเรื่องมาตรฐานการปลูกพริกแบบปลอดภัย จึงสามารถเรียนรู้และปฏิบัติได้ในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากเกษตรกรรุ่นเก่าที่มีการศึกษาขั้นต่ำเพียงระดับประถมศึกษาเท่านั้น

4. เกษตรกรในพื้นที่มีการรวมกลุ่มในการจัดการผลผลิต และการตลาดในลักษณะผลผลิตทั้งหมดเกษตรกรแยกเป็น 2 ส่วนคือ เก็บไว้ทำเมล็ดพันธุ์ และอีกส่วนผู้รับซื้อมาซื้อที่สวนเอง ทำให้เกษตรกรไม่ต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ลดความเสี่ยงของผลผลิตเสียหายระหว่างการขนส่ง

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเพิ่มศักยภาพของเกษตรกรในการดำเนินการตามมาตรฐานความปลอดภัยคือ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในระดับตำบลอย่างองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในระดับอำเภออย่าง

เกษตรอำเภอ ควรแนะนำและจัดให้เกษตรกร 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปี กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 และกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี ได้เรียนรู้เรื่องมาตรฐานการปลูกแบบปลอดภัยในด้านที่แตกต่างกันคือ เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรจะปฏิบัติตามคำแนะนำของ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัด โดยกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี มีการดำเนินการมากกว่า ควรเป็นกลุ่มที่ต้องแบ่งปันประสบการณ์และเป็นผู้นำในการดำเนินการแก่กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกต่ำกว่า 10 ปี และกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20

ส่วนมาตรฐานอีก 1 ข้อ เมื่อมีการระบาดของศัตรูพืชในแปลงพริกต้องป้องกันและกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกมากกว่า 20 ปี มีการดำเนินการมากกว่า เป็นกลุ่มที่แบ่งปันประสบการณ์และเป็นผู้นำในการดำเนินการแก่กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 เพราะผลจากการศึกษา ชี้ให้เห็นว่าประสบการณ์ในการปลูกพริกมีผลต่อการเสริมสร้างศักยภาพของเกษตรกรในการผลิตให้ได้มาตรฐานความปลอดภัย ดังนั้นหากเกษตรกรที่มีประสบการณ์ต่ำกว่า 10 ปี กับเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกระหว่าง 11-20 ได้เรียนรู้จากกลุ่มที่มีประสบการณ์มากกว่า 20 ปีจะช่วยให้ดำเนินการตามมาตรฐานการปลูกแบบปลอดภัยในระยะเวลาสั้นลงได้ สำหรับมาตรฐานการดำเนินการเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่แตกต่างกัน ยังต้องดำเนินการอย่างเคร่งครัด เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว. ที่สนับสนุนทุนวิจัยทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณศาสตราจารย์ (เกียรติคุณ) ดร.อารี วิบูลย์พงศ์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ได้เอาใจใส่อย่างใกล้ชิด ตลอดจนเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือที่ได้ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับโครงการ

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2556. สถิติการนำเข้าและส่งออกพริก. (ระบบออนไลน์). www.customs.go.th/ (10 ธันวาคม 2557).

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557. พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชาตรี เนียมงาม. 2558. (สัมภาษณ์). การรวมกลุ่มเกษตรกรอาสาผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือ. สัมภาษณ์เมื่อ 25 สิงหาคม 2558.

ณัฐวุฒิ จั่นทอง และพหล ศักดิ์คะทัศน์. 2559. การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมของเกษตรกรในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง. วารสารเกษตร 32(1): 19-27.

นภาพร ทางทิศ และวรทัศน์ อินทรัคคัมพร. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง. วารสารเกษตร 31(1): 59-68.

นวลจันทร์ ศรีสมบัติ และวิเชียร ชีช้าง. 2554. การพัฒนาระบบการผลิตพริกเพื่อนำสู่มาตรฐานคุณภาพพืชอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. The sixth National Agricultural Systems Seminar-Save the World to Save Life .

วีระ ภาคอุทัย. 2553. ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบการตัดสินใจการผลิตสินค้าเกษตร และการบริหารจัดการโซ่อุปทานพริกจังหวัดแพร่. รายงานการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว.

วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานันท์. 2557. พริกปลูกอย่างไรในภาวะโลกร้อน. agriculture@risk เล่มที่ 4 กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว.

สำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี. 2557. ข้อมูลผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจจังหวัดอุบลราชธานี. จุลสารเทคโนโลยีเกษตร.

สำนักงานเกษตรอำเภอวารินชำราบ. 2557. พริกหัวเรือจังหวัดอุบลราชธานี. เอกสารเผยแพร่ข่าวสารเกษตร.

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 1 กรมวิชาการเกษตร. 2557. เทคโนโลยีการผลิตพริกคุณภาพในเขตภาคเหนือตอนบน. เอกสารวิชาการ เชียงใหม่: ดาราการพิมพ์.

Srisa-ard, B. 1998. Statistic Methodology for Research. 2nd ed. Bangkok: Suweesan

Krejcie, R. V. and Morgan, D. W. 1970. Determining sample size for research activities. education and psychological Measurement 30(3): 607-610.

การจัดการโลจิสติกส์ของธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

Logistics Management of Hen Egg Business in Chachoengsao Province

อัจฉรา โพธิ์ดี[1/*] และจิตติมา กันตนามัลลกุล[1/]

Ajchara Pothidee[1/*] and Chittima Kantanamalakul[1/]

[1/]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120

[1/]School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, 11120, Thailand

**Corresponding author: Email: agaspajc_stou@yahoo.co.th*

(Received: 9 November 2015; Accepted: 28 March 2016)

Abstract: The objectives of the research were to study the management of logistics activities by farmers and middlemen, logistics costs, hen egg business problems, and guidelines to develop logistics management of the hen egg business in Chachoengsao Province. Data were collected from 48 farmers and 5 middlemen by using questionnaire and also conducting a focus group discussion with 17 participants. The results found that management of logistics activities by farmers and middlemen were similar which consisted of demand forecasting, operational communication, egg management, transportation, and customer services, but farmers had more activities in production factors management and egg management in the hen house. Average logistics costs of farmers who sold eggs at their farm, those who sold eggs at the customer's place, and middlemen were 13.72, 17.39, and 9.97 baht/100 eggs, respectively. Most logistics costs were the cost of loss from breakage. The major logistics problems for farmers were high wage cost and high price of fuel, while problems of middlemen were high price of fuel and inconvenient road conditions. Guidelines to develop logistics management of the egg business are that farmers should form a group in order to help each other and also improve their farm management, both groups of farmers and middlemen should improve egg management in each step of egg movement in order to reduce the loss of breakage and get higher profits.

Keywords: Logistics activity management, Hen egg business, Chachoengsao Province

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ของเกษตรกรและพ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ ต้นทุนโลจิสติกส์ ปัญหาของธุรกิจ และแนวทางการพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ของธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกร 48 ราย พ่อค้า 5 ราย โดยใช้แบบสอบถาม และจัดสนทนากลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้อง 17 ราย ผลการวิจัยพบว่า การจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ของเกษตรกรและพ่อค้ามีความคล้ายคลึงกันในด้านการพยากรณ์ความต้องการ การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน การจัดการผลผลิต การขนส่ง และการบริการลูกค้า แต่เกษตรกรมีกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นคือการจัดการปัจจัยการผลิตและการจัดการไข่ไก่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกรกรณีขายไข่ไก่ที่ฟาร์ม กรณีที่ขนส่งไปยังแหล่งรับซื้อและต้นทุนของพ่อค้าเท่ากับ 13.72, 17.39 และ 9.97 บาท/ร้อยฟอง ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนการสูญเสียจากการที่ไข่แตก ร้าว ปัญหาด้านโลจิสติกส์ไข่ไก่สำหรับเกษตรกรที่สำคัญคือ ค่าจ้างแรงงานสูงและราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูง ปัญหาของพ่อค้า คือ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูงและสภาพถนนไม่สะดวกต่อการขนส่ง แนวทางการพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ คือ เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่มเพื่อช่วยเหลือกันและปรับปรุงการจัดการฟาร์ม ทั้งเกษตรกรและพ่อค้าควรปรับปรุงการจัดการผลผลิตไข่ไก่ในขั้นตอนต่างๆ เพื่อลดความเสียหายของไข่ไก่ซึ่งจะช่วยให้ได้รับกำไรมากขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ ธุรกิจไข่ไก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา

คำนำ

ประเทศไทยมีการเลี้ยงไก่ไข่ในทั่วทุกภาคของประเทศ จากสถิติของกรมปศุสัตว์ (2558) พบว่า จำนวนไก่ไข่ ณ วันที่ 1 มกราคม 2558 ทั้งประเทศรวมทั้งสิ้น 57.0 ล้านตัว จังหวัดที่มีการเลี้ยงไก่ไข่มากที่สุด คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีจำนวนไก่ไข่คิดเป็นร้อยละ 12.5 ของจำนวนไก่ไข่ทั้งประเทศ

ในการเลี้ยงไก่ไข่ของเกษตรกรต้องอาศัยปัจจัยการผลิตต่าง ๆ มาเข้าสู่กระบวนการผลิต ผลผลิตไข่ไก่ที่ได้จะถูกรวบรวมจากโรงเรือนแล้วขนย้ายไปยังจุดรวบรวมไข่ภายในฟาร์ม และมีการจัดการกับไข่ไก่ก่อนจำหน่ายให้กับผู้ซื้อ ในการซื้อขายไข่ไก่ที่ฟาร์ม เมื่อตกลงราคาซื้อขายกันแล้ว ไข่ไก่จะถูกขนย้ายขึ้นรถบรรทุกไปยังสถานประกอบการของพ่อค้าเพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ กับไข่ไก่ก่อนนำส่งไปยังผู้ซื้อรายอื่น

การจัดการโลจิสติกส์ขององค์การทางธุรกิจหนึ่ง ๆ เป็นการจัดการกระบวนการไหล (flow) ของวัตถุดิบสินค้า ตลอดจนข้อมูลและสารสนเทศจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้วัตถุดิบหรือสินค้านั้น และในบางกรณีจะรวมไปถึงการจัดการกำจัดสินค้าที่ไม่ใช้ด้วย สำหรับแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการโลจิสติกส์ในธุรกิจไข่ไก่นี้ได้อ้างอิงจาก Grant *et al*. (2006) ที่ได้จำแนกกิจกรรมโลจิสติกส์เป็น 14 กิจกรรม และการจัดการผลผลิตไข่ไก่ของเกษตรกรและพ่อค้าโดยยุวเรศ (2556) นำมาปรับใช้ให้สอดคล้องกับการจัดการโลจิสติกส์ในธุรกิจไข่ไก่ กล่าวคือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์ของเกษตรกรโดยทั่วไปจะประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การพยากรณ์ความต้องการ การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน การจัดการปัจจัยการผลิต การจัดการผลผลิตตั้งแต่การเก็บรวบรวมไข่ในโรงเรือน การเคลื่อนย้ายไข่ออกจากโรงเรือน การทำความสะอาด การคัดขนาด การบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา ตลอดจนการบริการลูกค้า ซึ่งเป็นการดำเนินงานภายในฟาร์ม เกษตรกรบางรายมีการขนส่งไข่ไก่ให้แก่ผู้รับซื้อด้วย ขณะที่พ่อค้ารวบรวมไข่ก็มีกิจกรรมโลจิสติกส์ที่คล้ายคลึงกันได้แก่ การพยากรณ์ความต้องการ การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน การจัดการผลผลิตโดยการคัดขนาด การบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา การบริการลูกค้า การขนส่งไข่ไก่จากฟาร์มไปยังสถานประกอบการของตนและขนส่งจากสถานประกอบการของตนไปยังแหล่งรับซื้อในระดับต่อไป ส่วนต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกรและพ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ได้กำหนดองค์ประกอบของต้นทุนโดยประยุกต์จากงานวิจัยของสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2554) ที่ศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนโลจิสติกส์นมพร้อมดื่ม โดยต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ ประกอบด้วยต้นทุนการจัดการทั่วไป ต้นทุนคลังสินค้าและการจัดการ

สินค้าคงคลัง ต้นทุนวัสดุ อุปกรณ์และค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการสูญเสีย

ในการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภคโดยอิสรี (2555) ที่ทำการสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย พบว่าคุณภาพของไข่ไก่จะลดลงเมื่อมีการเคลื่อนย้ายไข่ไก่ออกจากฟาร์มไปตามลำดับ โดยไข่ไก่ ณ แหล่งผลิตที่ฟาร์มมีคุณภาพดีที่สุด ไข่ไก่ที่ศูนย์รวบรวมและคัดไข่ ศูนย์กระจายสินค้าและแหล่งจำหน่ายมีคุณภาพลดลงตามลำดับ ซึ่งคุณภาพของไข่ไก่จะมีการเปลี่ยนแปลงโดยหลังจากไข่ออกจากตัวแม่ไก่คุณภาพของไข่ก็จะลดลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพไข่ไก่ ได้แก่ ปัจจัยโดยธรรมชาติของไก่ไข่เอง อุณหภูมิ ความชื้น ระยะเวลาในการเก็บรักษา และการจัดการ นอกจากนี้การศึกษาของเสกสมและคณะ (2549) เกี่ยวกับการประกันคุณภาพไข่ไก่เพื่อการบริโภคโดยศึกษาตั้งแต่ฟาร์มไข่ไก่ไปยังแหล่งรับซื้อ พบว่ากระบวนการผลิตและการจัดการไข่ไก่โดยเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตลาดไข่ไก่จากฟาร์มไปยังแหล่งรับซื้อก่อนถึงมือผู้บริโภคนับว่ามีความสำคัญต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพไข่ การบุบร้าวของเปลือกไข่ ต้นทุนการผลิต ราคาไข่ที่เกษตรกรขายได้ และผลกำไรจากการขายไข่ไก่

จากผลการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการจัดการโลจิสติกส์ไข่ไก่จากฟาร์มไปยังแหล่งรับซื้อมีผลต่อคุณภาพของไข่ไก่และส่งผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ในธุรกิจไข่ไก่ ซึ่งหากผู้ประกอบการมีการจัดการโลจิสติกส์ที่ดีย่อมช่วยลดการสูญเสียในด้านต่าง ๆ อันเป็นการลดต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์และเป็นการเพิ่มมูลค่าของธุรกิจไข่ไก่ได้ทางหนึ่ง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาถึงการดำเนินธุรกิจไข่ไก่ กิจกรรมโลจิสติกส์ไข่ไก่ ต้นทุนโลจิสติกส์ไข่ไก่ ปัญหาและแนวทางพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ของธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งเป็นแหล่งเลี้ยงไก่ไข่มากที่สุดในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการผลผลิตไข่ไก่จากฟาร์มไปยังแหล่งรับซื้อ เพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพในการแข่งขัน ตลอดจนการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ธุรกิจไข่ไก่ซึ่งเป็นธุรกิจที่สำคัญธุรกิจหนึ่งในภาคการเกษตรของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

การวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ 1) เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ ที่ขึ้นทะเบียนมาตรฐานฟาร์มไก่ไข่กับกรมปศุสัตว์ในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี 2557 จำนวน 93 ราย กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณขนาดตัวอย่างของยามาเน่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และความคลาดเคลื่อน 10 เปอร์เซ็นต์ (สรชัย, 2557) ได้จำนวนตัวอย่าง 48 ราย ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย 2) พ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน จึงกำหนดขนาดของตัวอย่าง จำนวน 5 ราย และใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง

การวิจัยเชิงคุณภาพ จัดสนทนากลุ่ม (focus group) ผู้ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทราประกอบด้วยเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ พ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ เจ้าหน้าที่สหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่แปดริ้ว จำกัด และนักวิชาการจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดฉะเชิงเทรา รวม 17 รายโดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ส่วนประเด็นการสนทนากลุ่มได้แก่ ปัญหาและแนวทางพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม ได้แก่ แบบสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ 1) สภาพสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร 2) การจัดการโลจิสติกส์และต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกร และ 3) ปัญหาของธุรกิจไข่ไก่ และ แบบสอบถามพ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ 1) สภาพการดำเนินธุรกิจของพ่อค้า 2) การจัดการโลจิสติกส์และต้นทุนโลจิสติกส์ของพ่อค้า และ 3) ปัญหาของธุรกิจไข่ไก่

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลเชิงปริมาณได้แก่ข้อมูลพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร การดำเนินธุรกิจของพ่อค้า การจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์และ

ต้นทุนโลจิสติกส์ และปัญหาในการดำเนินงาน วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การจัดหมวดหมู่ข้อมูล และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การดำเนินธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ร้อยละ 54.2 เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 48.9 ปี ร้อยละ 52.1 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ในการเลี้ยงเฉลี่ย 21.7 ปี มีที่ดินในการทำฟาร์มเป็นของตนเอง ทุกรายเลี้ยงไก่ไข่เป็นอาชีพหลัก ร้อยละ 87.5 เป็นสมาชิกกลุ่ม โดยเป็นสมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่แปดริ้ว จำกัด มากที่สุด มีขนาดพื้นที่ฟาร์มเฉลี่ย 41.5 ไร่ ผลผลิตไข่ไก่เฉลี่ย 1,783,101 ฟอง/เดือน แรงงานที่ใช้ในฟาร์มเฉลี่ย 19 คน เกษตรกรร้อยละ 87.5 จำหน่ายไข่ไก่ให้แก่พ่อค้าส่งซึ่งส่วนใหญ่เป็นพ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของพงศ์ธร (2545) ที่ศึกษาปัญหาและความต้องการด้านการผลิตและการตลาดของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี 2545 ที่พบว่าผู้เลี้ยงไก่ไข่ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 52 ปี มีประสบการณ์ในการเลี้ยงเฉลี่ย 17 ปี ทุกรายมีที่ดินเป็นของตนเอง อย่างไรก็ดี สภาพพื้นฐานของเกษตรกรบางส่วนได้เปลี่ยนแปลงไปจากผลการศึกษาเมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา กล่าวคือ ผู้เลี้ยงไก่ไข่จากเดิมส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ได้มีการศึกษาสูงขึ้นถึงระดับปริญญาตรี เนื่องจากส่วนหนึ่งเป็นลูกหลานของเกษตรกรเดิมที่เมื่อจบการศึกษาระดับปริญญาตรีแล้วได้เข้ามาสืบทอดกิจการเลี้ยงไก่ไข่ของครอบครัว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการมีเงื่อนไขที่เอื้อต่อการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของบุตรหลานเกษตรกรที่สอดคล้องกับผลการศึกษาของยศและชนินทร์ (2558) ได้แก่ การมีที่ดินทำกินที่เพียงพอ การมีแหล่งน้ำที่เอื้ออำนวย และการสามารถสร้างรายได้จากการทำการเกษตร นอกจากนี้การศึกษาของพงศ์ธร (2545) ยังพบว่าปัญหาด้านแรงงานได้แก่ การขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างแรงงานสูงเป็นปัญหาในระดับน้อย ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าปัญหาค่าจ้างแรงงานสูงเป็นปัญหาในระดับมาก และปัญหาการขาดแคลนแรงงานเป็นปัญหาในระดับปานกลาง ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากการปรับค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำจากนโยบายของภาครัฐในปี 2555 ที่ดำเนินการใน 7 จังหวัดนำร่อง และปี 2556 ในจังหวัดที่เหลือทั้งหมดส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสินค้าในธุรกิจต่าง ๆ นอกจากนี้ จากการศึกษาพบว่าผู้เลี้ยงไก่ไข่ในจังหวัดฉะเชิงเทรามีการทำฟาร์มแบบอิสระทั้งหมด โดยไม่มีการทำฟาร์มแบบพันธะสัญญากับบริษัทที่ประกอบธุรกิจไข่ไก่แบบครบวงจรหรือเอเยนต์อาหารสัตว์รายใด แสดงถึงศักยภาพในการผลิตและการตลาดของเกษตรกรว่าสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ไข่ไก่ได้และยอมรับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ในธุรกิจไข่ไก่

ในด้านการจำหน่ายไข่ไก่ของเกษตรกรมีทั้งการจำหน่ายให้แก่พ่อค้ารวบรวมไข่หรือล้งไข่ซึ่งเป็นพ่อค้าส่ง และยังจำหน่ายให้แก่พ่อค้าปลีกอีกด้วย ซึ่งการที่เกษตรกรจำหน่ายไข่ไก่ให้แก่พ่อค้าปลีกด้วยจึงเป็นการแข่งขันในด้านการค้ากับล้งไข่โดยตรงและทำให้ปริมาณไข่ไก่ที่รวบรวมผ่านล้งลดน้อยลง ซึ่งจากการศึกษาของสถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ (2556) พบว่าจำนวนล้งไข่มีแนวโน้มลดลงจากสาเหตุที่ผู้เลี้ยงขนาดใหญ่ ขนาดใหญ่มาก รวมทั้งบริษัทต่าง ๆ พยายามหาช่องทางการจำหน่ายไข่ไก่ให้มากที่สุด ล้งไข่รายเดิมอาจเลิกกิจการไปเนื่องจากไม่มีผู้สืบทอดกิจการ ล้งไข่ที่เหลืออยู่จึงต้องพยายามปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดได้ในธุรกิจ

ส่วนการดำเนินธุรกิจไข่ไก่ของพ่อค้ารวบรวมไข่ พบว่า มีระยะเวลาประกอบธุรกิจรับซื้อไข่ไก่เฉลี่ย 20.4 ปี ร้อยละ 80.0 ประกอบธุรกิจในลักษณะของบุคคลธรรมดา พื้นที่ดำเนินการเป็นของตนเองทุกราย กำลังการรับซื้อไข่ไก่พิจารณาจากจำนวนเงินทุนเป็นหลัก ส่วนแหล่งอ้างอิงราคาซื้อขายไข่ไก่ใช้การอ้างอิงจากราคาประกาศของสหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่แปดริ้ว จำกัด การซื้อขายไข่ไก่ระหว่างเกษตรกรและพ่อค้าไม่มีการทำสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษร แต่อาศัยความคุ้นเคยกัน โดยมีปริมาณการซื้อขายเฉลี่ย 2,740,200 ฟอง/เดือน

กิจกรรมโลจิสติกส์ของเกษตรกรและพ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

1. **กิจกรรมโลจิสติกส์ของเกษตรกร** ดังนี้

1.1 การพยากรณ์ความต้องการ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 72.9) มีการพยากรณ์ความต้องการไข่ไก่โดยดูจากสถานการณ์ตลาดเป็นหลัก ส่วนการวางแผนเพิ่มหรือลดปริมาณการผลิตจะพิจารณาจากสถานการณ์ตลาดเช่นกัน เช่น หากภาวะตลาดไม่คล่องตัวอาจลดจำนวนไก่ลงโดยการปลดไก่แก่เร็วขึ้น หากสถานการณ์ตลาดดีก็จะเพิ่มปริมาณการผลิตโดยการสั่งไก่สาวเข้ามาเลี้ยงมากขึ้นเป็นต้น

1.2 การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน ในด้านการติดต่อกับผู้ขายปัจจัยการผลิตเป็นการติดต่อเดือนละ 4 ครั้งหรือเฉลี่ยสัปดาห์ละครั้งมากที่สุด (ร้อยละ 45.8) การติดต่อกับผู้รับจ้างขนส่งส่วนใหญ่ (ร้อยละ 93.7) ไม่มีการติดต่อ เนื่องจากในการซื้อปัจจัยการผลิตต่างๆ ส่วนใหญ่ผู้ขายจะมาส่งให้ที่ฟาร์ม ในการขายไข่ไก่ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.7) ผู้ซื้อมารับไข่ไก่ที่ฟาร์ม และส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.4) มีการติดต่อกับผู้ซื้อทุกวัน ส่วนวิธีการติดต่อสื่อสารเกษตรกรทุกรายจะใช้การโทรศัพท์เป็นหลัก เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว

1.3 การจัดการปัจจัยการผลิต เกษตรกรเลือกผู้ขายปัจจัยการผลิตโดยพิจารณาจากความเชื่อมั่นในคุณภาพสินค้ามากที่สุด (ร้อยละ 66.7) รองลงมาคือความคุ้นเคย ในด้านอาหารสัตว์เมื่อซื้อมาแล้ว ทุกรายจะมีสถานที่จัดเก็บ ระยะเวลาการเก็บอยู่ระหว่าง 1 - 30 วันต่อการสั่งซื้อ 1 ครั้ง ในด้านการตรวจสอบคุณภาพใช้การตรวจสอบด้วยสายตาเป็นหลัก ส่วนเวชภัณฑ์และสารเสริมจะใช้เฉพาะในการป้องกันโรค เสริมสร้างสุขภาพสัตว์และลดความเครียดของสัตว์จากสภาพอากาศร้อน พบว่าส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.8) มีสถานที่จัดเก็บเวชภัณฑ์และสารเสริม ระยะเวลาการเก็บตั้งแต่ 7 วัน ถึง 90 วันโดยเก็บในตู้เย็น ส่วนเกษตรกรที่ไม่มีสถานที่จัดเก็บ เนื่องจากไม่มีความจำเป็นต้องใช้ จึงไม่มีการจัดซื้อ ในการตรวจสอบคุณภาพจะใช้การตรวจสอบด้วยสายตาเป็นหลักเช่นกัน

จากการศึกษาเกษตรกรระบุว่ามีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอาหารสัตว์ไม่แน่นอนในระดับปานกลางร้อยละ 39.6 และมีปัญหาในระดับน้อยร้อยละ 33.3 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างซึ่งแสดงว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าไม่มีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอาหารสัตว์มากนัก ซึ่งอาจเนื่องมาจากเกษตรกรมีการคัดเลือกผู้ขายปัจจัยการผลิตจากความคุ้นเคยและเชื่อมั่นในคุณภาพสินค้าเป็นหลัก ประกอบกับเกษตรกรเป็นผู้เลี้ยงอิสระไม่ได้มีพันธะสัญญาผูกพันกับผู้ขายปัจจัยการผลิต จึงสามารถเลือกซื้อปัจจัยการผลิตจากผู้ขายที่ตนพึงพอใจได้อย่างอิสระ

1.4 การจัดการผลผลิตไข่ไก่ มีการจัดการดังนี้

ความถี่ในการเก็บไข่ในโรงเรือน 1 - 3 ครั้งต่อวัน เฉลี่ย 2 ครั้ง แล้วเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่จัดเก็บโดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 54.2) ใช้รถ 4 ล้อ รองลงมาคือใช้รถเข็น และรถ 6 ล้อตามลำดับ มีการทำความสะอาดไข่ไก่โดยใช้มีดโกนขูดและผ้าเช็ดทำความสะอาด (ร้อยละ 85.4) ทุกรายมีการทำความสะอาดภาชนะเก็บไข่โดยการล้างและใช้น้ำยาฆ่าเชื้อและมีการคัดแยกไข่ไก่ที่แตก บุบ ร้าวออก โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 89.6) นำไปจำหน่าย การคัดแยกไข่แฝด มีการคัดแยกและไม่คัดแยกในจำนวนที่เท่ากัน ส่วนการคัดแยกขนาดไข่ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 85.4) มีการคัดแยก โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.4) เป็นการคัดแยกด้วยเครื่องคัด มีส่วนน้อยใช้การคัดแยกด้วยสายตา ในการคัดแยกด้วยสายตา จะคัดขนาดไข่เป็น 3 ประเภท คือ คละใหญ่ คละกลาง และคละเล็ก และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อใช้กำหนดราคาซื้อขาย

ในการจัดการผลผลิตไข่ไก่ สำหรับเกษตรกรที่เก็บไข่ในโรงเรือนวันละ 1 ครั้งพบว่าไม่สอดคล้องกับหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่ไข่ที่มีเกณฑ์กำหนดให้เก็บไข่อย่างน้อย 3 ครั้งต่อวัน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) ซึ่งความถี่ในการเก็บไข่มากครั้งจะดีกว่าการเก็บเพียงครั้งเดียว แต่เกษตรกรได้ระบุว่ามีปัญหาการขาดแคลนแรงงานจึงไม่สามารถเก็บไข่ถึง 3 ครั้งตามเกณฑ์กำหนดได้ นอกจากนี้การจัดการเกี่ยวกับไข่ไก่ในขั้นตอนต่าง ๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียจากการแตก บุบ ร้าว ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเกษตรกรมีการสูญเสียของไข่ไก่เฉลี่ยในขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- ช่วงเก็บไข่ในโรงเรือน	2.6 ฟอง/ร้อยฟอง
- ช่วงเคลื่อนย้ายไข่จาก โรงเรือนมายังสถานที่เก็บ	1.8 ฟอง/ร้อยฟอง
- ช่วงทำความสะอาด คัดแยก บรรจุ	1.6 ฟอง/ร้อยฟอง
- ช่วงขนส่งจากฟาร์ม ไปยังพ่อค้าผู้รับซื้อ	2.4 ฟอง/ร้อยฟอง
รวม	8.4 ฟอง/ร้อยฟอง

จะเห็นได้ว่าช่วงเก็บไข่ในโรงเรือนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากกว่าขั้นตอนอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mertens *et al.* (2006) ที่ศึกษาการเลี้ยงไก่ไข่ 4 รูปแบบ พบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกของไข่ในขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่ช่วงที่แม่ไก่วางไข่ (laying) และมีการเคลื่อนย้ายไปจนถึงร้านค้าปลีกอยู่ระหว่างร้อยละ 5.36 - 44.63 โดยเปอร์เซ็นต์การแตกของไข่ช่วงที่แม่ไก่วางไข่มากกว่าจุดอื่น ๆ รองลงมาคือช่วงคัดขนาดและการบรรจุ ส่วนช่วงที่พบการสูญเสียน้อยที่สุดคือ ช่วงการขนส่งไข่ไปยังร้านค้าปลีก ส่วนการศึกษาของสถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ (2556) พบว่าอัตราการสูญเสียของไข่เนื่องจากการขนส่งภายในฟาร์ม การคัดแยกขนาด และการขนส่งไปยังผู้รวบรวมอยู่ระหว่างร้อยละ 1.38 - 2.92 และเฉลี่ยร้อยละ 1.93 ซึ่งเป็นอัตราที่ต่ำมาก

การจัดการผลผลิตไข่ไก่ของเกษตรกรโดยทั่วไปพบว่าสอดคล้องกับหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่ไข่ ในด้านการคัดแยกไข่ที่ผิดปกติ มีรอยร้าวหรือแตกออก คัดแยกไข่สกปรกมีมูลไก่ติดออกมากเพื่อทำความสะอาด ในด้านการเก็บรักษาไข่ไก่พบว่า สถานที่เก็บเป็นโรงเรือนแบบเปิดโล่งหรือห้องเก็บโดยไม่มีการเก็บในห้องเย็น เนื่องจากการจัดทำห้องเย็นต้องใช้การลงทุนที่สูงและเกษตรกรไม่เห็นความจำเป็นในการลงทุน โดยเกษตรกรมีการเก็บไข่รอจำหน่ายระหว่าง 1 - 7 วัน เฉลี่ย 3 วัน

1.5 การขนส่ง ในการขนส่งปัจจัยการผลิตพบว่าส่วนใหญ่ (ร้อยละ 95.8) ผู้ขายปัจจัยการผลิตจัดส่งปัจจัยการผลิตให้ที่ฟาร์ม ส่วนการขนส่งผลผลิตไข่ไก่ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.7) พ่อค้ามารับซื้อผลผลิตที่ฟาร์ม รองลงมาคือการขนส่งเอง (ร้อยละ 25.0) และจ้างผู้อื่นขนส่ง (ร้อยละ 6.3) ตามลำดับ

1.6 การบริการลูกค้า ในการขายไข่ไก่เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75.0) เลือกผู้รับซื้อจากฐานะทางการเงินและความคุ้นเคยเป็นหลัก มีบางรายระบุว่าจะขายไข่ไก่ให้แก่ผู้ซื้อที่ชำระเงินสดเท่านั้น สำหรับการขนส่งไข่ให้แก่ผู้ซื้อ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.7) ไม่มีการขนส่งเนื่องจากพ่อค้ามารับซื้อที่ฟาร์ม

2. **กิจกรรมโลจิสติกส์ของพ่อค้ารวบรวมไข่** ดังนี้

2.1 การพยากรณ์ความต้องการ พ่อค้าส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.0) มีการพยากรณ์ความต้องการไข่ไก่จากลูกค้าโดยประเมินจากคำสั่งซื้อของลูกค้าและสถานการณ์ตลาด ส่วนการวางแผนเพิ่มหรือลดปริมาณการรับซื้อจะพิจารณาจากความต้องการของตลาดเป็นหลัก

2.2 การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน การติดต่อกับผู้ขายคือเกษตรกรและการติดต่อกับผู้ซื้อจะเป็นลักษณะเดียวกัน คือส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80.0) มีการติดต่อกันทุกวัน และพ่อค้าทุกรายใช้วิธีการติดต่อกันทางโทรศัพท์

2.3 การจัดการผลผลิตไข่ไก่ พ่อค้าทุกรายมีสถานที่เก็บรักษาไข่ไก่ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80.0) เก็บไข่ไว้ 1 วัน ทุกรายมีการตรวจสอบคุณภาพไข่ไก่ด้วยสายตา บางรายมีการทำความสะอาดไข่ไก่ ขณะที่บางรายไม่ได้ทำ พ่อค้าทุกรายมีการทำความสะอาดภาชนะเก็บไข่ มีการคัดแยกไข่แตก บุบ ร้าวออกมาจำหน่ายต่างหาก พ่อค้าส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80.0) มีการคัดขนาดไข่โดยใช้เครื่องคัด และพ่อค้าทุกรายไม่มีการชั่งน้ำหนักไข่ไก่ก่อนขาย

ในด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของพ่อค้ารวบรวมไข่จากการเคลื่อนย้ายไข่ไก่ในขั้นตอนต่าง ๆ จากการสำรวจพบว่ามีประมาณ 3 - 8 ฟอง/ร้อยฟอง เฉลี่ย 6.8 ฟอง/ร้อยฟอง ซึ่งเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจะต่ำกว่าเกษตรกรเนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายไข่ที่น้อยกว่าและเกษตรกรได้มีการคัดแยกไข่แตก บุบ ร้าวที่ฟาร์มออกไปส่วนหนึ่งแล้ว การจัดการลดความสูญเสียของพ่อค้าใน

กรณีนี้คือ พ่อค้าบางรายมีการตัดราคารับซื้อจากเกษตรกรสำหรับไข่ไก่ที่มีสภาพไม่สมบูรณ์

2.4 การขนส่ง พ่อค้าทุกรายมีรถบรรทุกของตนเองเพื่อใช้ขนส่งไข่ไก่จากฟาร์มมายังสถานประกอบการของตน และขนส่งจากสถานประกอบการไปยังผู้ซื้อ

2.5 การบริการลูกค้า ในการคัดเลือกผู้ซื้อหรือลูกค้าจะอาศัยความคุ้นเคย ติดต่อซื้อขายกันมานานเป็นหลัก นอกจากนี้ยังพิจารณาจากฐานะทางการเงินหรือการซื้อด้วยเงินสดอีกด้วย พ่อค้าทุกรายมีการจัดส่งไข่ไก่ไปยังสถานประกอบการของผู้ซื้อ

ต้นทุนโลจิสติกส์ไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

ต้นทุนโลจิสติกส์ไข่ไก่ประกอบด้วย ต้นทุนการจัดการทั่วไป (ค่าแรงงาน ค่าโทรศัพท์ ค่าน้ำ ค่าไฟ ฯลฯ) ต้นทุนคลังสินค้าและการจัดการสินค้าคงคลัง ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์และค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (ถาดไข่ ค่าเสื่อมราคาเครื่องคัดขนาดไข่ รถเข็น ฯลฯ) ต้นทุนการขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก ค่าประกันภัย ฯลฯ) และต้นทุนการสูญเสียซึ่งคิดจากมูลค่าของไข่ไก่ที่ลดลงเนื่องจากการแตก บุบ ร้าวของไข่ไก่ในขั้นตอนต่าง ๆ ที่ทำให้ต้องจำหน่ายไข่ไก่ในราคาที่ต่ำกว่าปกติ

1. **ต้นทุนโลจิสติกส์ไข่ไก่ของเกษตรกร** ในกรณีที่เกษตรกรขายไข่ไก่ที่ฟาร์มและกรณีที่มีการขนส่งไข่ไก่ไปยังแหล่งรับซื้อ พบว่ามีต้นทุนเฉลี่ย 13.91 บาท/ร้อยฟองและ 17.62 บาท/ร้อยฟอง ตามลำดับ ต้นทุนส่วนที่มากที่สุดคือต้นทุนการสูญเสีย

2. **ต้นทุนโลจิสติกส์ไข่ไก่ของพ่อค้ารวบรวมไข่** มีต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 9.97 บาท/ร้อยฟอง ต้นทุนที่มากที่สุด ได้แก่ ต้นทุนการสูญเสีย เช่นเดียวกัน

จากตารางที่ 1 ต้นทุนโลจิสติกส์ของธุรกิจไข่ไก่ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนจากการสูญเสียจากการแตก บุบ ร้าว รวมทั้งไข่ที่ไม่ได้คุณภาพและต้องคัดออกในขั้นตอนต่างๆ ของการดำเนินการเกี่ยวกับไข่ไก่ ซึ่งเกษตรกรและพ่อค้าจะต้องคัดแยกไข่เหล่านี้ออกมาและนำไปขายในราคาถูก หากผู้ประกอบการสามารถลดการสูญเสียในส่วนนี้ลงได้ก็จะทำให้ได้รับกำไรสูงขึ้น อย่างไรก็ดี ความเสียหายของไข่ไก่นี้ก็มีสาเหตุจากปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการร่วมด้วยที่นอกเหนือไปจากความไม่ระมัดระวังของแรงงานที่กระทำกับไข่ไก่ในขั้นตอนต่าง ๆ อาทิ คุณภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่ สภาพแวดล้อม ปัญหาสุขภาพของไก่ (สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556) ซึ่งผู้ประกอบธุรกิจไข่ไก่หรือล้งไข่ได้กล่าวว่า

Table 1 Logistics costs of farmers and middlemen

Baht/100 eggs

Logistics costs	Farmers Sell at farm		Farmers Sell at customer' place		Middlemen	
	Baht	%	Baht	%	Baht	%
- general management costs	4.10	29.48	4.10	23.27	2.89	28.99
- warehouse and inventory costs	0.49	3.52	0.49	2.78	0.13	1.30
- equipment & depreciation in fixes assets	0.90	6.47	0.90	5.11	0.36	3.61
- transportation costs	0	0.00	1.87	10.61	1.06	10.63
- costs of loss	8.42	60.53	10.26	58.23	5.53	55.47
Total	13.91	100.00	17.62	100.00	9.97	100.00

การที่ไข่บุบหรือแตกง่ายมาจากหลายสาเหตุ ได้แก่ สูตรอาหารไก่ไข่ที่มีหินน้อย อายุของไก่โดยไก่ที่มีอายุมากขึ้นจะทำให้ได้ไข่เปลือกบางลง พันธุ์ไก่ไข่ โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงโดยโรงเรือนแบบปิดมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกว่าโรงเรือนแบบเปิด ไก่จะกินอาหารได้มากขึ้น ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งผลต่อคุณภาพความแข็งแรงของเปลือกไข่ หากไข่มีเปลือกบางจะทำให้แตกได้ง่ายขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนโลจิสติกส์ไข่ไก่ของเกษตรกรและพ่อค้า พบว่าเกษตรกรมีต้นทุนโดยรวมที่สูงกว่าเนื่องจากมีขั้นตอนการดำเนินงานและมีความเสียหายของไข่ไก่ที่มากกว่า โดยเกษตรกรต้องทำการคัดแยกไข่ที่ไม่ได้คุณภาพออกก่อนจำหน่าย ทำให้พ่อค้ารับภาระความสูญเสียในส่วนนี้ลดน้อยลง

ปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

ปัญหาด้านโลจิสติกส์ไข่ไก่ จากการสำรวจได้จำแนกเป็นปัญหาในระดับมาก ปานกลาง น้อย และไม่มีปัญหา สรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาของเกษตรกร ปัญหาด้านโลจิสติกส์ที่สำคัญในระดับมาก คือ ปัญหาค่าจ้างแรงงานสูง (ร้อยละ 54.2) รองลงมาคือ น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูง (ร้อยละ 41.7) ส่วนสิ่งที่เกษตรกรคิดว่าเป็นปัญหาในระดับน้อย คือ การสูญเสียจากไข่แตก บุบ ร้าว (ร้อยละ 58.3) สถานที่เก็บรักษาไข่ไก่ไม่เหมาะสม (ร้อยละ 56.3) และสถานที่เก็บรักษาปัจจัยการผลิตไม่เหมาะสม (ร้อยละ 54.2)

2. ปัญหาของพ่อค้ารวบรวมไข่ไก่ ปัญหาด้านโลจิสติกส์ที่สำคัญในระดับมาก คือ น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูง (ร้อยละ 40.0) และสภาพถนนไม่สะดวกต่อการขนส่ง (ร้อยละ 40.0) สำหรับปัญหาจากการสูญเสียของไข่ไก่จากการแตก บุบ ร้าว และสถานที่เก็บรักษาไข่ไก่ไม่เหมาะสม ส่วนใหญ่ระบุว่าไม่มีปัญหา (ร้อยละ 80.0 เท่ากัน)

แนวทางการพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ไข่ไก่ จากการจัดการสนทนากลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทราเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ไข่ไก่ สรุปได้ดังนี้

1. การจัดการปัจจัยการผลิต

- ปัญหาคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ เกษตรกรควรมีการควบคุมดูแลที่ดีตั้งแต่การสั่งซื้อจนถึงการเก็บรักษา ควรเลือกผู้ขายปัจจัยการผลิตที่ขายสินค้ามีคุณภาพเป็นที่เชื่อถือ

- โรคระบาดในไก่ไข่มีส่วนทำให้ไข่ไก่เปลือกบาง แตกง่าย ป้องกันการเกิดโรคระบาดในฟาร์มอย่างเข้มงวด เลือกพันธุ์ไก่ไข่และใช้อาหารไก่ไข่ที่เอื้ออำนวยต่อการลดการสูญเสียด้านโลจิสติกส์ในขั้นตอนต่าง ๆ

2. การพยากรณ์ความต้องการ

- ความต้องการผลผลิตขึ้นอยู่กับฤดูกาล/เทศกาลและปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน ธุรกิจไข่ไก่ควรมีการปรับตัวตามสถานการณ์ ในกรณีที่ความต้องการลดลงควรดำเนินการ เช่น 1) การปลดไก่ 2) การเก็บไข่ในห้องเย็น 3) การนำไข่ไปแปรรูป 4) การส่งออก ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องต้องร่วมมือกันดำเนินการแก้ไขจึงจะช่วยบรรเทาปัญหาลงได้ แต่ถ้าไม่ร่วมมือกันก็จะส่งผลกระทบในภาพรวม

3. การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน ไม่พบปัญหา เนื่องจากในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการสื่อสารที่ทันสมัย สะดวก รวดเร็ว อย่างไรก็ดี ผู้ประกอบการควรใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารที่ทันสมัยให้มากที่สุด

4. การจัดการผลผลิตไข่ไก่

- ปัญหาการสูญเสียในขั้นตอนต่าง ๆ โรงเรือนเลี้ยงไก่และสถานที่เก็บไข่ต้องเป็นคนละที่แยกจากกัน เพื่อป้องกันโรค พยายามลดจำนวนครั้งของการเคลื่อนย้ายผลผลิต เคลื่อนย้ายผลผลิตด้วยความระมัดระวัง ให้แรงงานมีส่วนรับผิดชอบความเสียหายของผลผลิต ในการขายไข่แบบคละ 3 ขนาด คือ คละใหญ่ คละกลาง และคละเล็ก ควรบรรจุไข่ไก่ที่มีขนาดสม่ำเสมอในถาดไข่ ไม่นำไข่ขนาดเล็กบรรจุลงถาดไข่

รวมกับไข่ขนาดใหญ่ เพราะจะทำให้ไข่แตกได้ง่ายเมื่อวางถาดไข่ซ้อนกัน

5. การขนส่ง

- ความเสียหายของผลผลิตจากการขนส่ง การขนส่งไข่ไก่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง และให้แรงงานมีส่วนรับผิดชอบความเสียหายของผลผลิต

6. การบริการลูกค้า ทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจในสินค้าและการบริการ เช่น คัดแยกไข่ที่แตก ร้าวออก ไม่นำไปขายรวม มีการแถมไข่ไก่เพิ่มให้จำนวนหนึ่ง สำหรับพ่อค้าจะมีการให้เกษตรกรและผู้ซื้อยืมถาดไข่แบบหมุนเวียนอีกด้วย

7. อื่น ๆ ปัญหาความสะอาดรอบ ๆ ฟาร์มและภายในฟาร์ม ควรจัดการฟาร์มให้เป็นระเบียบ ไม่ให้เป็นแหล่งอาศัยของสัตว์ เช่น หนู งู ที่จะเข้ามากินไข่ไก่ทำให้เกิดการสูญเสียได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบธุรกิจไข่ไก่

การจัดการปัจจัยการผลิต เกษตรกรควรมีการจัดการที่ดีตั้งแต่การวางแผนการสั่งซื้อปัจจัยการผลิตในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ เก็บรักษาปัจจัยการผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หมุนเวียนการใช้ปัจจัยการผลิตตามลำดับของการเข้า-ออก มีการสุ่มตรวจคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของปัจจัยการผลิตเป็นระยะ ควรมีไซโลเพื่อเก็บวัตถุดิบสำคัญ เช่น ข้าวโพด ที่มีความผันแปรด้านราคาและคุณภาพมาก โดยฟาร์มที่มีศักยภาพด้านการทำไซโลจะช่วยลดต้นทุนด้านอาหารและมีอาหารสัตว์ที่ดีใช้อย่างมีคุณภาพ

การพยากรณ์ความต้องการ เนื่องจากสินค้าไข่ไก่มีความสำคัญด้านการรักษาความสดและฟาร์มส่วนใหญ่ยังไม่มีการเก็บรักษาไข่ไก่ในระยะยาว ดังนั้นการปฏิบัติของฟาร์ม คือ ต้องจัดจำหน่ายสินค้าให้หมดโดยเก็บรักษาไว้น้อยที่สุด ส่วนการเก็บในห้องเย็นจะใช้ในช่วงที่มีกำลังการผลิตเพิ่มเกินความต้องการของตลาด จึงต้องเก็บไข่ส่วนเกินไว้ในห้องเย็น ซึ่งในแหล่งที่มีห้องเย็นให้บริการเก็บรักษาไข่ไก่ เช่น สหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่แปดริ้ว จำกัด จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเก็บรักษาไข่ไก่ไว้รอจำหน่ายได้

การติดต่อสื่อสารในการดำเนินงาน ผู้ประกอบธุรกิจไข่ไก่ทั้งเกษตรกรและพ่อค้าควรใช้ประโยชน์จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารให้มากที่สุด เช่น การใช้เครือข่ายโซเชียลเน็ตเวิร์กเพื่อตรวจสอบด้านราคาจำหน่าย มีการรวมกลุ่มกันตั้งชมรมสมาคม เพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นจุดประสานงานด้านราคาไข่ไก่

การจัดการผลผลิตไข่ไก่ การเคลื่อนย้ายไข่ไก่ในขั้นตอนต่าง ๆ ด้วยความระมัดระวังจะช่วยลดความเสียหายลงได้ เช่น ฟาร์มใหญ่ที่ใช้ระบบสายพานลำเลียงไข่อัตโนมัติจะลดปัญหาไข่บุบ แตก ร้าวได้ อย่างไรก็ดี ทั้งเกษตรกรและพ่อค้าส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหานี้ ซึ่งหากผู้ประกอบการเห็นความสำคัญของปัญหานี้และทำการปรับปรุงแก้ไขก็จะช่วยลดความสูญเสียลงได้ ส่วนการเก็บรักษาไข่ไก่จะต้องมีการควบคุมคุณภาพ โดยเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสจะช่วยรักษาคุณภาพไข่ไก่จนกว่าจะถึงมือผู้บริโภค สำหรับห้องเก็บไข่จะต้องไม่อับทึบ มีอากาศถ่ายเทสะดวก

การขนส่ง ในการขนส่งไข่ไก่หากผู้ประกอบการสามารถใช้รถห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิได้จะเป็นพัฒนาการสำคัญของธุรกิจไข่ไก่ที่แสดงถึงแนวโน้มของระบบคุณภาพ

การบริการลูกค้า ปัจจุบันการขายไข่ไก่มีทั้งการขายในลักษณะไข่คละและไข่ที่มีการคัดขนาดเป็นเบอร์ต่าง ๆ ตามน้ำหนักของไข่ เมื่อตลาดไข่เข้าสู่ระบบร้านค้าปลีกสมัยใหม่ (modern trade) จะมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่ไก่รูปแบบใหม่ ๆ การทำตราผลิตภัณฑ์ ใช้บรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม ซึ่งอาจจัดเป็นการบริการลูกค้าได้ทางหนึ่งเพื่อดึงดูดใจให้ผู้บริโภคได้ซื้อสินค้ามากขึ้น นอกจากนี้หากผู้ประกอบการสามารถแสดงให้เห็นถึงการรักษาคุณภาพไข่ไก่ตั้งแต่การผลิตจนถึงมือผู้บริโภค โดยมีเครื่องหมายรับรองคุณภาพจะเป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญของธุรกิจไข่ไก่ และเป็นการแสดงความรับผิดชอบของผู้ผลิตหรือผู้ค้าต่อผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานภาครัฐ

สนับสนุนการรวมกลุ่มของผู้ประกอบธุรกิจไข่ไก่ โดยกรมส่งเสริมสหกรณ์ควรสนับสนุนการรวมตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ นอกจากนี้หากหน่วยงานในท้องถิ่นสามารถให้การสนับสนุนปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นก็จะจูงใจให้มีการรวมกลุ่มกันได้ง่ายขึ้น เช่น การสนับสนุนงบประมาณตามโครงการพัฒนาจังหวัด เพื่อสร้างโรงงานอาหารสัตว์ของกลุ่ม สร้างห้องเย็นเพื่อเก็บไข่ไก่ในช่วงที่ไข่ไก่ล้นตลาด เป็นต้น

จูงใจให้เกษตรกรขอรับการรับรองมาตรฐานฟาร์ม การเลี้ยงไก่ไข่ได้มีการกำหนดมาตรฐาน “การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่ไข่” โดยกำหนดเป็นมาตรฐานสมัครใจ ไม่มีการบังคับ ทั้งนี้จากสถิติของกรมปศุสัตว์ พบว่าในปี 2556 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่เป็นการค้าจำนวน 50,911 ครัวเรือน (กรมปศุสัตว์, 2556) แต่มีจำนวนฟาร์มไก่ไข่ที่ขึ้นทะเบียนมาตรฐานฟาร์มเพียง 1,925 ฟาร์ม (กรมปศุสัตว์, 2557) หรือคิดเป็นร้อยละ 3.8 ของจำนวนครัวเรือนผู้เลี้ยงไก่ไข่ทั้งหมดเท่านั้น ดังนั้น หากภาครัฐและหน่วยงานที่รับผิดชอบคือกรมปศุสัตว์มีการจูงใจให้เกษตรกรที่ยังไม่ขึ้นทะเบียนมาตรฐานฟาร์มมาเข้าสู่ระบบมาตรฐานฟาร์ม ตลอดจนควบคุมดูแลการจัดการการผลิตของฟาร์มต่าง ๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐานจะทำให้ได้ผลผลิตไข่ไก่ที่มีคุณภาพมากขึ้น

สรุป

การจัดการโลจิสติกส์ของธุรกิจไข่ไก่ทั้งเกษตรกรและพ่อค้ารวบรวมไข่ในจังหวัดฉะเชิงเทราส่วนใหญ่มีกิจกรรมที่คล้ายคลึงกัน แต่เกษตรกรมีกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นคือการจัดการปัจจัยการผลิตและการจัดการผลผลิตไข่ไก่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนโลจิสติกส์ส่วนใหญ่คือต้นทุนการสูญเสียจากการแตกร้าวของไข่ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการเคลื่อนย้ายผลผลิต รองลงมาคือต้นทุนการจัดการทั่วไป อย่างไรก็ดีทั้งเกษตรกรและพ่อค้าส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาการสูญเสียของผลผลิต โดยทั้งเกษตรกรและพ่อค้าส่วนใหญ่ระบุว่าการสูญเสียจากไข่แตก บุบ ร้าว เป็นปัญหาในระดับน้อยหรือไม่มีปัญหา ซึ่งหากผู้ประกอบการเห็นความสำคัญของปัญหานี้และทำการปรับปรุงแก้ไขก็จะช่วยลดความสูญเสียและทำให้ธุรกิจได้รับผลกำไรมากขึ้น

ในการพัฒนาการจัดการโลจิสติกส์ของธุรกิจไข่ไก่นี้นอกจากจะดำเนินการโดยผู้ประกอบการในธุรกิจไข่ไก่แล้ว ฝ่ายสนับสนุนต่าง ๆ ก็สามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนาโดยหน่วยงานภาครัฐสามารถให้การสนับสนุนได้แก่ สนับสนุนการรวมกลุ่มของผู้ประกอบธุรกิจไข่ไก่ โดยให้การสนับสนุนปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นเพื่อจูงใจให้มีการรวมกลุ่มกันได้ง่ายขึ้น เช่น การให้สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำเพื่อสร้างโรงงานอาหารสัตว์ของกลุ่ม สร้างห้องเย็นเพื่อเก็บไข่ไก่ในช่วงที่ไข่ไก่ล้นตลาด เป็นต้น ควบคุมดูแลการจัดการการผลิตของฟาร์มต่าง ๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน รวมทั้งจูงใจให้เกษตรกรที่ยังไม่ขึ้นทะเบียนมาตรฐานฟาร์มมาเข้าสู่ระบบมาตรฐานฟาร์มซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตไข่ไก่ที่มีคุณภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจไข่ไก่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ ประธาน ผู้จัดการและเจ้าหน้าที่ของสหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่แปดริ้ว จำกัด นักวิชาการจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดฉะเชิงเทรา นายกองค์การบริหารส่วนตำบลบางพระ อำเภอเมือง ผู้ค้าไข่ไก่ เกษตรกร และนายสัตวแพทย์กิตติ ทรัพย์ชูกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2556. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่เป็นการค้า ปีงบประมาณ 2556 (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_w

eb/yearly/2556/ busi/aumpher/chick2_busi_aumpher56.pdf (1 สิงหาคม 2557).

กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่รายจังหวัด ปีงบประมาณ 2558 (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/447-report-thailand-livestock/reportservey2558-1/ 869-report-survey58 (4 พฤษภาคม 2559).

กรมปศุสัตว์. 2557. สรุปจำนวนมาตรฐานฟาร์มไก่ไข่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://certify.dld.go.th/th/index.php/en/component/content/article/100-2013-10-06-13-50-19/ 284-2014-03-06-19-25-46 (1 สิงหาคม 2557).

พงศ์ธร เผ่าบรรจง. 2545. ปัญหาและความต้องการด้านการผลิตและการตลาดของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิตสาขาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา สถาบันราชภัฏราชนครินทร์. ฉะเชิงเทรา. 97 หน้า.

ยศ บริสุทธิ์ และชนินทร์ แก้วตะคา. 2558. เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร. วารสารเกษตร 31(2) : 215-224.

ยุวเรศ เรืองพานิช. 2556. การจัดการผลผลิตไข่และการตลาด. ในเอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการผลผลิตและการตลาดสินค้าปศุสัตว์. หน่วยที่ 8 สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 48 หน้า.

สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างการผลิต การตลาด และโครงสร้างต้นทุนการผลิตไข่ไก่. เสนอต่อกรมปศุสัตว์ 136 หน้า.

สรชัย พิศาลบุตร. 2557. การเลือกตัวอย่าง. ในประมวลสาระชุดวิชาวิธีวิจัยทางการจัดการทรัพยากรเกษตร. หน่วยที่ 11 สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี. 61 หน้า.

เสกสม อาตมางกูร อรทัย ไตรวุฒานนท์ สุเจตน์ ชื่นชม วิไลลักษณ์ ชาวอุทัย วิรัตน์ สุมน อรประพันธ์ ส่งเสริม อรรถวุฒิ พลายบุญ สุชาติ สงวนพันธุ์ หนูจันทร์ มาตา และยุวเรศ เรืองพานิช. 2549. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การประกันคุณภาพไข่ไก่เพื่อการบริโภค ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยบูรณาการ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2548. 154 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. มาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่ไข่ มกษ. 6909 – 2553 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 147 ง วันที่ 21 ธันวาคม 2553 หน้า 1-25.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. การศึกษาระบบโลจิสติกส์นมพร้อมดื่ม เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 101. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 117 หน้า.

อิสรี สายรวมญาติ. 2555. คุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภค: การสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ความปลอดภัยของอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 105 หน้า.

Grant, D. B., D. M. Lambert, J. R. Stock, and L. M. Ellram. 2006. Fundamentals of Logistics Management. European: The McGraw-Hills Companies Inc. 436 p.

Mertens, K., B. Bamelis, B. Kemps, E. Kamers, B. Verhoelst, M. De Ketelaere, J. De Baerdemaeker. 2006. Monitoring of

eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. Poultry Science 85: 1670-1677.

การพัฒนาสูตรชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยใช้การทดลองออกแบบส่วนผสม

Recipe Development of Mixed Tea from Mulberry Leaf and Fruit by Mixture Design

ธนกิจ ถาหมี[1/] และพิไลรัก อินธิปัญญา[2/]

Tanakij Thamee[1/] and Pilairuk Intipunya[2/]

[1/]ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ 54110

[1/]Queen Sirikit Sericulture Center (Phrae) Denchai district, Phrae 54110, Thailand

[2/]คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2/]Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University, Muang district, Chiang Mai 52000, Thailand

**Corresponding author: Email: tana_142@hotmail.com*

(Received: 9 February 2016; Accepted: 26 April 2016)

Abstract: The objective of this research was to optimize the formula of non-caffeine tea from mulberry leaf and fruit. The experiment was conducted using mixture design of 3 components, consisting of mulberry leaf 20 - 60%, medium ripe mulberry fruit 20 - 60% and fully ripe mulberry fruit 20 - 60%. It was found that the optimal formulation of mixed mulberry tea consisted 40% mulberry leaf, 24% medium ripe mulberry fruit and 46% fully ripe mulberry fruit. The developed mixed mulberry tea had 0.273 of water activity, 4.22% of moisture content, 5.38% of ash, 287.08 mg/100ml$_{(wet\ basis)}$ of EC_{50} values, 5.67mg/ml$_{(wet\ basis)}$ of total phenolic compound, 170.49 mg/100ml$_{(wet\ basis)}$ of anthocyanin, 100.60 mg/l$_{(wet\ basis)}$ of quercetin, 406.62 mg/l$_{(wet\ basis)}$ of catechin, 0.327 g/100g$_{(wet\ basis)}$ of tannin. In addition, mulberry mixed tea were safe to consume from both pathogenic and food poisoning bacteria. The product has hedonic score of overall liking average like to moderately like.

Keywords: Mixed tea, mulberry fruit, mulberry leaf, main ingredients, antioxidant

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ชาชงจากใบหม่อนและผลหม่อน โดยวางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ได้แก่ ใบหม่อนอบแห้ง 20-60% ผลหม่อนห่ามอบแห้ง 20-60% และผลหม่อนสุก 20-60% พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ ใบหม่อนอบแห้ง 30% ผลหม่อนห่ามอบแห้ง 24% และผลหม่อนสุกอบแห้ง 46% ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.273 ความชื้น 4.22% เถ้า 5.38% ค่า EC_{50} 287.08 mg/100 ml ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 5.67 mg/g แอนโทไซยานิน 170.49 mg/100ml เคอร์ซิติน 100.60 mg/l, คาเทชิน 406.62 mg/l, แทนนิน 0.327% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และมีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ: ชาชง ผลหม่อน ใบหม่อน ส่วนผสมหลัก สารต้านออกซิออกซิเดชัน

คำนำ

ปัจจุบันตลาดเครื่องดื่มในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (alcohol) และเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ (non-alcohol หรือ soft drink) สำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์นี้ ผลิตภัณฑ์จากชา กำลังเป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคเป็นจำนวนมาก เนื่องมาจากผู้บริโภคในปัจจุบันใส่ใจสุขภาพมากขึ้น รวมไปถึงการหันมาบริโภคพืชสมุนไพร ผลไม้ไทยพื้นบ้าน และผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆเพิ่มขึ้น และพบว่ากลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจผลิตภัณฑ์ชาที่มีการดัดแปลงในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียน นักศึกษา กลุ่มวัยทำงาน และกลุ่มผู้สูงอายุที่ใส่ใจสุขภาพ (ธิดาวรรณ, 2557) และ Euromonitor International รายงานว่า ในปี 2557 ตลาดเครื่องดื่มสมุนไพรและผลไม้แบบเอเชียในไทยมีมูลค่า 9,400 ล้านบาท และคาดว่าจะเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 3 ต่อปี ส่งผลทำให้มูลค่าตลาดเพิ่มขึ้นเป็น 10,250 ล้านบาท ในปี 2560 (Euromonitor International, 2014) เป็นโอกาสดีสำหรับผลิตภัณฑ์ชาเพื่อสุขภาพที่จะเกิดขึ้นในตลาด ที่มีความแปลกใหม่ มีคุณค่า และประโยชน์ต่อผู้บริโภค

เครื่องดื่มสมุนไพรจากใบหม่อน เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีผู้บริโภคมีความสนใจและให้การยอมรับว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อร่างกาย แต่ว่ารูปแบบของผลิตภัณฑ์ยังคงมีรูปแบบเดิมทำให้ไม่มีความน่าสนใจ จึงมีการนำเอาผลหม่อนที่มีส่วนของสารต้านอนุมูลอิสระอยู่เป็นอย่างมากมาประกอบรวมกันเป็นชาชงผลไม้ที่ให้สีสันที่สวยงามในผลิตภัณฑ์ชาชงมากขึ้น ซึ่งน่าจะสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ชาชงได้เป็นอย่างดี เพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้เกิดความหลากหลาย และมีรูปแบบที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ชาชงจากใบหม่อนผสมผลหม่อน เป็นการนำใบหม่อนและผลหม่อนมาเป็นส่วนประกอบหลักเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ และเป็นการดึงเอาประโยชน์ของผลหม่อนและใบหม่อนไปสู่ผู้บริโภค ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาชงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากกับกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจด้านสุขภาพ ประกอบกับในผลิตภัณฑ์ชาชงนี้จะมีสีสันที่แปลกตาจากผลิตภัณฑ์ชาทั่วไป และมีกลิ่นที่หอมจากใบหม่อน ซึ่งเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผลดีต่อสุขภาพเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งน่าจะเป็นที่สนใจของกลุ่มผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงจากใบหม่อนผสมผลหม่อน โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบหลัก ได้แก่ใบหม่อน ผลหม่อนห่าม และผลหม่อนสุกจัด รวมไปถึงศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งของเครื่องดื่มชาเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติมีสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและสามารถแข่งขันในท้องตลาดได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบหลักที่ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

1.1 ใบหม่อน นำใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 จากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ โดยคัดเลือกใบ 3-5 (คัดใบที่ไม่แข็งหยาบเกินไป) นำไปตัดก้านใบและล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้น ๆ ขนาดแนวขวาง 0.5 เซนติเมตร นำไปลวกในน้ำเดือดประมาณ 1 นาที และนำมาแช่ในน้ำเย็นจัด บีบน้ำออกจากใบหม่อนให้หมด พักไว้จนสะเด็ดน้ำ จากนั้นนวดใบหม่อนด้วยมือนาน 10 นาที ใส่ถาดสแตนเลสเกลี่ยให้มีความหนาเท่า ๆ กัน นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 พักใบหม่อนมาให้เย็น และนำไปบดให้ละเอียดที่ขนาด 20 เมซ เก็บไว้ในขวดแก้วที่สะอาด ปิดผนึกให้สนิท พันด้วยแผ่นพาราฟิน

1.2 ผลหม่อนห่าม (สีม่วงแดง ประมาณ 50%) จากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำผลหม่อนไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 พักให้เย็น นำไปบดให้ละเอียดที่ขนาด 20 เมซ เก็บไว้ในขวดแก้วที่สะอาด ปิดผนึกให้สนิท พันด้วยแผ่นพาราฟิน

1.3 ผลหม่อนสุก (สีม่วงดำ) จากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำผลหม่อนไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 พักให้เย็น นำไปบดให้ละเอียดที่ขนาด 20 เมซ เก็บไว้ในขวดแก้วที่สะอาด ปิดผนึกให้สนิท พันด้วยแผ่นพาราฟิน

ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบหลัก คุณภาพด้านสี ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta: CR-300, Japan) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) (AQUA Lab : CX3TX, USA) ความชื้น (AOAC, 2005) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Waterman and Mole, 1994) ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Ranganna, 1991) สารต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH (Mahattanatawee *et al*., 2006)

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของชาหม่อนโดยใช้แผนการทดลองออกแบบส่วนผสม (mixture design) แบบ Extreme vertices โดยศึกษาการผันแปรส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ ใบหม่อนอบแห้ง ผลหม่อนห่ามอบแห้ง และผลหม่อนสุกอบแห้ง จำนวน 20-60% ทำการกำหนดสูตรตามเงื่อนไข จะทำให้ได้สูตรชาหม่อนจำนวน 11 สูตร (ซ้ำ 2 จุด) (ตารางที่ 1) นำตัวอย่างวิเคราะห์หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) (AQUA Lab : CX3TX, USA) ความชื้น ปริมาณแทนนิน เถ้า (AOAC, 2005) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (Hunna Instrument : Model HI 9021, USA) ค่าสี (Minolta: CR-300, Japan) และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) (ไพโรจน์, 2545) ในด้านความใส สี กลิ่นรส รสชาติขณะชิม และความชอบโดยรวมอย่างน้อย 6ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม โดยให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน เตรียมตัวอย่างทดสอบชิมโดยเตรียมชาใส่ถุงชาจำนวนถุงละ 2.5 กรัม แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที โดยเสิร์ฟตัวอย่างชาที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ในถ้วยประมาณ 20 มิลลิลิตร ประเมินความชอบและการยอมรับ ในขั้นแรกเมื่อผู้ทดสอบชิมทดสอบครบ 4 ตัวอย่าง จะพักการทดสอบ 5 นาที หลังจากนั้นทดสอบอีก 4 ตัวอย่าง และพัก 5 นาที แล้วทดสอบ 3 ตัวอย่างสุดท้าย ในระหว่างการทดสอบชิม ให้ผู้ทดสอบดื่มน้ำระหว่างการทดสอบตัวอย่างถัดไปทุกครั้ง ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์หาช่วงสูตรที่เหมาะสม (optimization) โดยใช้การสร้างพื้นที่ตอบสนอง (response surface methodology, RSM) ค่าที่ใช้ในการคัดเลือกระดับของส่วนผสมที่เหมาะสม คือ คะแนนการยอมรับอย่างน้อย 6 คะแนน

Table 1 The formula of mulberry mixed tea

Formula	Component (%)		
	Mulberry leaf	Mulberry medium ripe	Mulberry fully ripe
1	20.00	20.00	60.00
2	20.00	60.00	20.00
3	60.00	20.00	20.00
4	20.00	20.00	60.00
5	40.00	40.00	20.00
6	40.00	20.00	40.00
7	33.33	33.33	33.33
8	46.67	26.67	26.67
9	26.67	26.67	46.67
10	26.67	46.67	26.67
11	20.00	40.00	40.00

3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนที่พัฒนาได้

นำผลิตภัณฑ์ชาชงหม่อนที่พัฒนาสูตรแล้วมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ในการวิเคราะห์จะเทียบเคียงคุณภาพตามมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง ชาใบหม่อน มกษ.3000-2552 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน มผช.30-2556 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2556) ดังนี้ ความชื้น เถ้า (AOAC, 2005) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) (AQUA Lab รุ่น CX3TX) ค่าสี L a* b* (Minolta chroma meter รุ่น CR-300) สารต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH (Mahattanatawee *et al*., 2006) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Waterman and Mole, 1994) ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Ranganna *et al*., 1991) ปริมาณสารเคอร์ซีทิน ปริมาณคาเทชิน (Fecka and Turek, 2008) ปริมาณแทนนิน (AOAC, 2005) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Larry and James, 2001) รายีสต์และรา (Valerie *et al.,* 2001)

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนที่พัฒนาได้

ทดสอบโดยการใช้แบบสอบถาม ร่วมกับการสัมภาษณ์จากผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ทำการทดสอบชิมตัวอย่างชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) (ไพโรจน์, 2545) และทำการศึกษาแนวทางการตลาดจากผู้บริโภค รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย (ศิริลดา, 2558; จริญญา และคณะ 2548)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณภาพส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

ตรวจวัดคุณภาพของส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ชาชงจากใบหม่อนผสมผลหม่อน (ตารางที่ 2) จากวัตถุดิบหลัก 3 ชนิด ได้แก่ ใบหม่อนอบแห้ง ผลหม่อนห่ามอบแห้ง ผลหม่อนสุกอบแห้ง พบว่าวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มีความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 3.32 - 4.76 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) อยู่ระหว่าง 0.174 - 0.331 สำหรับ

Table 2 Quality of ingredient mixed mulberry tea

Quality		Leaf Mulberry	Medium ripe Mulberry	Fully ripe Mulberry
Color	L*	44.38 ±0.15	32.93 ±0.26	31.38 ±0.26
	a*	-6.34 ±0.04	9.62 ±0.46	4.75 ±0.18
	b*	14.20 ±0.05	2.76 ±0.14	1.50 ±0.16
Water activity (a_w)		0.174 ±0.003	0.331 ±0.002	0.326 ±0.003
Moisture content (g/100g)		3.32 ±0.01	4.76 ±0.31	4.17 ±0.32
Total phenolic compound ($mg/g_{(dry\ basis)}$)		1.96 ±0.01	10.42 ±0.10	10.10 ±0.19
Anthocyanin ($mg/100g_{(dry\ basis)}$)		2.60 ±0.08	213.68 ±1.36	337.96 ±14.24
EC_{50} values of DPPH radical scavenging activity (mg/100ml)		102.49 ±1.44	57.17 ±0.13	76.96 ±0.33

Means of 3 samples ± standard deviation

* = colour value ;L* = lightness (100 = light, 0 = dark) ; a* = +red, - green ; b* = +yellow, - blue

ปริมาณแอนโทไซยานินในผลหม่อนพบว่า ผลหม่อนแก่จะมีประมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าผลหม่อนห่าม เนื่องจากระยะการสุกของผลหม่อนเอง (ธนกิจ และพิไลรัก, 2555)

2. ผลการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

ผลจากการวัดคุณภาพ (ตารางที่ 3) พบว่า มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.273 - 0.322 และมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 3.66 - 4.74 ปริมาณแทนนิน 0.198 - 0.335 กรัม/100กรัม ร้อยละปริมาณเถ้า 5.00 - 3.72 ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.78 - 4.31 ค่าสี L* 37.28-41.42 ค่าสี a* 0.99-6.36 และค่าสี b* 5.66 - 9.60

ส่วนผลคะแนนการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค 100 คน (ตารางที่ 4) พบว่า มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ระหว่าง 5.79 - 7.10 ด้านสีอยู่ระหว่าง 6.05 6.88 ด้านรสชาติอยู่ระหว่าง 5.40 - 6.35 ด้านกลิ่นอยู่ระหว่าง 5.55 - 6.73 และความชอบโดยรวมอยู่ระหว่าง 5.61 - 6.39 เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาสมการรีเกสชั่น เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชาชง จากใบหม่อนอบแห้ง ผลหม่อนห่มอบแห้ง และผลหม่อนสุกอบแห้ง ที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ จะได้สมการรีเกสชั่น (ตารางที่ 5) และแผนภาพ contour plot (ภาพที่ 1) พบว่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชาชงมีผลต่อค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า Lack of fit ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และสมการรีเกสชั่นที่ได้มีค่า R^2 อยู่ในช่วง 82.11 - 99.85 พบว่า หากสมการรีเกสชั่นมีค่า R^2 สูงหมายความว่าสมการที่ได้สามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดี (สุจินดา, 2548) จากสมการรีเกสชั่นพบว่า ค่าความชอบรสชาติมีสมการแบบหุ่นเส้นตรง (linear model) มีอิทธิพลหลักมาจากผลหม่อนแก่อบแห้งเป็นหลัก ค่าลักษณะปรากฏ ค่าสีมีสมการแบบหุ่นกำลังสอง (quadratic model) มีอิทธิพลหลักมาจากผลหม่อนแก่อบแห้ง และค่ากลิ่น มีสมการแบบหุ่นกำลังสามแบบพิเศษ (special cubic model) มีอิทธิพลหลักมาจากใบหม่อนเป็นหลัก ส่วนค่าความชอบโดยรวมมีสมการแบบหุ่นกำลังสาม (cubic model) มีอิทธิพลหลักมาจากผลหม่อนแก่เป็นหลัก

ผลการวิเคราะห์หาส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด (optimization) พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมประกอบด้วยใบหม่อนอบแห้ง 30% ผลหม่อนห่มอบแห้ง 24% และผลหม่อนสุกอบแห้ง 46% โดยใช้คะแนนการยอมรับคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ที่ระดับ 6.00 ขึ้นไป ดังแสดงในภาพ overlay plot (ภาพที่ 2) แสดงช่วงที่เหมาะสม (บริเวณพื้นที่สีเหลืองทั้งหมด) ของสูตรชาชงจากใบหม่อนผสมผลหม่อน

จากนั้นทำการทดสอบสมการรีเกสชั่น จากตารางที่ใช้ทำนายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน โดยทำการสุ่มเลือกสูตร 1 สูตร เพื่อใช้ใน

Table 3 Qualities of mixed mulberry tea 10 formulas

formula	Water activity (a_w)	Moisture contents (%)	Tannin (g/100g)	%Ash	pH	Color		
						L*	a*	b*
1	0.273 a	3.66 a	0.335 f	5.00 a	3.91 b	37.28 a	6.36 f	5.66 a
2	0.302 e	3.96 ab	0.249 cd	5.76 c	3.78 a	41.59 f	6.17 ef	8.37 ef
3	0.322 f	4.34 bc	0.198 a	7.30 g	4.67 g	41.19 f	0.99 a	9.60 f
4	0.273 a	3.66 a	0.335 f	5.00 a	3.91 b	37.28 a	6.36 f	5.66 a
5	0.302 e	3.83 ab	0.223 b	6.52 e	4.09 d	41.22 e	4.37 c	8.71 ef
6	0.284 b	3.73 a	0.269 e	6.13 d	4.26 e	39.19 c	3.32 b	7.43 c
7	0.287 bc	3.44 a	0.257 de	5.98 d	4.02 c	40.17 d	4.77 cd	7.76 cd
8	0.299 de	3.99 ab	0.229 bc	6.72 f	4.31 f	40.74 f	2.61 b	8.69 ef
9	0.284 b	3.55 a	0.320 f	5.38 b	4.03 c	38.79 b	5.10 cd	6.73 b
10	0.294 cd	3.40 a	0.247 cd	5.98 d	3.93 b	41.42 f	5.38 de	8.23 de
11	0.321 f	4.74 c	0.232 bc	6.55 e	4.13 d	40.25 d	3.08 b	8.79 ef
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	5.56	12.06	17.71	11.71	5.87	3.85	39.01	7.78

Mean of 3 samples

Mean in the same column follow by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 4 Sensory evaluation of mixed mulberry tea 11 formulas (n=100)

Formula	Appearance	Colour	Odor	Tastes	Overall liking
1	6.68 ±1.22	6.81 ±1.08	5.90 ±1.45	6.35 ±1.23	6.20 ±1.35
2	6.68 ±1.26	6.05 ±1.27	5.65 ±1.39	5.40 ±1.49	5.78 ±1.33
3	6.51 ±1.25	6.10 ±1.29	6.73 ±1.25	5.69 ±1.12	6.41 ±1.09
4	6.70 ±1.24	6.80 ±1.38	5.91 ±1.41	6.39 ±1.32	6.19 ±1.25
5	5.85 ±1.17	6.08 ±1.35	5.55 ±1.38	5.64 ±1.40	5.61 ±1.22
6	5.79 ±1.39	6.88 ±1.43	6.20 ±1.48	5.93 ±1.16	5.88 ±1.44
7	6.31 ±1.33	6.41 ±1.42	5.99 ±1.24	6.18 ±1.42	6.02 ±1.35
8	6.02 ±1.26	6.21 ±1.05	6.12 ±1.35	5.74 ±1.32	5.73 ±1.27
9	6.90 ±1.26	6.61 ±1.14	6.13 ±1.23	6.25 ±1.43	6.39 ±1.20
10	6.56 ±1.22	6.11 ±1.28	5.75 ±1.40	5.57 ±1.66	5.85 ±1.15
11	7.10 ±1.48	6.41 ±1.42	5.73 ±1.14	6.23 ±1.42	5.90 ±1.18

Mean ± standard deviation

Table 5 Equation regression forecast the optimal formula mixed mulberry tea for attribute sensory evaluation from effect of 3 components (mulberry leaf, medium ripe mulberry fruit and fully ripe mulberry fruit)

Attribute	Equation regression	R^2	Probability*	Lack of fit
Appearance	6.47A + 6.65B+6.72C- 2.59AB-2.59AC+2.32BC	90.11	0.011	0.0504
Colour	6.09A + 6.06B + 6.80C – 0.26AB +1.41AC - 0.33AC	96.64	0.001	0.0570
Tastes	5.69A + 5.53B + 6.45C	82.11	0.001	0.1197
Odor	6.70A + 5.66B + 5.92C – 2.60AB - 0.42AC - 0.077BC +7.46ABC	97.72	0.003	0.0576
Overall	6.42A + 5.78B + 6.19C – 1.94AB – 1.69AC - 0.32BC+9.55ABC - 0.089AB(A-B) – 5.68AC(A-C)	99.85	0.006	0.0822

A = Mulberry leaf; B = Medium ripe mulberry fruit ; C = fully ripe mulberry fruit

* Significantly different at the 5% level

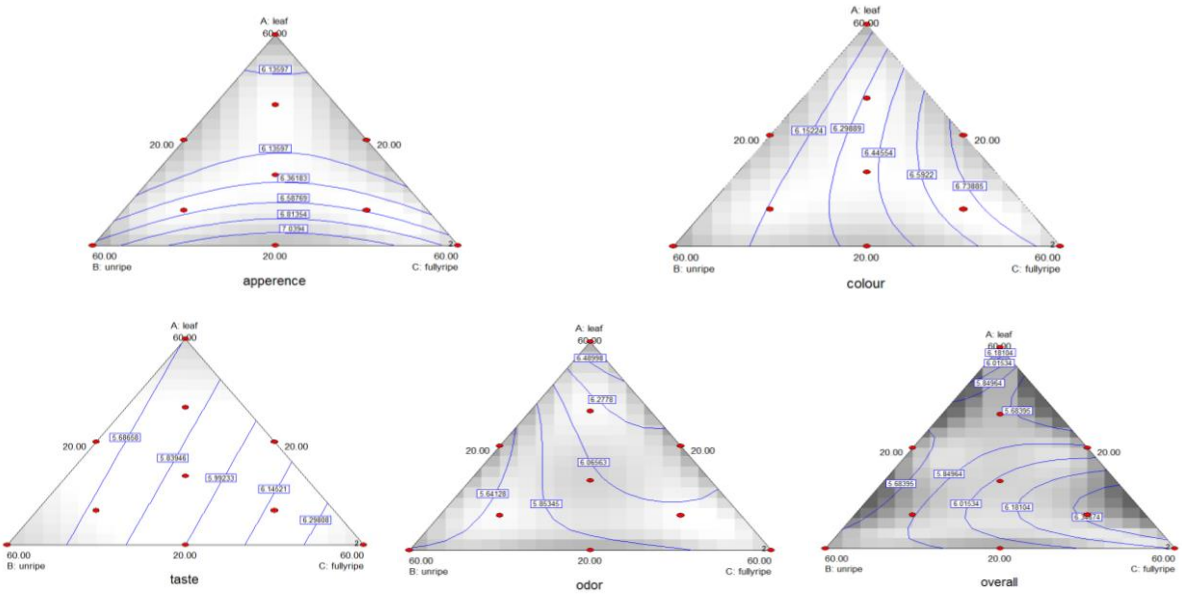

Figure 1 Contour plot of (a) appearance (b) colour (c) tastes (d) odor (e) overall of mixed mulberry tea from equation regression with 3 components (mulberry leaf, medium ripe mulberry fruit, fully ripe mulberry fruit)

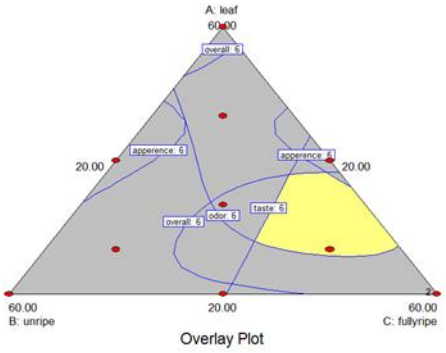

Figure 2 The score accepted at 6.00 of attribute sensory evaluation formula mixed mulberry tea (surface plot)

การทำนายและเปรียบเทียบความแม่นยำของสมการที่ได้ (สุจินดา, 2548) ได้ทำการสุ่มเลือกสูตรที่มีส่วนผสมใบหม่อนอบแห้ง 35.8% ผลหม่อนห่ามอบแห้ง 26.5% และผลหม่อนสุกอบแห้ง 37.7% ทำการทดสอบระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 6) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่ 0.16 - 5.60% ซึ่งหากความคาดเคลื่อนไม่เกิน 10% จะถือว่าสมการได้สามารถใช้ในการทำนายสูตรที่เหมาะสมได้ของผลิตภัณฑ์ได้ (Hu, 1999)

3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนที่พัฒนาได้

สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน ได้แก่ ใบหม่อนอบแห้ง 30% ผลหม่อนห่ามอบแห้ง 24% และผลหม่อนสุกอบแห้ง 46% โดยสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิดนั้นคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด สำหรับคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้ว (ตารางที่ 7) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนที่พัฒนาได้มีความชื้นอยู่ที่ 4.22% ±0.12 เป็นไปตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องชาใบหม่อน มกษ.3000-2552 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 250 cfu/g เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน ชาใบหม่อน มผช.30-2556 ที่กำหนดไม่ให้เกิน 10^4 cfu/g (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2556) สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบใหม่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างหลากหลาย เช่น ชาใบหม่อนผสมผงสำเร็จรูป (วันดี, 2549) ชาคำฝอย (อรรวรณ และคณะ, 2549) การพัฒนาชาชงผสมลำไยพุทราจีนและใบหม่อน (ศุภาพิชญ์, 2551) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม (กนกวรรณ, 2553) ซึ่งทุกผลิตภัณฑ์ล้วนได้รับการยอมรับที่ดีจากผู้บริโภค

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจำนวน 100 ราย โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) กับผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 8) พบว่า ลักษณะปรากฏ และสี ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.70, 7.60 อยู่ในระดับชอบมาก (7.23 - 8.11) ส่วน รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวมได้คะแนนเฉลี่ย 6.40, 6.80 และ 7.00 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง (6.34 - 7.22) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ชาชงจากใบและผลหม่อนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคทั้ง 100 คนพบว่าผู้บริโภคเป็นผู้หญิง 65 คน เป็นผู้ชาย 35 คน ซึ่งผู้บริโภคที่สำรวจส่วนใหญ่ ร้อยละ 41 มีอายุระหว่าง 30 - 39 ปี มีอาชีพรับราชการ หรือพนักงานของรัฐ ร้อยละ 58 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป ร้อยละ 88 ผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 98 และมีผู้เต็มใจซื้อผลิตภัณฑ์ชาชงร้อยละ 75 จึงนับว่าผลิตภัณฑ์ชาชงใบผสมผลหม่อนที่พัฒนาได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสูง และมีความเป็นไปได้ทางการตลาด

Table 6 Compare the value of sensory evaluation and sensory forecast

Attribute	Value of sensory[1/] evaluation	Value of sensory forecast	Deviation (%)
Appearance	6.60 ±0.99	6.25	5.60
Colour	6.90 ±0.88	6.60	4.55
Tastes	6.10 ±0.99	6.00	1.67
Odor	6.30 ±0.95	6.15	2.44
Overall	6.07 ±0.98	6.08	0.16

[1/]Value of sensory evaluation ±standard deviation

Table 7 Quality of developed mixed mulberry tea

Quality	Value	Standard of Mulberry tea from TCPS & NBACFS
Colour L*	40.71 ±0.38	NS
a*	4.43 ±0.36	NS
b*	4.21 ±0.30	NS
Water activity (a_w)	0.273 ±0.002	NS
Moisture content (g/100g)	4.22 ±0.12	7
Ash (g/100g)	5.38 ±0.33	NS
EC_{50}values of DPPH radical scavenging activity (mg/100ml)	287.08 ±13.22	NS
Total phenolic compound (mg/ml)	5.67 ±0.15	NS
Anthocyanin (mg/100ml)	170.49 ±2.47	NS
Quercetin (mg/l)	100.60 ±0.65	NS
Catechin (mg/l)	406.62 ±1.22	NS
Tannin (g/100g)	0.327 ±0.09	NS
Total place count (cfu/g)	$\leq$ 250	1×10^4
Yeasts and moulds (cfu/g)	$\leq$ 25	NS

Mean of 3 samples ± standard deviation; NS = not specific

Table 8 Sensory evaluation of developed mulberry mixed tea (n=100)

Attribute	Liking score[1/]
Appearance	7.70 ±0.82
Colour	7.60 ±0.84
Taste	6.40 ±1.07
Odor	6.80 ±0.92
Overall	7.00 ±0.82

[1/]Liking score mean ± standard deviation

สรุป

1. วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน ได้แก่ ใบหม่อนอบแห้ง ผลหม่อนห่ามอบแห้ง และผลหม่อนสุกอบแห้ง โดยสูตรที่เหมาะสมในการผลิตชาชงจากใบและหม่อนหม่อน ประกอบด้วย ใบหม่อนอบแห้ง 30% ผลหม่อนห่ามอบแห้ง 24% และผลหม่อนสุกอบแห้ง 46%

2. ผลิตภัณฑ์ชาชงจากใบหม่อนผสมผลหม่อนมีค่า a_w 0.273 ความชื้น 4.22% เถ้า 5.38% ค่า EC_{50} 287.08 mg/100ml ปริมาณฟีนอลทั้งหมด 5.67 mg/ml ปริมาณแอนโทไซยานิน 170.49 mg/100ml ปริมาณเคอร์ซิติน 100.60 mg/l ปริมาณคาเทชิน 406.62 mg/l ปริมาณแทนนิน 0.327 g/100g

3. ผลิตภัณฑ์ชาชงมีระดับการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคที่ระดับ ชอบปานกลาง (7.00 $\pm$0.82) ผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 98 และมีผู้เต็มใจซื้อผลิตภัณฑ์ชาชงร้อยละ 75 และนอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค สอดคล้องตามมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง ชาใบหม่อน มกษ.3000-2552) (นิรนาม, 2532) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน มผช.30-2556 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน มผช.30-2546 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2546)

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ พรมจีน. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 89 หน้า.

จริญญา พันธุรักษา นิรมล อุตอ่าง พวงทอง ใจสันติ์, จิตรา กลิ่นหอม ปิยะวรรณ สิมะไพศาล และโปรดปราน ทาเขียว. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปผักบรรจุกระป๋อง. วารสารเกษตร 21(2): 157-164.

ธนกิจ ถาหมี และพิไลรัก อินธิปัญญา. 2555. การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มน้ำหม่อน (*Murus albs* L.) สกัดผสมน้ำผึ้ง. วารสารวิชาการเกษตร 30(3): 274-289.

ธิดาวรรณ จงเกรียงไกร. 2557 .พฤติกรรมการบริโภคชาผลไม้โอชายะของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 164 หน้า.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การทดสอบความชอบ หรือการยอมรับรวมของผู้บริโภค. การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 412 หน้า.

สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2548. แบบหุ่นจำลองและสูตรอาหารที่เหมาะสม (Modeling and Optimization for Food Formulation). อาหาร. 35: 168-176.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร: ชาใบหม่อน มกษ. 3000 - 2552. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ. 10 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2552. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ชาใบหม่อน มผช 30/2556. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพ. 6 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ชาใบหม่อน มผช 30/2546. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพ. 6 หน้า.

วันดี แสงสุวรรณ. 2549. กระบวนศึกษาการผลิตชาใบหม่อนผงสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง, กรุงเทพ. 91 หน้า

ศิริลดา ไกรลมศม. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกกระเพราไก่ลดไขมันโดยใช้แป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัม. วารสารเกษตร 31(1): 77-87.

ศุภาพิชญ์ ขัดทา. 2551. การพัฒนาชาชงผสมลำไย พุทราจีนและใบหม่อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 86 หน้า.

อรรวรรณ รักสงฆ์ ธีรพันธ์ บัญญัติรันต และชัยณรงค์ วิเศษนันท์. 2549. การผลิตชาคำฝอยเพื่อสุขภาพ. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสิน. กาฬสิน. 12 หน้า

AOAC. 2005. Official Methods of the Associated of Official Analytical Chemists. 18th ed. Washington D. C. : The Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1074 p.

Euromonitor International. 2014. "Soft Drinks in Thailand". August, 2013.

Fecka, I. and S. Turek. 2008. Determination of polyphenolic compounds in commercial herbal drugs and spices from Lamiaceae: thyme, wild thyme and sweet majoram by chromatographic techniques. Journal of Agricultural and Food Chemistry 108: 1039-1053.

Hu, R. 1999. Food Product Design: A Computer-Aided Statistical Approach. Technomic Publishing Co.,Ltd. Pennsylvenia, U.S.A. 225 p.

Larry, M. and T. P. James. 2001. Bacteriological Analytical Manual Chapter 3 Aerobic Plate Count. U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition, USA. Available : http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm. Accessed June 1, 2014.

Mahattanatawee, K., J. A. Manthey, G. Luzio, S. T. Talcott, K. Goodner and E. A. Baldwin. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54:7355-7363.

Ranganna, S. 1991. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and vegetable Products. Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, New Delhi.

Valerie, T., E. S. Michael, B. M. Philip, A. K. Herbert and B. Ruth. 2001. Bacteriological Analytical Manual Chapter 18 Yeasts, Molds and Mycotoxins. U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition, USA. Available : http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm. Accessed June 1, 2014.

Waterman, P. G. and S, Mole. 1994. Analysis of Phenolic plant metabolites. Methods in Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Great Britain. 238 p.

ผลของกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม

Effects of Dried Ethanol By-product in Total Mixed Ration on Intake, Digestibility, Yield and Milk Composition of Lactating Cows

ฉลอง วชิราภากร[1/*] จันทิรา วงศ์เณร[1/] อนุสรณ์ เชิดทอง[1/] และกันยา พลแสน[1/]

Chalong Wachirapakorn[1*/], Chantira Wongnen[1/], Anusorn Cherdthong[1/] and Kanya Phonsaen[1/]

[1/]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

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

**Corresponding author: Email: chal_wch@kku.ac.th*

(Received: 15 July 2016; Accepted: 1 October 2016)

Abstract: The aim of this study was conducted to determine the effects of dried ethanol by-product (DEBP) in total mixed ration (TMR) on intake, digestibility, milk yield and milk compositions of lactating cows. Four crossbred Holstein Friesian cows, average initial weight at 407 ±32 kg with day in milk at 77 ±21 days were randomly assigned according to a 4x4 Latin Square Design. The cows were allotted to receive one of four TMR diets that contained different levels of DEBP at 0, 10, 20 and 30%. TMRs were formulated to be isocaloric and isonitrogenous diets (2.2 McalME/kgDM and 12%CP). The results showed that dry matter (DM) intake was not different among dietary treatments (P>0.05). Digestion coefficients of DM and organic matter (OM) and non-fiber carbohydrate (NFC) were linearly decreased (P<0.01) as DEBP was increased in TMR. However, digestion coefficient of EE was linearly increased when levels of DEBP in diets were increased (P<0.01). Milk production and milk compositions (protein, lactose, solids-not-fat and total solids) were not significantly different among dietary treatments (P>0.05). Milk fat was linearly increased when levels of DEBP in diets were increased (linear, P<0.01). In conclusion, DEBP can be used in TMR for lactating cow at 10% without any detrimental effect.

Keywords: Dried ethanol by-product, intake, digestibility, milk yield, milk composition, lactating cows

บทคัดย่อ: การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากเอทานอลแห้งเป็นแหล่งวัตถุดิบในอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นมโดยทำการศึกษาในโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเชี่ยน น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 407 ±32 กิโลกรัม จำนวนวันให้นมเฉลี่ย 77 ±21วัน จำนวน 4 ตัว ตามแผนงานทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ โดยโคนมได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้กากเอทานอลแห้ง 4 ระดับดังนี้ 0,10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างเต็มที่ โดยสูตรอาหารผสมสำเร็จคำนวณให้มีระดับพลังงาน (2.2 เมกะแคลลอรี/กก.วัตถุแห้ง) และโปรตีน (12 เปอร์เซ็นต์) ที่เท่ากันผลการทดลองพบว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตรมีปริมาณการกินได้ของอาหารในโคนมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non-fiber carbohydrate, NFC) มีค่าลดลงเป็นเส้นตรงและแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระดับของกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่เพิ่มสูงขึ้น (P<0.01) ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม (โปรตีนนม น้ำตาลแลคโตส ของแข็งไม่รวมไขมันและของแข็งทั้งหมด) ของโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ไขมันนมเพิ่มสูงขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อระดับของกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จเพิ่มสูงขึ้น (P<0.01) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จได้ในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตน้ำนม

คำสำคัญ: กากเอทานอลแห้ง การกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม โคนม

คำนำ

ประเทศไทยมีการผลิตมันสำปะหลังประมาณ 33 ล้านตัน นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ 9 ล้านตัน อุตสาหกรรมเอทานอล 12 ล้านตัน และอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังอีก 12 ล้านตัน (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2550) และในปัจจุบันอุตสาหกรรมโรงงานการผลิตเอทานอลมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการพลังงานของประเทศมีมากขึ้น ในกระบวนการผลิตเอทานอลนั้นมีสิ่งเหลือทิ้งจำนวนมากก่อให้เกิดมลภาวะทางกลิ่นประกอบกับปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มพลังงานและโปรตีนเช่นกากถั่วเหลือง ข้าวโพด มีราคาแพงขึ้น (ปิ่นและคณะ, 2557) จึงเกิดการวิจัยและพัฒนาเพื่อหาแนวทางนำกากเอทานอลจากมันสำปะหลังเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่โดยใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์เพื่อทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาแพงและขาดแคลนมากขึ้น ซึ่งนอกจากเป็นการลดต้นทุนในการผลิตสัตว์ของเกษตรกรแล้วยังเป็นการลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และจากการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของกากเอทานอลแห้งจากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตเอทานอลมีความชื้น 8.4 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 9.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.4 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (crude fiber) 26.3 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 13.0 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 40.6 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2.3 เมกะแคลลอรี/กก.วัตถุแห้ง (ฉลอง และคณะ, 2557) จะเห็นได้ว่ากากเอทานอลแห้งจากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลยังคงมีคุณค่าทางโภชนะที่เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนะที่ดีกว่ากากมันสำปะหลังจากโรงงานแป้งมัน ที่มีความชื้น 7.40 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 37.6 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.8 เปอร์เซ็นต์ และแป้ง 55.9 เปอร์เซ็นต์ (พีรพจน์, 2547) และยังมีคุณค่าทางโภชนะที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเทียบกับเปลือกมันสำปะหลัง (พิพัฒน์ และคณะ, 2549) และอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริค (พีระพร, 2551) ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อการศึกษาการใช้กากเอทานอลแห้งจากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตเอทานอลเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนม ต่อ ปริมาณการกินได้ ผลผลิตและคุณภาพน้ำนม เพื่อเป็นแนวทางในการนำใช้กากเอทานอลแห้งเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารโคนม

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

ใช้โคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน (Holstein Friesian Crossbred) น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 407 ±32 กิโลกรัม มีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 10 ±1 กิโลกรัมต่อวัน จำนวนวันที่ให้นม (day in milk, DIM) เฉลี่ย 77 ±21 วัน จำนวน 4 ตัวโคนมทุกตัวได้รับการถ่ายพยาธิทั้งภายในและภายนอกและฉีดไวตามิน เอ ดี3 และอี ก่อนเข้าการทดลอง 2 สัปดาห์

แผนการทดลองและการให้อาหารทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin Square Design เพื่อศึกษาการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จ 4 ระดับ ในสัตว์ทดลอง 4 ตัว และระยะการทดลอง (period) ระยะการทดลองละ 21 วัน มีระยะห่างระหว่างระยะการทดลอง 3 วัน เพื่อปรับสูตรอาหารทดลองที่สัตว์มีการปรับเปลี่ยนอาหารทดลองทุกระยะการทดลอง โดยมีสูตรอาหารทดลอง ดังนี้

สูตรอาหารที่ 1 = สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้ง 0 เปอร์เซ็นต์

สูตรอาหารที่ 2 = สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้ง 10 เปอร์เซ็นต์

สูตรอาหารที่ 3 = สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้ง 20 เปอร์เซ็นต์

สูตรอาหารที่ 4 = สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์

การจัดสูตรอาหารผสมสำเร็จทดลอง ใช้กากเอทานอลแห้งทดแทนมันเส้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวเป็นแห่งอาหารหยาบ สูตรอาหารผสมสำเร็จทุกสูตรคำนวณไว้ให้มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2.2 เมกะแคลลอรี/กก.วัตถุแห้งและ โปรตีนหยาบ 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันโดยใช้น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งพลังงานในการปรับค่าพลังงานในสูตรอาหารผสมสำเร็จให้เท่ากันมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 40:60 โดยผสมส่วนผสมของสูตรอาหารสำเร็จ ดังแสดงใน ตารางที่ 1 จัดให้โคนมทดลองแต่ละตัวได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จให้กินอย่างเต็มที่ (ad libitum) มีการชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทุกวันก่อนให้อาหารใหม่ในเวลาเช้าของวันถัดไปและเพิ่มปริมาณอาหารขึ้นหากอาหารเหลือในรางอาหารน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำสะอาดให้กินอย่างเพียงพอตลอดเวลา

การดำเนินการทดลอง

จัดให้มีระยะปรับสัตว์ก่อนเข้าทดลอง (preliminary period) อย่างน้อย 7 วัน โคนมทุกตัวได้รับการเลี้ยงดูในคอกขังเดี่ยวขนาด 3×3 เมตร พื้นคอนกรีต มีที่ให้อาหารและน้ำแยกแต่ละตัวและแร่ธาตุก้อนให้เลียกินตลอดเวลาทำการบันทึกปริมาณการกินอาหารและผลผลิตน้ำนมทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 21 ของระยะการทดลองและทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร มูล น้ำนม เป็นระยะเวลา 7 วัน ตั้งแต่วันที่ 15 จนถึงวันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง

วิธีเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักโคนมทดลอง คือ ก่อนการทดลองและทุก ๆ วันที่ 21 ที่เวลาเดียวกันของแต่ละระยะเวลาการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และเพื่อนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/d), เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW) และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ (g/kgW$^{0.75}$)

2. บันทึกปริมาณการให้อาหารเพื่อใช้คำนวณหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน ตลอดระยะการทดลอง 21 วัน ของระยะการทดลองทั้งตอนเช้าและตอนเย็น ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และอาหารที่เหลือทุกครั้ง จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือ และคำนวณปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวันซึ่งหาได้จากสมการ

ปริมาณการกินได้ต่อวัน (วัตถุแห้ง) = [อาหารให้ตอนเช้า (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเช้า (วัตถุแห้ง)] + [อาหารให้ตอนเย็น (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเย็น (วัตถุแห้ง)]

Table 1 Feed ingredients of experimental TMR diets

Ingredients (kg)	DEBP in TMR (%)			
	0	10	20	30
Rice straw	40.0	40.0	40.0	40.0
Cassava chip	30.0	20.0	10.0	0.0
Dried ethanol by-product (DEBP)	0.0	10.0	20.0	30.0
Rice bran	8.0	8.0	6.0	4.0
Soybean meal 44 %	6.0	6.0	7.0	7.0
DDGS[2]	8.0	8.0	8.0	8.0
Palm oil	0.0	1.7	3.4	5.1
Urea	1.6	1.4	1.3	1.1
Molasses	5.0	3.5	3.0	3.4
Sodium chloride	0.5	0.5	0.5	0.5
Sulfur powder	0.1	0.1	0.1	0.1
Dicalcium phosphate	0.3	0.3	0.3	0.3
Premixed[1]	0.4	0.4	0.4	0.4
Sodiumbicarbonate	0.1	0.1	0.1	0.1
Total (kg)	100.0	100.0	100.0	100.0
Cost[3] (baht/kg)	7.85	8.08	8.38	8.63

[1] Premixed in 1 kg consisted of vitamin A 4,000,000 IU, vitamin D_3 400,000 IU, vitamin E 4,000 IU, vitamin B_{12} 0.002 g, Mn 16 g, Fe 24 g, Zn 24 g, Cu 2 g Se 0.05 g and I 0.5 g.

[2] Dried distillers grains with solubles

[3] As fed basis

DEBP = dried ethanol by-product, TMR = total mixed ration

3. สุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร อาหารที่เหลือติดต่อกัน 7 วันก่อนในช่วงวันที่ 15 ถึง วันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter) นำค่าที่ได้ไปปรับปริมาณการกินได้ของอาหารโดยคิดต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) เถ้า (ash) ไขมัน (ether extract, EE) และโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC (1985) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางหรือผนังเซลล์ (neutral-detergent fiber, NDF), เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid-detergent fiber, ADF) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) และวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977)

4. เก็บมูลโคทุกตัว โดยสุ่มเก็บติดต่อกัน 5 วันในช่วงวันที่ 17 ถึง วันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง สุ่มเก็บในช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยวิธีล้วงผ่านทวารหนัก (rectum collection) และทำการคลุกเคล้ามูลให้เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งเก็บมูลไว้ประมาณ 300 กรัมต่อครั้ง ใส่ถุงแยกเป็นรายตัว ทำเครื่องหมายให้ชัดเจน นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสให้แห้ง จนครบ 5 วัน นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำมูลทั้งหมดในปริมาณที่เท่ากันมาคลุกกันทั้ง 5 วันของโคนมแต่ละตัว จากนั้นทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไป

วิเคราะห์หาส่วนประกอบของโภชนะต่าง ๆ ได้แก่ DM, Ash, CP, EE,NDF, ADFและ AIA คำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธีของ Schnieder and Flatt (1975) โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = \frac{100 - [100 \times (\text{\%AIA ในอาหาร})]}{\text{\%AIA ในมูล}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = \frac{100 - [100 \times (\text{\%AIA ในอาหาร} \times \text{\%โภชนะในมูล})]}{\text{\%AIA ในมูล} \times \text{\%โภชนะในอาหาร}}$$

5. เก็บตัวอย่างน้ำนม 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เก็บตอนเย็นวันที่ 13 และ ตอนเช้าวันที่ 14 และครั้งที่ 2 เก็บตอนเย็นวันที่ 20 และตอนเช้าวันที่ 21 ของแต่ละระยะการการทดลอง โดยเก็บปริมาณ 25 มิลลิลิตร จึงนำมารวมกัน โดยเติมสารกันเสียโปตัสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate) 250 มิลลิกรัมเก็บในขวดสีชา จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส (ณิฐิมาและคณะ, 2546) เพื่อวิเคราะห์หา โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) ของแข็งทั้งหมด (total solid) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solids not fat) และน้ำตาลแลคโตส (lactose) โดยเครื่อง Milko-scan Model 133 V.3. 7 GB. พร้อมทั้งจดบันทึกปริมาณผลผลิตน้ำนมของโคแต่ละตัวทุกวันตอนเช้าและตอนเย็นตั้งแต่วันที่ 15 จนถึงวันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Latin square design โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1985) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และเปรียบเทียบแบบ Orthogonal polynomial ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเอทานอลแห้งและสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลองพบว่า กากเอทานอลแห้งมีความชื้น 5.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 10.3 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่เป็นผนังเซลล์ 69.0 เปอร์เซ็นต์และเถ้า 16.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ ณรกมล และคณะ (2556) รายงานไว้ในขณะที่กากเอทานอลสดมีความเป็นกรดค่อนข้างสูงคือ มีค่าความเป็นกรดประมาณ 4.07-4.29 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 6.79-7.29 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใยหยาบ 31.46-38.44 เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน 0.91-1.37 เปอร์เซ็นต์ มีเถ้าที่ละลายในกรดซึ่งก็คือ แร่ธาตุ 4.53 เปอร์เซ็นต์และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด 7.50-12.42 เปอร์เซ็นต์ (วราพันธุ์ และคณะ, 2551) สำหรับสูตรอาหารผสมสำเร็จในการทดลองนี้มีระดับโปรตีน 11.1-12.72 เปอร์เซ็นต์ ความแปรปรวนอาจเนื่องจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการจัดทำสูตรอาหารผสมสำเร็จ ค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางหรือผนังเซลล์ (NDF) มีค่าเท่ากับ 51.5-59.6 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) มีค่าเท่ากับ 33.8-41.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีค่าประมาณ 2.5-7.2 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) มีค่าเท่ากับ 7.1-23.6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ปริมาณการกินได้อย่างอิสระและโภชนะที่ได้รับ

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของอาหาร ปริมาณการกินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้คิดเป็นกรัมต่อน้ำหนักตัว$^{0.75}$ ไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ว่าโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ลดลงต่ำกว่าระดับอื่น ๆ แบบ cubic ($P<0.05$) ซึ่งไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด (ตารางที่ 3) โคนมในการทดลองครั้งนี้

Table 2 Chemical composition of experimental total mixed ration

Chemical composition	DEBP in TMR (%)				DEBP
	0	10	20	30	
Dry matter (DM), %	94.9	95.0	95.3	95.5	94.3
	---------- % of dry matter ----------				
Organic matter (OM)	88.8	88.6	87.4	86.6	83.8
Ash	11.2	11.4	12.6	13.4	16.2
Crude protein (CP)	11.1	12.1	11.3	12.7	10.3
Ether extract (EE)	2.5	4.5	6.0	7.2	1.8
Neutral detergent fiber (NDF)	51.5	52.3	56.9	59.6	69.0
Acid detergent fiber (ADF)	33.8	35.0	39.0	41.3	47.3
Non-fiber carbohydrate (NFC)	23.6	19.8	13.2	7.1	2.7

NFC (non-fiber carbohydrate) = 100-ash-CP-EE-NDF, DEBP = dried ethanol by-product, TMR = total mixed ration

Table 3 Effect of dried ethanol by-product in TMR on daily feed intake

Items	DEBP in TMR (%)				SEM	*P*-value	Effect		
	0	10	20	30			L	Q	C
Average cows weight, kg	419.5	414.5	406.3	410.5	16.43	0.95	0.64	0.79	0.84
Voluntary intake, kg/d	14.0	12.3	13.9	13.2	0.46	0.12	0.70	0.30	0.03
Voluntary intake, % BW	3.36	2.96	3.43	3.22	0.12	0.13	0.92	0.46	0.03
Voluntary intake, g/kg$^{0.75}$	151.7	133.5	153.7	145.0	4.80	0.09	0.99	0.36.	0.02

L = linear, Q = quadratic, C = cubic, DEBP = dried ethanol by-product, TMR = Total mixed ration

มีปริมาณการกินได้ของสูตรอาหารผสมสำเร็จ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวมีค่าต่ำกว่ารายงานของ เทอดศักดิ์ (2541) ที่รายงานว่าโคนมมีปริมาณการกินได้สูงถึง 3.98 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเมื่อได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จ เช่นเดียวกันกับรายงานของ วิศิษฐิพร (2542) ที่รายงานว่าการให้สูตรอาหารผสมสำเร็จทำให้โคนมมีปริมาณการกินได้ 3.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัวในโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร เพียงพอกับความต้องการโภชนะของโคนมที่มีน้ำหนักตัว จำนวนวันที่ให้นม ผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมที่รายงานไว้ใน NRC (2001)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้และโภชนะที่ได้รับ

จากการประเมินค่าสัมประสิทธิการย่อยได้โดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรดเป็นตัวบ่งชี้ (ตารางที่ 4) พบว่าโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร มีสัมประสิทธิการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และ NFC มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.02) และมีค่าลดลงเป็นเส้นตรงอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งที่เพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจเกิดจากสูตรอาหารที่ใช้กากเอทานอลแห้งในระดับที่สูงมีปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารสูงขึ้นซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถของการย่อยได้ของวัตถุแห้งดังรายงานของ

Table 4 Effects of dried ethanol by-product in TMR on digestibility and digestible nutrient intake

Items	DEBP in TMR (%)					*P*-	Effect		
	0	10	20	30	SEM	value	L	Q	C
Digestion coefficients, %									
Dry matter	64.1[a]	58.8[ab]	54.6[bc]	52.2[c]	1.74	0.01	0.01	0.45	0.95
Organic matter	69.4[a]	63.9[ab]	60.3[b]	57.9[b]	1.74	0.02	0.01	0.45	0.96
Crude protein	65.0	62.7	57.5	59.4	3.13	0.40	0.16	0.53	0.50
Ether extract	81.0[a]	86.1[b]	88.5[bc]	91.0[c]	1.05	<0.01	<0.01	0.26	0.56
NDF	55.5	51.0	50.7	50.1	2.48	0.45	0.19	0.45	0.71
ADF	48.8	43.6	43.2	41.1	1.58	0.06	0.02	0.38	0.39
NFC	98.8[a]	91.8[b]	89.4[bc]	85.8[c]	1.62	<0.01	0.01	0.33	0.45
Digestible nutrient intake, kg/day									
Organic matter	12.5	10.9	12.2	11.5	0.42	0.13	0.39	0.35	0.05
Crude protein	1.5	1.5	1.6	1.7	0.12	0.60	0.29	0.48	0.79
Ether extract	0.4[a]	0.6[b]	0.8[c]	1.0[d]	0.05	<0.01	<0.01	0.50	0.32
NDF	7.2	6.4	7.9	7.9	0.35	0.07	0.08	0.32	0.05
ADF	4.7[a]	4.3[a]	5.4[b]	5.5[b]	0.16	<0.01	0.03	0.20	0.01
Metabolizable energy[1]									
Mcal/day	32.7	26.6	27.8	25.3	1.62	0.07	0.03	0.32	0.18
Mcal/kg of DM	2.3[a]	2.2[ab]	2.0[bc]	1.9[c]	0.06	0.01	<0.01	0.52	0.95
MCP, kg/day	1.1[a]	0.9[b]	1.0[ab]	0.9[b]	0.06	0.07	0.03	0.32	0.18

L = linear, Q = quadratic, C = cubic, NFC (non-fiber carbohydrate) = 100-ash-CP-EE-NDF, DEBP = dried ethanol by-product, TMR = total mixed ration, NDF = neutral detergent fiber, ADF= acid detergent fiber

[1]1 kg DOMI = 3.8 Mcal ME/kgDM (Kearl, 1982)

MCP (microbial crude protein), kg/d = 0.00825xME intake (MJ/d) (ARC, 1984)

Reid *et al*. (1988) อ้างถึงใน ปิ่นและเมธา (2546) กล่าวว่า correlation coefficient ระหว่างปริมาณของ ADF กับการย่อยได้จะสูงกว่า NDF และจะเห็นว่าปริมาณของ ADF และ NDF มีสหสัมพันธ์ทางลบกับการย่อยได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยในอาหารโคนมที่มีระดับ NDF และ ADF ที่สูงจะส่งผลให้ความสามารถของการย่อยได้วัตถุแห้งลดลง (Ruiz *et al*., 1995; Beauchemin *et al*., 1994) ส่วนสัมประสิทธิการย่อยได้ของโปรตีน NDF และ ADF มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่สัมประสิทธิการย่อยได้ของไขมันในงานทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำสุดในโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (P<0.01) และมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นซึ่งน่าจะเป็นผลจากการปรับค่าพลังงานของสูตรอาหารผสมสำเร็จด้วยน้ำมันพืช ซึ่งระดับของน้ำมันพืชที่เพิ่มขึ้นทำให้มีค่าการย่อยได้ของไขมันสูงขึ้นสอดคล้องกับ Michel and Yves (1997) รายงานว่า การเสริมไขมันในสูตรอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องทำให้การย่อยได้ของไขมันเพิ่มสูงขึ้น

โคนมได้รับโภชนะที่ย่อยได้ในส่วนของอินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบและNDF ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ไม่มีการเสริมและเสริมกากเอทานอลแห้งระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม ระดับโปรตีนที่โคนมได้รับในสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วงที่สูงกว่าคำแนะนำของ NRC (2001) ที่รายงานว่า โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมประมาณ 9.52-10.41 กิโลกรัมต่อวัน

Table 5 Effects of dried ethanol by-product in TMR on milk yield and milk composition

Items	DEBP in TMR (%)				SEM	*P*-value	Effect		
	0	10	20	30			L	Q	C
Milk yield, kg/day	11.3	10.6	10.3	10.5	0.77	0.80	0.44	0.59	0.98
4% FCM[1], kg/day	11.2	10.7	10.4	10.5	1.15	0.95	0.64	0.80	0.99
Milk composition, %									
Fat	3.48[a]	3.56[a]	3.53[a]	3.97[b]	0.06	<0.01	<0.01	0.03	0.10
Protein	3.17	3.06	3.08	3.04	0.05	0.29	0.12	0.42	0.39
Lactose	4.82	4.61	4.68	4.70	0.17	0.84	0.72	0.51	0.66
Solid not fat	8.75	8.42	8.52	8.50	0.19	0.67	0.48	0.45	0.56
Total solid	12.2	12.0	12.0	12.5	0.20	0.37	0.41	0.14	0.93
Fat:Protein	1.10	1.17	1.15	1.30	0.10	0.02	0.01	0.22	0.11
Feed efficiency									
kg milk/kg feed (DM)	0.80	0.85	0.74	0.80	0.06	0.66	0.66	0.95	0.27
4% FCM kg/kg feed(DM)	0.74	0.80	0.69	0.80	0.09	0.57	0.79	0.75	0.21
ECM, kg	10.3	9.6	9.4	10.0	0.67	0.74	0.74	0.32	0.94

L = linear, Q = quadratic, C = cubic

ECM = energy corrected milk = milk x (0.38*%fat+0.24x%protein+0.17x%lactose)/3.17

[1]4% FCM(Fat corrected milk) = (0.4 + (0.015 x %fat)) x milk (kg)

DEBP = dried ethanol by-product, TMR = Total mixed ration, DM = Dry matter

ควรได้รับโปรตีนอย่างน้อย 1.16-1.57 กิโลกรัมต่อวัน Wachirapakorn *et al.* (2014) ได้รายงานว่า โคนมในเขตร้อนที่ให้ผลผลิตน้ำนมระหว่าง 11-13 กก.ต่อวัน ควรได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีโปรตีนที่ 14 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามพบว่า โคนมได้รับโภชนะที่ย่อยได้ในส่วนของไขมันและ ADF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้นแบบเส้นตรง (P<0.05) ส่วนโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของ ADF ที่มีค่าเพิ่มขึ้นนั้นอาจเนื่องมาจากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในส่วนของ ADF ในสูตรอาหารที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น แต่มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ ADF ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของ ADF จึงมีค่าสูงขึ้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้กากเอทานอลแห้งเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จในการทดลองนี้ มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ได้รับต่อวัน อยู่ระหว่าง 25.4-32.7 เมกะแคลลอรี/วันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่มีค่าลดลงเป็นเส้นตรง (P<0.03) เมื่อระดับกากเอทานอลแห้งเพิ่มขึ้นแต่เพียงพอกับความต้องการที่รายงานโดย NRC (2001) ที่รายงานความต้องการของโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมประมาณ 10 กิโลกรัม/วัน มีความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 23.3-25.0 เมกะแคลลอรี/วัน อย่างไรก็ตามเมื่อคิดเป็นความเข้มข้นของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ พบว่า สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำสุด (1.9 เมกะแคลลอรี/กก.วัตถุแห้ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และสูงสุดในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (2.3 เมกะแคลลอรี/กก.วัตถุแห้ง) ไม่แตกต่างกันกับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกาก

เอทานอลแห้งที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 2.2 เมกะแคลลอรี/กก.วัตถุแห้ง (ตารางที่ 4)

เมื่อประเมินการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial crude protein, MCP) ตามวิธีการของ (Chen and Gomest, 1992) พบว่าโคนมได้รับในสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตรมีค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนจากค่าอินทรียวัตถุที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ได้รับกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงกว่าโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากประสิทธิภาพการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของโคนมที่มีค่าสูงกว่า ซึ่งมีการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ เท่ากับ 1.1, 0.9, 1.0 และ 0.9 กิโลกรัมต่อวัน ในโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จมีกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ปริมาณสารตั้งต้นอื่น ๆ ที่ใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน เช่น กลูโคส กรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน เปปไทด์ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส (Wallace *et al*., 1997; ฉลอง, 2541) ความต้องการพลังงานในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ (Stokes *et al*., 1991; Wallace and McPherson, 1987) การหมุนเวียนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Wallace and Cotta, 1988) ปริมาณแบคทีเรียที่ถูกจับกินโดยโปรโตซัวหรือแบคทีริโอฟาจส์ (bacteriophage) (Hino and Russell, 1986) และสารพิษ unidentified substances ที่สามารถลดจำนวนแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนได้ (Newbold *et al*., 1990)

ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม

ผลผลิตน้ำนม ผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคนมต่อกิโลกรัมของน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบน้ำนมของโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตรที่ไม่มีและมีกากเอทานอลแห้งระดับต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 5) แต่องค์ประกอบน้ำนมในส่วนของไขมันนมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงเมื่อระดับการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น (P<0.01) ทั้งนี้สอดคล้องกับปริมาณไขมันและเยื่อใยที่ย่อยได้ที่ได้รับมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารสูงขึ้นซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนมที่เพิ่มขึ้น Jensen (2002) รายงานว่า การเสริมไขมันในอาหารส่งผลต่อไขมันน้ำนมทั้งด้านบวกและลบขึ้นอยู่กับแหล่งของไขมันที่เสริมและชนิดของอาหารหยาบโดยไขมันในนมจะเพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อมีการเพิ่มไขมันร่วมกับการใช้อาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง (Ruppert *et al*., 2003) และงานทดลองครั้งนี้พบว่า ระดับ NDF และ ADF ในสูตรอาหารและ NDF และ ADF ย่อยได้ที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้นซึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาณการสร้างไขมันในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับรายงานของ Lofgren and Wazner (1970) อ้างถึงใน ปิ่นและเมธา (2546) กล่าวว่าปริมาณของ ADF และ CF ในอาหารโครีดนมเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีที่สุดในการเพิ่มหรือลดเปอร์เซ็นต์ไขมันนม โดยเฉพาะปริมาณการเปลี่ยนแปลงของ ADF ในอาหารนั้นมีความสำคัญมากที่สุดที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมเปลี่ยนแปลงกล่าวคือ ระดับของ ADF ที่สูงในสูตรอาหารจะส่งผลให้ไขมันนมสูงขึ้น (Varga and Hoover, 1983) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำนมในส่วนของไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ของแข็งทั้งหมดในการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ มกอช. คือ 3.5, 2.8, 4.5 และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547) นอกจากนี้องค์ประกอบน้ำนมมีค่า สอดคล้องกับที่ ประวีร์ (2546) รายงานไว้ว่า องค์ประกอบน้ำนมของน้ำนมในประเทศไทย โปรตีนมีค่าระหว่าง 2.98-3.47 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลแลคโตสมีค่าอยู่ระหว่าง 4.26-4.78 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งไม่รวมไขมันมีค่าอยู่ระหว่าง 8.24-9.29 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 9.33-13.95 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นไปได้ว่าในการทดลองใช้โคนมที่อยู่ในช่วงกลางของการให้นม ซึ่งพันธุกรรมอาจมีผลกระทบต่อองค์ประกอบของน้ำนมนอกเหนือจากสูตรอาหารผสมสำเร็จและกากเอทานอลแห้งที่ได้รับในการทดลองครั้งนี้

และเมื่อคำนวณสัดส่วนระหว่างไขมัน และโปรตีนนม อธิบายถึงความสมดุลระหว่างระดับพลังงาน และโปรตีนในสูตรอาหาร มีค่าที่เหมาะสมประมาณ 1.3 ซึ่งบ่งบอกว่ามีความสมดุลระหว่างระดับพลังงาน และโปรตีน หากสัดส่วนของไขมันต่อโปรตีนนมมีค่ามากกว่า 1.3 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.5 ชี้ให้เห็นว่าแม่โคนมมีแนวโน้มขาดพลังงานโดยเฉพาะช่วงให้นมมาก และถ้าสัดส่วนของไขมันต่อโปรตีนนมน้อยกว่า 1.0 แสดงให้เห็นว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายสูงเกินไปอาจทำให้เกิดสภาวะความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (ประวีร์, 2546) จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จทีมีกากเอทานอลแห้งที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนระหว่างไขมันและโปรตีนนม เท่ากับ 1.10, 1.17, 1.15 และ 1.30 ตามลำดับ บ่งบอกว่าสูตรอาหารมีความสมดุลระหว่างระดับพลังงานและโปรตีน แสดงให้เห็นว่าโคนมในการทดลองครั้งนี้ได้รับพลังงานที่สอดคล้องกับความต้องการในการให้ผลผลิตน้ำนมดังที่กล่าวมาแล้ว

ประสิทธิภาพการให้อาหารต่อผลผลิตน้ำนมในการทดลองนี้ พบว่า ประสิทธิภาพการให้อาหารต่อผลผลิตน้ำนมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างสูตรอาหารทดลองแต่ค่าประสิทธิภาพการให้อาหารต่อผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าสูตรอาหารทดลองอื่น ๆ ขณะที่ผลผลิตน้ำนมปรับพลังงาน พบว่า ผลผลิตน้ำนมที่ปรับค่าพลังงานในโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าสูตรอาหารทดลองอื่น ๆ

การนำไปใช้ประโยชน์

ถึงแม้ว่าในการทดลองครั้งนี้ การใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโครีดนมที่ระดับ 0-30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตน้ำนมในโคนมซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีการใช้น้ำมันพืชเพื่อปรับค่าพลังงานในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลแห้งในระดับต่าง ๆ ให้มีค่าใกล้เคียงกันแต่ทำให้ราคาของสูตรอาหารผสมสำเร็จเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 1) ดังนั้น เมื่อคำนึงถึงต้นทุนอาหารต่อผลผลิตน้ำนมของแต่ละสูตรอาหารผสมสำเร็จมีค่าเท่ากับ 9.73, 9.38, 11.31 และ 10.90 บาท/กก.น้ำนม ตามลำดับ ดังนั้นการใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคให้นมจึงไม่ควรใช้เกินระดับ 10 เปอร์เซ็นต์

สรุป

การใช้กากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโครีดนมที่ระดับ 0-30 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้และไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมและแต่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และ NFC ลดลง ขณะที่สัมประสิทธิการย่อยได้ของไขมันและโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของไขมัน ADF และปริมาณไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้นตามระดับกากเอทานอลแห้งที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่า ระดับของกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่กระทบต่อสมรรถภาพการผลิตน้ำนมก็ตาม แต่อาจเป็นผลจากการใช้แหล่งพลังงาน (น้ำมันปาล์ม) ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มขึ้นของระดับกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ดังนั้นจากผลการทดลองครั้งนี้หากมีการใช้กากเอทานอลแห้งเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคให้นมควรใช้ที่ระดับไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ หรือ 16.7 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้ให้ทุนอุดหนุนทั่วไป ประจำปี 2556 รวมทั้งบริษัทชินนรัตน์ฐกรกิจรุ่งเรือง จำกัดที่ให้การสนับสนุนกากเอทานอลแห้งที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ รวมทั้งขอบขอบคุณหมวดโคนมและห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง ภาควิชาสัตว์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์สถานที่ดำเนินการทดลองและการวิเคราะห์อาหารสัตว์

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีแป้ง.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพ. 303 หน้า.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนะศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร นิโรจน์ ศรสูงเนิน อนุสรณ์ เชิดทอง กันยา พลแสน และจันทิรา วงศ์เณร. 2557. การใช้ประโยชน์ของกากเอทานอลแห้งจากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตเอทานอลในสูตรอาหารสำหรับโคนม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณรกมล เลาร์รอดพันธ์ โชค มิเกล็ด ณัฐพล จงกสิกิจ จิรวัฒน์พัสระ เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ วิสูตร ศิริณุพงษษนันท์ และอำพล วริทธรรม. 2556. ผลของระดับการให้กากมันสำปะหลังแห้งจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารต่อกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักและการย่อยได้ในโคพื้นเมืองเจาะกระเพะ. วารสารเกษตร 29(1): 89-98.

ณิฐิมา เฉลิมแสน ประวีร์ วิชชุลตา พรศรี ชัยรัตนายุทธ์ สมจิต สุรพัฒน์ สิรินทร์พร สินธุวณิชย์ และอรุณี อิงศากุล. 2546. อิทธิพลของวัตถุกันเสียต่อผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและจำนวนโซมาติคเซลล์ในน้ำนมดิบ.การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 41. คณะเกษตรศาสตร์มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทอดศักดิ์ ปุระมงคล. 2541. ผลของอาหารหยาบและวิธีการให้อาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิยาลัย มหาวิทยาขอนแก่น.

ปิ่น จันจุฬา พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสธุา วัฒนสิทธิ์. 2558. ผลของระดับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จต่อสมรรถภาพ การผลิตองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อของแพะขุน. วารสารเกษตร 31(2): 121-134.

ปิ่น จันจุฬา และเมธา วรรณพัฒน์. 2546. บทบาทของอาหารเยื่อใยต่อกระบวนการหมักในรูเมน ปริมาณการกินได้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วารสารโคนม 20(1): 8-22.

ประวีร์ วิชชุลตา. 2546. สถานภาพองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย. ในจันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ, (บรรณาธิการ).น้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภค. เอกสารสรุปการประชุมวิชาการโคนม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ ปิตุนาถ หนูแสน และวิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อผลผลิตโคนม. *ใน*: ประชุมวิชาการโคนม 21-22 สิงหาคม พ.ศ. 2549. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พีระพร เส่งถิน ฉลอง วชิราภากร นิโรจน์ ศรสูงเนิน และสุภาพร แซ่เตียว. 2551. ผลของระดับของกากมันจากการผลิตกรดซิตริคร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตของโคนม. ใน:การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 4 การรุกคืบของการผลิตพลังงานทดแทนต่อการผลิตปศุสัตว์; 31 ม.ค. 2551 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; หน้า 63-67.

พีรพจน์ นิติพจน์. 2547. ผลการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารพลังงานทดแทนมันสำปะหลังเส้นในสูตรอาหารข้นต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ความสามารถในการย่อยได้และการเจริญเติบโตในโคนมรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ สุกัญญาจัตตุพรพงษ์ และอุทัย คันโธ. 2551. การศึกษาองค์ประกอบเศษเหลือ

จากการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. ศูนย์ค้นคว้าและ พัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2542. ผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมที่ได้รับอาหารรวมต่าง ๆ. ในรายงานการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรภาคเหนือ สาขาวิชาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ครั้งที่ 2. ณ สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. มกอช. 6001-2547. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 401. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

AOAC. 1985. Official Methods of Analysis (15th Ed.). The Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C. : USA.

Beauchemin, K. A., B. I. Farr, L. M. Rode and G. B. Schaalje. 1994. Optimum of dietary neutral detergent fiber concentration of barley-based diets for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 77:1013.

Chen, X. B., and M. J. Gomes. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of the technical details. International Feed Resources Unit, The Rowett Research Institute. Occational Publication.

Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagent, Procedures and some Application). Agric. Handbook. No. 397, ARS, USDA, Washington D.C.

Hino, T., and J. B. Russell. 1986. Relative contributions of ruminal bacteria and protozoa to the degradation of protein in vitro. Journal of Animal Science 64: 261-273.

Jensen, R. G. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. Journal of Dairy Science 85: 295-350.

Michel, D., and C. Yves. 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. British Journal of Nutrition 78: 515-539.

Newbold, C. J., R. J. Wallce, and N. McKian. 1990. Properties of ionophoretetronasin on nitrogen metabolism by ruminal microorganisms in vitro. Journal of Animal Science 68: 1103-1110.

NRC. 2001. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th revised edition, National Academic Press, Washington, DC.

Ruppert, L. D., J. K. Drackley, D. R. Bremmer, and J.H. Clark. 2003. Effects of tallow in diets based on corn silage or alfalfa silage on digestion and nutrient use by lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 86: 593-609.

Ruiz, T. M., E. Bernal, C. R. Staples, L. E. Sollenberger and R. N. Gallaher. 1995. Effect of neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of dairy cows. Journal of Dairy Science 78: 305.

SAS. 1985. User's Guide:Statistic. SAS. Inst Cary, NC.

Schneider, B. H., and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment. Athens: The University of Georgia Press, Georgia: USA.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. 2nd edition, McGraw-Hill Book Co., New York.

Stokes, S. R., W. H. Hoober, T. K. Miller, and R. P. Manski. 1991. Impact of carbohydrate and protein levels on bacteria metabolism in continuous culture. Journal of Dairy Science 44: 806-811.

Van Keulen, J., and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a neutral marker in ruminant digestibility studies. Journal of Animal Science 44: 282.

Varga, G. A. and F. Hoover. 1983. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs *in situ*. Journal of Dairy Science 66: 2109.

Wachirapakorn, C., P. Parmaluk, M. Wanapat, P. Pakdee and A. Cherdthong. 2014. Effects of levels of crude protein and ground corn cobs in total mixed ration on intake, rumen fermentation and milk production in crossbred Holstein Friesian lactating dairy cows. Journal of Applied Animal Research 42: 263-268.

Wallace, R. J. and C. A. McPherson. 1987. Factors affecting the rate of breakdown of bacterial protein in rumen fluid. British Journal of Nutrition 58: 313-323.

Wallace, R. J. and M. A. Cotta. 1988. Metabolism of nitrogen-containing compound. In: Hopson, P. J. (ed.), The Rumen Microbial Ecosystem, London. UK.

Wallace, R. J., R. Onogera and M. A. Cotta. 1997. Metabolism of nitrogen containing compounds. In: Hobson, P. N., and C. S. Stewart. Blackie Academic and Professional (eds.), The Rumen Microbial Ecosystem, London. UK.

ผลของการใช้กากมะเขือเทศแห้งในอาหารข้นต่อการย่อยได้ของโภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย

Effect of Dried Tomato Pomace in Concentrate Diets on Nutrient Digestibility and Growth Performance of Thai Native Cattle

ดวงกมล กุสันเทียะ[1/] และสุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์[1/*]

Doungkamol Kusanteay[1/] and Suthipong Uriyapongson[1/*]

[1/]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

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

**Corresponding author: Email: suthipng@kku.ac.th*

(Received: 4 January 2016; Accepted: 8 April 2016)

Abstract: The experiment was conducted to determine effect of dried tomato pomace (DTP) in concentrate on feed intake, digestibility and growth performance of native cattle. Sixteen Thai native beef cattle were randomly allotted to 4 treatments and 4 replications in the completely randomized design (CRD). The concentrate diets were formulated to contain DTP at 0, 15, 30 and 45%, respectively. Concentrate were fed to cattle at 2% of body weight and roughage (rice straw) was fed at *ad libitum.* The experiment was lasted for 120 days. Feed and feces sample were collected to determine feed intake, digestibility, feed conversion ratio, average daily gain, weight gain and final weight. The results showed that crude protein (CP), ether extracts (EE), ash, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) content in DTP were 19.08, 12.05, 3.96, 58.46 and 44.53%, respectively. The gross energy (GE) was 5.74 Mcal/kg. Digestibility coefficient of dry matter and organic matter were similar among treatments ($P>0.05$). However, the increasing levels of DTP in the diet reduced digestibility of crude protein, NDF and ADF ($P<0.05$). Feed intake, average daily gain, feed conversion ratio, weight gain, final weight and BCS were similar among treatments ($P>0.05$). It could be concluded that even DTP reduced digestibility of CP, NDF and ADF but it can be used up to 45% without any effect on feed intake.

Keywords: Thai native cattle, digestibility, growth performance, dry tomato pomace

บทคัดย่อ: ศึกษาการใช้กากมะเขือเทศแห้ง (Dried tomato pomace, DTP) ในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมือง จำนวน 16 ตัว แบ่งโคโดยสุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ตัว ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้ DTP ในอาหารข้นที่ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารข้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เสริมฟางข้าวแบบไม่จำกัด ทำการทดลองนาน 120 วัน เก็บตัวอย่างอาหารและมูลไปศึกษาปริมาณการกินได้ การย่อยได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว การเจริญเติบโต น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และความสมบูรณ์ของร่างกาย (BCS) ผลการศึกษาพบว่า DTP มีโปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า เยื่อใย neutral detergent fiber (NDF) และเยื่อใย acid detergent fiber (ADF) เท่ากับ 19.08, 12.05, 3.96, 58.46 และ 44.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีพลังงานรวม 5.74 Mcal/kg DM การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารใกล้เคียงกัน (P>0.05) การใช้ DTP ในสูตรอาหารระดับที่เพิ่มขึ้นลดการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF (P<0.05) ปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหาร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และค่า BCS เมื่อสิ้นสุดการทดลองของโคแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สรุปว่า การเสริม DTP ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ลดลง และพบว่าการใช้ DTP ในสูตรอาหารข้นของโคที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ แต่การใช้ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสมรรถนะการเจริญเติบโตดีที่สุด

คำสำคัญ: โคพื้นเมือง การย่อยได้ การเจริญเติบโต กากมะเขือเทศแห้ง

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรของประเทศและพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่ทำเลเลี้ยงสัตว์ลดลง จึงมีผลกระทบต่อระบบการเลี้ยงโคของเกษตรกรไทย จากเดิมที่เคยเลี้ยงโคเพื่อการยังชีพตามวิถีชีวิตเกษตรกรชนบทหรือการเลี้ยงแบบปล่อยให้หาพืชอาหารที่มีอยู่ตามธรรมชาติกินเอง เปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงแบบประณีต โดยการนำอาหารมาให้กินในคอกหรือการเลี้ยงแบบขุน ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณการผลิตเนื้อโคภายในประเทศไม่เพียงพอ อีกทั้งในปัจจุบันประชาชนในชุมชนเมืองต้องการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย (food safety) จึงต้องมุ่งเน้นการตรวจสอบคุณภาพมากยิ่งขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2551)

การผลิตสัตว์เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพจำเป็นต้องมีอาหารหยาบและอาหารข้นเพียงพอทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ แต่ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ มีราคาค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกันและมีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทน (ปิ่น และคณะ, 2557) โคพื้นเมืองเป็นสัตว์ที่เกษตรกรเลี้ยงเพื่อผลิตเนื้อสำหรับบริโภคภายในประเทศ เป็นสัตว์ที่มีศักยภาพสูงในการให้ผลผลิต โดยเฉพาะในสภาพการผลิตที่มีอากาศร้อนชื้น การเสริมอาหารให้กับโคพื้นเมืองทั้งอาหารข้นและอาหารหยาบนั้น สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ถึง 500-600 กรัมต่อวัน จากรายงานของ กรมปศุสัตว์ (2558) พบว่าปริมาณของโคเนื้อที่เลี้ยงอยู่ในประเทศไทยจำนวนทั้งสิ้น 4,407,108 ตัว โดยเป็นโคพื้นเมือง 2,702,299 ตัว โคพันธุ์และโคลูกผสม 1,533,002 ตัว และโคขุน 171,807 ตัว และปัจจัยการผลิตที่สำคัญต่อการผลิตโคเนื้อคืออาหาร เนื่องจาก 70 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตสัตว์นั้นเป็นค่าอาหาร การลดต้นทุนหรือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจึงควรพิจารณาด้านการจัดการอาหารสัตว์เป็นหลัก ปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้น เกษตรกรจึงต้องหาแนวทางในการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดโดยหาแหล่งวัตถุดิบที่มีราคาถูกมาทดแทนหรือการใช้ประโยชน์ได้ของผลพลอยได้ทางการเกษตร (agricultural by-products) จึงได้เล็งเห็นสิ่งเหลือทิ้งที่มีในท้องถิ่นนั่นก็คือ กากมะเขือเทศ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมะเขือเทศและซอสมะเขือเทศ มีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 14-20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย NDF 56.5 เปอร์เซ็นต์ และ เยื่อใย ADF 47.2 เปอร์เซ็นต์ (บัญชาและคณะ, 2541) เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนและเยื่อใยที่สามารถนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม กาก

มะเขือเทศมีโปรตีนสูง แต่ก็มีปริมาณเยื่อใย NDF สูง ซึ่งมีผลให้มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีกและสัตว์กระเพาะเดี่ยวต่ำ แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น โคเนื้อ โคนม ฯลฯ จะสามารถใช้ประโยชน์จากกากมะเขือเทศได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากสัตว์ประเภทนี้จะมีจุลินทรีย์ในกระเพาะช่วยย่อยเยื่อใย การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของกากมะเขือเทศแห้งในอาหารข้นและสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากมะเขือเทศแห้งเป็นองค์ประกอบ

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง อาหาร และแผนการทดลอง

โคเนื้อพื้นเมืองของไทย (Thai native cattle) เพศผู้ตอน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 150 ±4.0 กิโลกรัม อายุ 3 ปี จำนวน 16 ตัว แบ่งโคโดยการสุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ตัว ทำการฉีดวัคซีน ฉีดยาถ่ายพยาธิ และฉีดวิตามิน เอ ดี และอี ให้แก่โคทุกตัวก่อนเข้างานทดลอง โคแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ได้รับอาหารข้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบและน้ำให้กินตลอดเวลา (*ad libitum*) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design; CRD) โดยใช้สูตรอาหารที่มีระดับของกากมะเขือเทศแห้งที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่ใช้มีระดับของโปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 2.4 Mcal/kg DM ตามความต้องการของโค (NRC, 2000)

การเก็บข้อมูลและสุ่มเก็บตัวอย่าง

บันทึกปริมาณอาหารข้นและอาหารหยาบที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือของแต่ละวันตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ชั่งน้ำหนักโคทดลองก่อนเข้าทดลองและระหว่างการทดลองทุก ๆ 30 วัน เพื่อนำไปปรับปริมาณอาหารข้นที่ให้ ก่อนชั่งน้ำหนักทุกครั้งจะทำชั่งหลังจากที่ได้มีการชั่งอาหารเหลือและก่อนให้อาหารใหม่ในตอนเช้าโดยใช้เครื่องชั่งแบบดิจิตอลโดยมีการทดลองชั่งน้ำหนักก่อนชั่งจริง ทำการทดลองนาน 120 วัน วัดปริมาณอาหารที่กินต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเพิ่มน้ำหนัก การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และประเมินคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายโค (body condition scoring) ทุก ๆ 30 วัน โดยใช้ผู้มีประสบการณ์ในการประเมิน ให้คะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย โดยใช้ระบบคะแนน 9 ระดับ ดัดแปลงตามวิธีการของ Richards *et al.* (1986) เก็บตัวอย่างอาหารทุกครั้งที่ผสม (ประมาณ 5 ครั้ง) มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะ คือ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) และไขมัน (ether extract, EE) ตามวิธีการของ AOAC (1997) และวิเคราะห์หา เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ตามวิธีการของ Van Soest *et al.* (1991) เก็บตัวอย่างมูล โดยทำการเก็บมูลโคทุกตัวในช่วงเช้า หลังจากชั่งอาหารเหลือและทำความสะอาดคอกเสร็จเรียบร้อย สุ่มเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 7 วันสุดท้ายก่อนสิ้นสุดการทดลอง นำมูลไปอบร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ได้แก่ DM, ash, CP, EE, NDF และ ADF เช่นเดียวกับในอาหาร และวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อนำไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ตามวิธีการของ Schneider and Flatt (1975) มีวิธีการคำนวณ ดังนี้

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 - \frac{[100 \times \text{\%AIA ในอาหาร}]}{\text{\%AIA ในมูล}}$$

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \left[100 \times \frac{(\text{\% โภชนะในมูล} \times \text{\%AIA ในอาหาร})}{\text{\% โภชนะในอาหาร} \times \text{\%AIA ในมูล}}\right]$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) โดยใช้โปรแกรม SAS (1996)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมะเขือเทศแห้ง

กากมะเขือเทศแห้ง มีค่าเฉลี่ยของความชื้น โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF เท่ากับ 4.10, 19.08, 12.05, 3.96, 58.46 และ 44.53 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานรวม 5.74 Mcal/kg DM ดังแสดงในตารางที่ 1 ค่าที่ได้นี้มีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของ พงศธร และคณะ (2551) และสายัณห์ และจินดา (2537) ที่รายงานว่า กากมะเขือเทศแห้งมีโปรตีนหยาบ 19.0 และ 20.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้มีค่าสูงกว่ารายงานของ บัญชา และคณะ (2541) และวิโรจน์ และคณะ (2539) พบว่ามีโปรตีนเท่ากับ 17.5 และ 17.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ากากมะเขือเทศแห้งมีไขมัน 12.05 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับรายงานของ พงศธร (2551) และเฉลิมพล และคณะ (2549) ที่มีค่าเท่ากับ 10.5 และ 11.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ เถ้า เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF มีค่าเท่ากับ 3.96, 58.46 และ 44.53 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ารายงานของ พงศธร (2551) ที่มีค่าเท่ากับ 6.3, 62.0 และ 52.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารข้นและอาหารหยาบ

อาหารข้นที่มีกากมะเขือเทศที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) มีค่าเฉลี่ยที่เป็นวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เถ้า โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF เท่ากับ 95.85, 92.91, 7.4, 14.50, 6.17, 44.46 และ 27.48 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ และมีค่าพลังงานรวมเท่ากับ 4.32 Mcal/kg DM อยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ ส่วนไขมันที่ได้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับงานทดลองอื่น เปอร์เซ็นต์เถ้า เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF มีระดับสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ไม่ได้ใช้กากมะเขือเทศแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากกากมะเขือเทศแห้งเป็นวัตถุดิบที่มีระดับของเยื่อใยสูง ดังแสดงในตารางที่ 2

ฟางข้าวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 2.85 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับงานทดลองของ สุทธิพงศ์ และคณะ (2553) รายงานว่าฟางข้าวมีโปรตีน 2.5 เปอร์เซ็นต์ และภัทยา (2547) ที่รายงานปริมาณโปรตีนของฟางข้าวที่ 3 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่างานทดลองของ ชานนท์ (2555) และกรมปศุสัตว์ (2551)

Table 1 Chemical composition of experimental diets

Feedstuffs	Treatment (%)			
	T1	T2	T3	T4
Dried tomato pomace	0	15	30	45
corn	50	35	20	5
Palm kernel meal	25	25	25	25
Urea	1.8	1.6	1.4	1.2
Mineral	1.5	1.5	1.5	1.5
Limestone	0.5	0.5	0.5	0.5
Molass	3	3	3	3
Rice bran	18.2	18.4	18.6	18.8
Total	100	100	100	100
Diet cost* (baht/kg)	8.40	7.58	6.77	5.99

* cost in April 2014

Table 2 The chemical composition of dried tomato pomace

Chemical composition	Percentage
Dry matter	4.10
---------- % DM ----------	
Crude protein	19.08
Ether extract	12.05
Ash	3.96
NDF	58.46
ADF	44.53
Gross energy (Mcal/kg)	5.74

ที่รายงานว่าฟางข้าวมีโปรตีน 3.5 และ 3.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ มีค่าปกติ ดังแสดงในตารางที่ 2

สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อ

ปริมาณการกินได้ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

ปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นกิโลกรัมต่อตัวต่อวันของโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นที่มีการใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29, 3.40, 3.24 และ 3.08 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ การกินได้ของอาหารเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.71, 1.73, 1.71 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการกินได้ของอาหารเมื่อคิดเป็นกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.66, 64.59, 63.30 และ 61.31 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ ตามลำดับ ความแตกต่างของปริมาณอาหารข้นที่กินได้ของโคแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของอาหารข้นจะพบว่า โคกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีระดับของกากมะเขือเทศแห้ง 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ที่ต่ำกว่าโคกลุ่มอื่น ๆ อาจเพราะระดับเยื่อใยของกากมะเขือเทศแห้งมีค่าค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้การย่อยได้และการกินได้ลดลง การทดลองในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องที่มีการใช้กากมะเขือเทศแห้ง จากการศึกษาของ วิทยา และคณะ (2548) พบว่า การใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของห่านในทุกช่วงอายุการทดลอง ซึ่งมีผลขัดแย้งกับการศึกษาของ ศศิพันธ์ และคณะ (2556) ที่พบว่าการกินได้เฉลี่ยต่อวันของไก่เนื้อที่ได้รับกากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด (P<0.05) จากรายงานของ ศศิพันธ์ และคณะ (2548) สรุปว่า ไก่เนื้อที่ได้รับกากมะเขือเทศแห้งทดแทนกากถั่วเหลืองที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับกากมะเขือเทศที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบเมื่อคิดเป็นกิโลกรัมต่อตัวต่อวันของโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นที่มีการใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.49, 2.31, 2.53 และ 2.27 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.28, 1.19, 1.33 และ 1.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อคิดเป็นกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.80, 44.28, 49.45 และ 44.92 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ ตามลำดับ ปริมาณอาหารหยาบที่กินได้ของโคแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบของโคกลุ่มที่ได้รับกากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อาจเนื่องจากปริมาณเยื่อใยของกากมะเขือเทศแห้งมีสูง จึงทำให้กินอาหารหยาบได้น้อยลง

Table 3 The chemical composition of concentrate and roughage

Chemical composition	Level of DTP in concentrate (%)				Roughage
	0	15	30	45	
Dry matter, %	95.89	95.84	95.83	95.83	94.30
	---------- % DM ----------				
Organic matter, %	93.59	92.95	92.81	92.29	87.23
Ash, %	6.69	7.36	7.50	8.05	13.31
Crude protein, %	15.04	15.20	15.38	16.05	2.85
Ether extract, %	4.50	5.59	7.03	7.56	0.75
NDF, %	38.28	38.77	48.85	51.95	73.65
ADF, %	20.31	23.44	29.46	36.72	50.00
Gross energy (Mkal/kg DM)	3.99	4.17	4.44	4.67	3.48

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

การประเมินสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะโดยใช้ acid insoluble ash (AIA) เป็นตัวบ่งชี้ แสดงไว้ในตารางที่ 4 พบว่าโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นที่มีการใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ ได้แก่ วัตถุแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 80.76, 76.92, 75.15 และ 71.93 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุเฉลี่ยเท่ากับ 78.70, 74.80, 72.71 และ 69.29 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบเฉลี่ยเท่ากับ 78.72, 69.69, 65.70 และ 60. เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย NDF เฉลี่ยเท่ากับ 88.25, 86.27, 80.51 และ 77.20 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย ADF เฉลี่ยเท่ากับ 90.94, 88.60, 84.67 และ 77.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าการใช้กากมะเขือเทศแห้ง จนถึงระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF เริ่มลดลง โดยโคเนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูงกว่ากลุ่มอื่น (P<0.05) แต่มีค่าใกล้เคียงกับโคเนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ลดลง เนื่องจากกากมะเขือเทศแห้งมีเยื่อใยอยู่ในปริมาณที่สูง ผลการทดลองในครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของศศิพันธ์ และคณะ (2556) ที่ทำการทดลองในอาหารไก่เนื้อ ที่พบว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนมีค่าลดลง ส่วนเฉลิมพล และคณะ (2549) รายงานว่า กากมะเขือเทศแห้งไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุ (P>0.05) ของโคเนื้อ แต่ค่าการย่อยได้ของโปรตีน และเยื่อใย ADF มีค่าลดลง (P<0.05)

การเจริญเติบโตของโคเนื้อ

น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองของโคเนื้อที่ได้รับกากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 230.55, 239.40, 233.25 และ 219.28 กิโลกรัม (ตารางที่ 5) ตามลำดับ โดยโคเนื้อมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 77.30, 84.90, 87.00 และ 66.78 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นอัตราการเจริญเติบโตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.65, 0.71, 0.73 และ 0.56 กิโลกรัม/ตัว/วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตของโคเนื้อแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แสดงว่า การใช้กากมะเขือเทศแห้งในสูตรอาหาร สามารถใช้ได้ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อ ใกล้เคียงกับรายงานของบัญชา และคณะ (2541) รายงานว่า โคที่ได้รับกากมะเขือเทศแห้งจะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าโคที่ได้รับหญ้าแห้งและหญ้าสด (P<0.05) ในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องนั้น วิทยา และคณะ (2548) รายงานว่า การใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ

Table 4 Effect of dried tomato pomace on feed intake (percent of dry matter)

Item	Level of DTP in concentrate (%)				SEM	P-value	Contrast		
	0	15	30	45			L	Q	C
Feed intake, concentrate									
kg/h/d	3.29±0.04	3.40±0.15	3.24±0.01	3.08±0.17	0.02	0.80	0.46	0.57	0.79
% BW	1.71±0.01	1.73±0.03	1.71±0.01	1.66±0.04	0.03	0.50	0.25	0.34	0.92
g/kg $BW^{0.75}$	63.66±0.45	64.59±1.38	63.30±0.09	61.31±1.9	1.66	0.57	0.28	0.39	0.84
Feed intake, roughage									
kg/h/d	2.49±0.09	2.31±0.09	2.53±0.13	2.27±0.13	0.20	0.73	0.62	0.84	0.34
% BW	1.28±0.02	1.19±0.07	1.33±0.07	1.22±0.04	0.06	0.40	0.86	0.88	0.10
g/kg $BW^{0.75}$	47.80±1.19	44.28±2.33	49.45±2.84	44.92±1.69	2.42	0.42	0.75	0.84	0.11
Feed intake, total									
kg/h/d	5.78±0.13	5.71±0.06	5.77±0.12	5.35±0.3	0.41	0.86	0.51	0.68	0.74
% BW	3.00±0.04	2.92±0.04	3.04±0.08	2.88±0.08	0.08	0.45	0.50	0.60	0.17
g/kg $BW^{0.75}$	111.45±1.63	108.87±0.95	112.75±2.93	106.22±3.6	3.32	0.54	0.44	0.56	0.28

Table 5 Effect of dried tomato pomace on nutrient digestibility

Digestibility	Level of DTP in concentrate (%)				SEM	P-value	Contrast		
	0	15	30	45			L	Q	C
Dry matter	80.76±4.57	76.92±0.73	75.15±1.04	71.93±4.26	1.91	0.28	0.07	0.91	0.78
Organic matter	78.70±4.83	74.80±0.93	72.71±1.16	69.29±4.58	1.99	0.26	0.07	0.93	0.81
Crude protein	78.72^{a}±10.05	69.69^{b}±1.02	65.70^{bc}±2.97	60.60^{c}±8.07	1.55	0.02	0.01	0.42	0.56
NDF	88.25^{a}±5.2	86.27^{a}±3.22	80.51^{ab}±2.54	77.20^{b}±5.85	1.40	0.04	0.01	0.75	0.52
ADF	90.94^{a}±5.5	88.60^{a}±3.16	84.67^{ab}±0.77	77.56^{b}±7.88	1.38	0.03	0.01	0.29	0.86

$^{a, b}$ means significant (P<0.05)

30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารของห่านในช่วงอายุ 4-14 สัปดาห์ พบว่าห่านมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับกากมะเขือเทศในระดับที่แตกต่างกัน (P>0.05) และเกศรา และคณะ (2557) รายงานว่าสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่งวงที่ได้รับอาหารที่กากมะเขือเทศที่แตกต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตต่อวันและน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนศศิพันธ์ และคณะ (2556) ใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อเพิ่มสูงขึ้น (P<0.05) ในขณะที่แก้วตา และคณะ (2546) รายงานว่า การใช้กากมะเขือเทศแห้งในอาหารไก่เนื้อสูงขึ้นจนถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการเจริญเติบโตด้อยลงตามระดับของกากมะเขือเทศแห้งที่เพิ่มขึ้น (P<0.05)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

ผลของการใช้กากมะเขือเทศแห้งในอาหารข้นต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (ตารางที่ 5) พบว่า โคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นที่มีการใช้การมะเขือเทศที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.28, 4.91, 4.48 และ 5.61 กิโลกรัม ตามลำดับ (P>0.05) จากการรายงานของ บัญชา และคณะ (2541)

สรุปว่า โคกลุ่มที่ได้รับกากมะเขือเทศแห้งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารดีกว่าโคกลุ่มที่กินหญ้าแห้งและหญ้าสด เพราะกากมะเขือเทศแห้งมีโปรตีนและพลังงานสูงกว่าหญ้าแห้งและหญ้าสด

คะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายโคเนื้อ (body condition score, BCS)

ค่า BCS ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินลักษณะความสมบูรณ์ของโคโดยใช้ ในการประเมินพลังงานที่ถูกสะสมไว้ในร่างกาย (Renquist *et al*., 2006) ขณะที่ Lopez-Gatuis *et al.* (2002) รายงานว่า BCS ทำให้ทราบถึงระดับของโภชนะในตัวสัตว์

จากการประเมินค่าความสมบูรณ์ของร่างกายโคเนื้อแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 6) เมื่อเริ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.88, 3.03, 2.75 และ 3.10 ตามลำดับ ซึ่งค่าคะแนนที่ได้ แสดงว่าสภาพร่างกายของโคอยู่ในระดับผอม และเมื่อสิ้นสุดงานทดลอง คะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายโคเนื้อแต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57, 4.78, 4.88 และ 4.85 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าคะแนนที่ระบุว่าโคอยู่ในสภาพอ้วน ค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายโคเมื่อเริ่มทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกลุ่มการทดลองซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) (ภาพที่ 1) สรุปว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีระดับของกากมะเขือเทศแห้งที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสมบูรณ์ของร่างกายโค

Table 6 Effect of dried tomato pomace on growth performance

Items	Level of DTP (%)				SEM	P-value	Contrast		
	0	15	30	45			L	Q	C
Initial weight, kg	153.25±1.62	154.50±2.87	146.25±5.38	152.50±0.87	9.62	0.93	0.81	0.79	0.59
Final weight, kg	230.55±0.07	239.40±8.78	233.25±2.63	219.28±11.34	16.12	0.84	0.59	0.49	0.92
Weight gain, kg	77.30±1.69	84.90±5.91	87.00±8.01	66.78±12.21	8.19	0.34	0.44	0.12	0.65
Average dairy gain, kg	0.65±0.01	0.71±0.05	0.73±0.07	0.56±0.10	0.07	0.33	0.43	0.11	0.67
Feed conversion ratio, kg	5.28±0.21	4.91±0.16	4.48±0.59	5.61±0.54	0.34	0.17	0.73	0.04	0.31
Initial BCS[1]	2.88±0.06	3.03±0.09	2.75±0.19	3.10±0.16	0.15	0.41	0.60	0.54	0.15
Final BCS[1]	4.57±0.2	4.78±0.01	4.88±0.11	4.85±0.08	0.10	0.15	0.04	0.22	0.99

[1] Level 1 – 5: Score 1 = Emaciated – 5 = Extremely fat

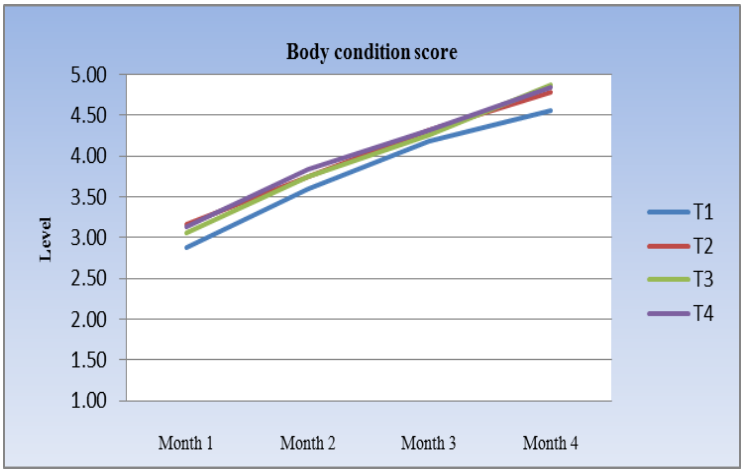

Figure 1 Body condition score of Thai native cattle 120 days

*Note: Score 1 = Emaciated – 5 = Extremely fat

ทุกกลุ่มการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ สุทธิพงศ์ และคณะ (2553) และชานนท์ (2555) รายงานว่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายโคที่ได้รับอาหารที่มีสิ่งเหลือทิ้งจากการผลิตกรดซิตริกในระดับที่แตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มการทดลอง

สรุป

กากมะเขือเทศแห้งสามารถใช้เสริมในอาหารข้นของโคเนื้อได้ถึงระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อเริ่มการทดลองโคทุกกลุ่มอยู่ในสภาพผอมและเมื่อสิ้นสุดการทดลองโคทุกกลุ่มอยู่ในสภาพอ้วน แต่โคทุกกลุ่มมีสภาพใกล้เคียงกันเมื่อเริ่มทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (P>0.05) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF มีค่าลดลงเมื่อระดับของกากมะเขือเทศแห้งเพิ่มขึ้น (P<0.05) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้กากมะเขือเทศแห้งที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โคกลุ่มดังกล่าวมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว อัตราการกินได้ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ดีกว่าโคกลุ่มอื่นๆ สรุปว่า การใช้กากมะเขือเทศแห้งในการทดลองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการทดลองดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยการผลิตโคพื้นเมืองและกระบือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณบริษัทโรซ่า เกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทยปี 2558. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2558/2.beefcattle_region.pdf (19 ตุลาคม 2558).

เกศรา อำพาภรณ์ เสมอใจ บุรีนอก ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ เฉลิมพล เยื้องกลาง และเบญญา แสนมหายักษ์. 2557. ผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเยื่อใยต่อคุณภาพซากในไก่งวง. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1: (2557).

แก้วตา แดงสี สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. การใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 82-91.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 193 หน้า.

เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ ไพวัลย์ ศรีนานวล ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และจำลอง มิตรชาวไทย. 2549. ผลของ การใช้กากมะเขือเทศแห้งเป็นแหล่งของอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและเมตาโบไลต์ในเลือดของโคเนื้อ. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาสัตวแพทยศาสตร์. กรุงเทพฯ. 158-166.

ชานนท์ สุนทรา. 2555. การใช้ exogenous fibrolytic enzyme เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตกรดซิตริกในโคเนื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 93 หน้า.

บัญชา สัจจาพันธ์ ประดิษฐ์ กุกแก้ว วิทยา สุมามาลย์ และบวร เสนเกตุ. 2541. ความเป็นไปได้ในการใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารสัตว์ การใช้กาก

มะเขือเทศแห้งเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโค. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รหัส 014-08-41 กองอาหารสัตว์.

ปิ่น จันจุฬา พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. 2558. ผลของระดับกลีเซอรีนในอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อของแพะขุน. วารสารเกษตร 31(2): 121-134.

พงศธร กุนัน เฉลิมพล เยื้องกลาง ฉลอง วชิราภากร ไกรษร ก้องเวหา ดวงดาว พันธ์พงษ์ นงพงา นามแสน เฉลิมพล ปฏิพันธ์ และจันทิรา วงศ์เณร. 2551. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาสัตว์. 11-18.

ภัทยา ภาคมฤค. 2547. ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปโดยใช้ซังข้าวโพดร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 67 หน้า.

วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์ ประดิษฐ์ กุกแก้ว วิทยา สุมามาลย์ และบวร เสนะเกตุ. 2539. ความเป็นไปได้ในการใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารสัตว์ การใช้เป็นอาหารเป็ดเทศ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2539 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 14-21.

วิทยา สุมามาลย์ เสน่ห์ กุลนะ และอิสระ สุริยาชัยวัฒนะ. 2548. ความเป็นไปได้ในการใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารสัตว์ ผลของการใช้กากมะเขือเทศแห้งระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหาร สำหรับห่านระยะรุ่น-ขุน. รายงานผลงานวิจัยประจำปี กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 214-229.

ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ สุนทร วิทยาคุณ ปิยะพงษ์ วงศ์เทราช และอัฐพล อ้นปัญญา. 2548. ผลของกากมะเขือเทศแห้งทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 177-183.

ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ จำลอง มิตรชาวไทย เฉลิมพล เยื้องกลาง A. Alhaidary อุมาพันธ์ จิราภรณ์ และ A. C. Beynen. 2556. สมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ปรากฏและองค์ประกอบซากไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมด้วยกากมะเขือเทศแห้งในอาหาร. สัตวแพทย์มหานครสาร. 2556. 8(1): 9-19.

สายันต์ ตันยา และจินดา สนิทวงศ์. 2537. ความเป็นไปได้ในการใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารสัตว์ การใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารหยาบหลักเลี้ยงโครีดนมในฤดูแล้ง. รายงานผลงานวิจัยและรายงานประจำปี 2537. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 35-43.

สุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์ ฉลอง วชิราภากร ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์ เวชสิทธิ์ โทบุราณ และชานนท์ สุนทรา. 2553. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การปรุงแต่งสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตกรดซิตริกด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อเป็นแหล่งอาหารโคเนื้อ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Association Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.

Lopez-Gatius, F., J. Yaniz and D. Madrles-Helm. 2002. Effect of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cow: a meta-analysis. Theriogenology 59: 801-812.

NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl.Acad. Press, Washington, DC. U.S.A.

Renquist, B. J., J. W. Oltjen, R. D. Sainz and C. C. Calvert. 2006. Relationship between body

condition score and production of multiparous beef cows. Livestock Science 104: 147-155.

Richards, M. W., J. C. Spitzer and M. B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. Journal of Animal Science 62: 300-306.

SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.0th Edition. SAS Intitute Inc. Cary., NC. U.S.A.

Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. Univ. Georia Press, Georia. U.S.A.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie 1980. Principle and Procedure of Statistics: MC Graw-Hill Book Company, New York. 631 p.

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 40: 281-287.

Van Soest, P. J., P. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

ผลของการเสริมกากมะเม่าต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ และค่าโลหิตวิทยาในไก่ไข่

Effects of Dietary Mao Pomace Supplementation on Egg Production Performance, Egg Quality, and Hematology of Laying Hens

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล[1/*] พงศธร กุนัน[1/] กฤษณธร สินตะละ[1/]
ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว[1/] และธัชเวชช์ กิมประสิทธิ์[1/]
Srisuda Sirilaophaisan[1/*], Pongsathorn Gunun[1/], Kritsanathon Sintala[1/],
Paiwan Punyakaew[1/] and Thachawech Kimprasit[1/]

[1/]คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160
[1/] Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Phung Khon, Sakon Nakhon 47160, Thailand
**Corresponding author: Email: Sreesuda88@hotmail.com*

(Received: 4 September 2016; Accepted: 13 December 2016)

Abstract: The objective of this study was to determine the effects of Mao pomace (MP) on egg performance, egg quality and hematology in laying hens during a 21-32 wk of age. A total of 120 ISA Brown laying hens, were divided into 3 treatment groups. Each treatment consisted of four replicates of ten each. The experiment was Completely Randomized Design (CRD). The MP was supplemented at the levels of 0 (control), 0.5 and 1.0% in the diets. The results revealed that dietary MP supplementation at level of 1.0% could improve linear egg production and number of egg significantly ($P<0.05$) when compared with the control. Moreover, egg quality; specific gravity of egg was linearly significant by levels of MP supplementation (linear, $P<0.05$). However, levels of blood cholesterol and triglyceride were significantly lower in MP treatment than control. In conclusion, dietary supplementation of MP at 1.0% in laying hen diet can be improved ($P<0.05$) egg production performance, egg quality and decreased blood cholesterol.

Keywords: Laying hen, mao pomace, egg performance, egg quality, hematology

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากเม่าในอาหาร ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ และค่าโลหิตวิทยาในไก่ไข่สายพันธุ์ อีซ่าบราวน์ (ISA Brown) อายุ 21-32 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เสริมกากเม่าในอาหาร 3 ระดับ คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การเสริมกากเม่าในอาหาร ในระดับ1.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการเพิ่มสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ และจำนวนไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linear, P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีผลต่อคุณภาพไข่ ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแบบเป็นเส้นตรง (linear, P<0.05) นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง (P<0.05) จากการทดลองสรุปได้ว่าการเสริมกากเม่าระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่ ทำให้สมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพไข่เพิ่มขึ้น และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง

คำสำคัญ: ไก่ไข่ กากเม่า ประสิทธิภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ โลหิตวิทยา

คำนำ

การผลิตน้ำเม่าจากผลมะเม่าหรือเม่า (*Antidesma* sp.) และไวน์เม่าจะมีเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลเม่าปีละไม่น้อยกว่า 80 ตันต่อปี เศษเหลือทิ้งนี้เรียกว่า กากเม่า (Mao pomace) ซึ่งมีในอัตราส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด (ศิริพร, 2547) ประกอบไปด้วยกากเนื้อเม่า (Mao marc) และเมล็ดเม่า (Mao seeds) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเม่า พบว่ามี โปรตีนเท่ากับ 10.7 และเยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง 52.2 เปอร์เซ็นต์ (เฉลิมพล และคณะ, 2550) และ Puangpronpitag *et al*. (2008) พบว่าสารสกัดจากเมล็ดเม่า และเนื้อเม่าจากส่วนสกัดหยาบและส่วนสกัดที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์เป็นแหล่งของสารโพลีฟีนอล (polyphenol) สูงถึง 97.32-130 mg GAE/g สารสกัดจากเมล็ดและกากเม่าประกอบด้วยสารโปรแอนโธไซยานิดินส์ (proanthocyanidins) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแคทิชิน (catechins) และอิพิแคทีชิน (epicathechin) มีคุณสมบัติเป็นสารกันหืน ป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นรวมทั้งป้องกันการเกิดเนื้องอก และมะเร็ง นอกจากนี้เม่ายังมีสารแอนโทไซยานิน (total anthocyanin) 141.94-243.81 mg/100g น้ำหนักแห้ง สารฟีโนลิก (total phenolic) 10.67-18.53 mg GAE/g น้ำหนักแห้ง และสารฟลาโวนอยด์ (total flavonoids) 145.60-210.97 mg/100g น้ำหนักสด มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงประมาณ 60.14-86.53 เปอร์เซ็นต์ (ลือชัย, 2551)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ปีกของไทยมีการลดและเลิกการใช้สารปฏิชีวนะ (antibiotic) ในอาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต ทำให้มีการนำสารเสริม (feed additive) ชนิดต่าง ๆ มาใช้ในอาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้น (วรรณพร, 2557) ซึ่งสารดังกล่าวนั้นจะต้องมีความปลอดภัยและไม่ตกค้างในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ กากเม่าเป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติดังได้กล่าวไว้แล้ว จึงควรมีการศึกษาการเสริมกากเม่าในอาหารไก่ไข่เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ ลดไขมันหรือคอเลสเตอรอลในไข่ไก่ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคไข่ไก่ได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกากเม่าคละสายพันธุ์จาก หจก. สร้างค้อไวน์ บ้านสร้างค้อ อ.ภูพาน จ.สกลนคร มาทำให้แห้งโดยการผึ่งแดดระยะเวลา 3 วัน แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบดอาหารให้ละเอียด เพื่อเตรียมนำมาเสริมในอาหารไก่ไข่พันธุ์ อีซ่าบราวน์ (ISA Brown) อายุ 21 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว เลี้ยงบนกรงตับขนาด 50 x 40 x 40 เซนติเมตร กรงละ 2 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วย 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว โดยเริ่มเลี้ยงไก่ไข่สาวที่อายุ 17 สัปดาห์ เพื่อกินอาหารพื้นฐาน (อาหารสำเร็จรูปทางการค้า) มีทรีทเมนต์ที่ต้องการศึกษา ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 สูตรอาหารพื้นฐาน
ทรีทเมนต์ที่ 2 สูตรอาหารพื้นฐานเสริมกากเม่า 0.5 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 3 สูตรอาหารพื้นฐานเสริมกากเม่า 1.0 เปอร์เซ็นต์

การเก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูล

บันทึกสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ตั้งแต่ไก่อายุ 21 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ช่วง (period) ช่วงละ 4 สัปดาห์ (28 วัน) คือช่วงอายุ 21-24, 25-28 และ 29-32 สัปดาห์ รวม 12 สัปดาห์ สมรรถภาพการผลิตได้แก่

1) ผลผลิตไข่ (hen day production) $= \frac{\text{จำนวนไข่ที่ผลิตได้ทั้งหมด}}{\text{จำนวนไก่ในแต่ละวัน}} \times 100$

2) น้ำหนักไข่ (egg weight) $= \frac{\text{น้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ทั้งหมด}}{\text{จำนวนไข่ที่ผลิตได้ทั้งหมด}}$

3) มวลไข่ (egg mass) $= \frac{\text{น้ำหนักไข่ x ผลผลิตไข่}}{100}$

4) ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake) = ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)

5) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (feed conversion ratio: FCR) $= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักไข่}}$

6) จำนวนไข่ (number of egg) $= \frac{\text{28 วัน x ผลผลิตไข่}}{100}$

ทำการตรวจวัดคุณภาพไข่ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง ได้แก่ น้ำหนักไข่ ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) โดยการลอยไข่ในน้ำเกลือ (Thompson and Hamilton, 1982) ความสูงไข่ขาวเพื่อนำมาคำนวณค่า Haugh Unit, น้ำหนักไข่แดง (yolk weight) สีไข่แดง (yolk color) โดยใช้พัดสีโรช น้ำหนักเปลือกไข่ (eggshell weight) และความหนาเปลือกไข่ (eggshell thickness) เมื่อครบสัปดาห์สุดท้าย (12) ของการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดไก่ทรีทเมนต์ละ 4 ตัว โดยเจาะเลือดไก่บริเวณปีก (wing vein) ตัวละ 2 มล. เพื่อนำมาวัด ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (hematocrit, Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (red blood cell; RBC) ค่าเม็ดเลือดขาว (white blood cell; WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล (heterophil, H) และลิมโฟซัยท์ (lymphocyte, L) เพื่อนำไปหาสัดส่วน H/L Ratio นำซีรั่มไปวิเคราะห์ ค่าคอเลสเตอรอล (cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โดยวิธี enzymatic colorimetric test (CHOD-PAP method)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ ด้วยวิธี Orthogonal Polynomial โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SAS V.9.0 (SAS, 2002)

ผลทดลองและวิจารณ์

ผลของการเสริมกากเม่าในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต

ผลของการเสริมกากเม่าในอาหารที่ระดับ 0 (ควบคุม) 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) พบว่าผลผลิตไข่ และจำนวนไข่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลองช่วงอายุ 21-32 สัปดาห์มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) แบบเป็นเส้นตรง (linear) ตามระดับการเสริมกากเม่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม (ควบคุม) โดยการเสริมกากเม่าที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด อย่างไรก็ตามน้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่กิน มวลไข่ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในแต่ละระยะของไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับงานทดลองของ

Table 1 Effects of Mao pomace supplementation in laying hens diet on egg production performance

Items	Control	Mao pomace (%)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Egg production (%)						
wk 21 to 24	92.32	92.59	94.11	1.461	0.410	0.734
wk 25 to 28	90.54	92.32	92.59	1.164	0.244	0.607
wk 29 to 32	89.93	91.43	91.79	0.588	0.053	0.449
wk 21 to 32	90.93[b]	92.11[ab]	92.83[a]	0.563	0.041	0.741
Egg weight (g)						
wk 21 to 24	54.27	53.54	54.46	0.559	0.820	0.261
wk 25 to 28	54.31	53.55	53.91	0.423	0.518	0.306
wk 29 to 32	54.37	53.55	53.80	0.460	0.403	0.367
wk 21 to 32	54.32	53.55	54.05	0.361	0.622	0.368
Feed intake (g/b/d)						
wk 21 to 24	108.48	108.46	108.99	1.926	0.858	0.911
wk 25 to 28	119.82	119.96	118.63	0.715	0.267	0.421
wk 29 to 32	120.89	119.17	119.11	0.603	0.065	0.289
wk 21 to 32	116.40	115.87	115.57	0.765	0.465	0.901
Egg mass (g/b/d)						
wk 21 to 24	50.10	49.57	51.24	0.901	0.395	0.342
wk 25 to 28	49.17	49.45	49.93	0.890	0.566	0.931
wk 29 to 32	48.92	48.96	49.38	0.513	0.522	0.776
wk 21 to 32	49.39	49.33	50.18	0.495	0.288	0.470
Feed conversion ratio						
wk 21 to 24	2.000	2.025	2.002	0.035	0.957	0.587
wk 25 to 28	2.206	2.241	2.201	0.026	0.889	0.271
wk 29 to 32	2.224	2.226	2.214	0.022	0.783	0.837
wk 21 to 32	2.143	2.164	2.139	0.020	0.878	0.377
Number of egg[1]						
wk 21 to 24	25.85	25.93	26.35	0.409	0.410	0.735
wk 25 to 28	25.35	25.85	25.93	0.326	0.244	0.608
wk 29 to 32	25.18	25.60	25.70	0.165	0.053	0.448
wk 21 to 32	25.46[b]	25.79[ab]	25.99[a]	0.157	0.040	0.739

[a-c] Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P<0.05$)

[1]Number of egg=(28 x Egg production)/100

ศรีสุดา และคณะ (2558) เสริมกากเม่าในอาหารเป็ดเนื้อเชอร์รี่ วัลเลย์ ในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เป็ดเนื้อมีสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด งานทดลองการเสริมกากเม่าในอาหารไก่ไข่ยังมีข้อมูลที่จำกัดและค่อนข้างน้อยมาก ผลของการเสริมกากเม่าในอาหารไก่ไข่ครั้งนี้สามารถเพิ่มผลผลิตไข่และจำนวนไข่ อาจเป็นผลมาจากสารประกอบฟีนอลิคที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรค (pathogenic bacteria)ในระบบทางเดินอาหาร และส่งผลดีต่อระบบการดูดซึมโภชนะไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกาย (McDougald *et al*., 2008) อย่างไรก็ตาม Kanber *et al*. (2015) เสริมกากองุ่น (grape pomace) ในระดับ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่าไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ น้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (P>0.05) ยกเว้นน้ำหนักไข่

ผลของการเสริมกากเม่าในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

ผลของการเสริมกากเม่าต่อคุณภาพไข่ (ตารางที่ 2) พบว่า กากเม่าไม่มีผลกระทบต่อค่า Haugh Unit คะแนนสีไข่แดง ความหนาของเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกไข่ (P>0.05) ยกเว้นค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ที่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในการทดลองสัปดาห์ที่ 21-24, 29-32 และตลอดระยะเวลาการทดลอง 21-32 สัปดาห์ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพไข่ ได้แก่ อายุการเก็บรักษาไข่ อายุไก่ โภชนะของอาหาร สภาพแวดล้อม และโรค (Farhad and Fariba, 2011) ค่าความถ่วงจำเพาะสามารถเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของเปลือกไข่ (egg shell quality) ความต้านทาน (shell strength) ของเปลือกไข่จากการกระแทกซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกร้าว (crack) ในระหว่างการขนส่งหรือการเคลื่อนย้าย ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะมีความสัมพันธ์กับความหนาของเปลือกไข่ และความพรุนของเปลือกไข่ มีประโยชน์อย่างมากในการสกัดกั้นการแทรกซึมของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ตลอดจนคุณภาพภายใน ช่วยรักษาคุณภาพไข่ไม่ให้เสื่อมเสียได้ง่าย และยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไข่ได้นานยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม Kanber *et al*. (2015) เสริมกากองุ่น (grape pomace) ในระดับ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่า ไม่มีผลผลต่อคุณภาพไข่ไก่สายพันธุ์ Bovans อายุ 80 สัปดาห์ และนอกจากนี้ Piyaphon *et al*. (2011) และ ภุชงค์ และไพโชค (2558) ได้รายงานว่าสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากกระเจี๊ยบแดงและใบมะรุม ผงไม่มีผลต่อคุณภาพไข่เช่นเดียวกัน

ผลของการเสริมกากเม่าในอาหารไก่ไข่ต่อค่าโลหิตวิทยา

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยาของเลือดไก่ไข่ (ตารางที่ 3) พบว่า การเสริมกากเม่าในอาหารมีผลทำให้ค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ค่าคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ลดลงแตกต่างกันในทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มความคุม เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าเม็ดเลือดขาว (WBC) ค่า H/L Ratio มีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีการยอมรับให้ใช้ค่า H/L Ratio เพื่อเป็นค่าชี้วัดความเครียดของสัตว์ปีก (Gross and Siegel, 1983) จะมีค่าสูงขึ้นตามระดับของความเครียดที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (McFarlane and Curtis, 1989) ซึ่งค่าปกติของสัตว์ปีกมีค่าระหว่าง 0.30-0.57 (Jain, 1993) การเลี้ยงไก่ในสภาพโรงเรือนเปิด ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เป็นสาเหตุของการเกิดความเครียดของไก่ได้ เมื่อไก่อยู่ในสภาวะที่เกิดความเครียดระดับของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) จะเพิ่มสูงขึ้น (Jain, 1993) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนนี้ส่งผลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล โดยเม็ดเลือดขาวชนิดนี้เมื่อเจริญเต็มที่จะถูกปลดปล่อยมาจากไขกระดูก (bone marrow) แล้วเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้น ในขณะที่เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟซัยท์จะลดปริมาณลง เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายกลับไปยังไขกระดูก และเนื้อเยื่อน้ำเหลือง (วิโรจน์, 2537) สอดคล้องกับ Altan *et al*. (2000) รายงานว่าสัตว์ที่อยู่ในสภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ช่วงแสง อายุ และน้ำหนักตัว จะมีการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) ไปกดภูมิคุ้มกันโรคของร่างกาย ทำให้ H/L Ratio เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Aengwanich and Suttajit (2010) เสริมสารโพลีฟีนอลิกระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถลดความเครียดที่เกิดจากความร้อน (heat stress) ลงได้

Table 2 Effects of Mao pomace supplementation in laying hens diet on egg quality

Items	Control	Mao pomace(%)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Haugh Unit						
wk 21 to 24	92.18	89.86	88.60	1.185	0.062	0.722
wk 25 to 28	92.68	94.75	93.16	1.405	0.815	0.314
wk 29 to 32	93.45	94.15	92.94	0.725	0.636	0.308
wk 21 to 32	92.77	92.92	91.57	0.591	0.184	0.326
Yolk color						
wk 21 to 24	13.00	12.81	13.00	0.065	1.000	0.040
wk 25 to 28	12.47	12.36	12.44	0.103	0.067	0.765
wk 29 to 32	11.97	11.89	11.92	0.124	0.760	0.725
wk 21 to 32	12.48	12.35	12.36	0.069	0.255	0.418
Eggshell thickness (mm)						
wk 21 to 24	0.348	0.350	0.338	0.008	0.787	0.990
wk 25 to 28	0.391	0.398	0.394	0.009	0.852	0.863
wk 29 to 32	0.371	0.373	0.370	0.006	0.977	0.854
wk 21 to 32	0.370	0.374	0.367	0.004	0.969	0.839
Specific gravity						
wk 21 to 24	1.081^{a}	1.071^{ab}	1.047^{b}	0.008	0.027	0.661
wk 25 to 28	1.062	1.044	1.043	0.007	0.080	0.323
wk 29 to 32	1.088^{a}	1.067^{ab}	1.047^{b}	0.009	0.009	0.973
wk 21 to 32	1.077^{a}	1.061^{b}	1.048^{c}	0.004	0.001	0.747
Yolk weight (g)						
wk 21 to 24	13.05	12.61	13.24	0.342	0.700	0.235
wk 25 to 28	14.85	14.57	13.97	0.272	0.048	0.642
wk 29 to 32	14.25	13.94	14.14	0.255	0.772	0.437
wk 21 to 32	14.05	13.71	13.78	0.220	0.417	0.451
Eggshell weigh (g)						
wk 21 to 24	6.56	6.82	6.60	0.137	0.842	0.188
wk 25 to 28	7.31	7.15	6.95	0.174	0.184	0.928
wk 29 to 32	6.99	6.84	6.95	0.194	0.901	0.598
wk 21 to 32	6.95	6.94	6.84	0.112	0.494	0.743

$^{a-c}$ Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P<0.05$)

Table 3 Effects of Mao pomace supplementation in laying hens diet on blood parameters

Items	Control	Mao pomace (%)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Hematocrit (%)	36.25[a]	30.00[b]	29.50[b]	1.884	0.011	0.149
Hemoglobin	12.33	12.53	14.24	0.649	0.067	0.367
RBC ($x10^6/mm^3$)	2.43	2.24	2.18	0.119	0.209	0.746
WBC ($x10^6/mm^3$)	16.25	16.02	15.20	612.315	0.256	0.699
Heterophil (%)	16.50	15.00	14.75	1.152	0.311	0.668
Lymphocyte (%)	83.50	85.00	85.25	1.152	0.311	0.668
H/L Ratio	0.198	0.178	0.173	0.016	0.315	0.723
Cholesterol (mg/dl)	326.00[a]	166.50[b]	280.75[a]	16.160	0.079	<.0001
Triglyceride (mg/dl)	2131.50[a]	1036.80[b]	2067.00[a]	189.715	<.0001	0.001

[a-c] Means with different superscripts within the same row differ significantly (P<0.05)

ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของไก่ปกติมีค่าระหว่าง 99.90-157.82 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร การเสริมกากเม่าสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้แตกต่างกันในทางสถิติแบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, P<0.05) ตามระดับการเสริม โดยการเสริมกากเม่าในระดับ 0.5% มีค่าคอเลสเตอรอลลดลงต่ำที่สุด การที่ระดับคอเลสเตอรอลลดลงเนื่องจากกากเม่ามีสารเคอร์ซิตินและแทนนินซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล คือ 3-hydroxy-3-methyl glutaryl CoA (HMG-CoA) reductase (Quresni *et al*., 1983) สารโพลีฟีนอลลิกช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลชนิด LDL และไตรกลีเซอไรด์ ช่วยเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิด HDL สอดคล้องกับงานทดลองของ Safdar *et al*. (2012) เสริมกากองุ่น (grape pomace) ระดับ 15% ในสูตรอาหาร สามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์ และคอเลสเตอรอลชนิด LDL และ HDL ในเลือดไก่เนื้อได้ กากเม่ายังประกอบด้วยสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase และ cholesterol acyltransferase (ACAT) ในขบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล และป้องกันการเกิดออกซิเดชันในร่างกายได้อีกด้วย (Bok *et al*., 2000; Kim *et al*., 2004)

สรุป

การเสริมกากเม่าที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ และจำนวนไข่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linear) ตามระดับของการเสริม และมีแนวโน้มเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มคุณภาพไข่ ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะของไข่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และมีแนวโน้มในการเพิ่ม Haugh Unit น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกไข่ นอกจากนี้ยังลดระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอรไรด์ และมีแนวโน้มลดค่าสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ (H/L Ratio) ในเลือดไก่ไข่ ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไก่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตไข่คอเลสเตอรอลต่ำได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หจก.สร้างค้อไวน์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กากเม่า และสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเลี้ยงสัตว์และวิเคราะห์คุณภาพไข่

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ ศศิพันธ์ วงศ์-สุทธาวาส เสมอใจ บุรีนอก ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว สุขสันต์ พิมพ์ชัย และธนภูมิ บุญมี. 2550. การศึกษาการใช้กากเม่าสดเป็นสารเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกรพื้นเมือง. รายงานการวิจัย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

ลือชัย บุตคุป. 2551. การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเม่าหลวงสายพันธุ์ทางการค้าจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เพื่อการผลิตเครื่องดื่มและไวน์แดง. วิทยานิพนธ์ปรัญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ภุชงค์ วีรดิษฐกิจ และไพโชค ปัญจะ. 2558. อิทธิพลของการเสริมใบมะรุมผงในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23(2): 293-305.

วิโรจน์ จันทร์รัตน์. 2537. กายวิภาคและสรีรวิทยาสัตว์ปีก. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

วรรณพร ทะพิงค์แก. 2557. ทางเลือกในการทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตสำหรับปศุสัตว์. วารสารเกษตร. 30(2): 201-212.

ศิริพร สารคล่อง. 2547. การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกเม่าหลวงกับพืชเศรษฐกิจอื่นในจังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 122 หน้า.

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล พงศธร กุนัน เกศรา อำพาภรณ์ ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว และชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร. 2558. ผลการเสริมกากเม่าในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของเป็ดเนื้อเชอรี่วัลเลย์. แก่นเกษตร 43. ฉบับพิเศษ 1. หน้า 386-391.

Aengwanich, W. and M. Suttajit. 2010. Effect of polyphenols extracted from tamarind (*tamarindus Indica* L.) seed coat on physiological changes, heterophill/lymphocyte ratio, oxidative stress and body weight in broilers (Gallus domesticus under chronic heat stress. Animal Science Journal 81: 264-270

Altan, O., A. Altan, M. Cabuk and H. Bayraktar. 2000. Effect of heat stress on some blood parameter in broiler. Turkish Journal Veterinary and Animal Science. 24: 145-148.

Akbari, M. and M. Torki. 2013. Effects of dietary chromium picolinate and peppermint essential oil on growth performance and blood biochemical parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. International Journal of Biometeorology 1383-1391.

Bok, S. H., Y. W. Shin, K. H. Bae, T. S. Jeong, Y. K. Kwon, Y. B. Park and M. S. Choi. 2000. Effects of naringenin and lovastatin on plasma and hepatic lipids in high fat and high-cholesterol fed rat. Nutrition Research. 20(7): 1007-1015.

Farhad, A. and F. Rahimi. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: A review. World Applied Science Journal 12(3): 372-384.

Gross, W. B. and H. S. Seigel. 1986. Effects of initial and second period of fasting on heterophil/lymphocyte ratio and body weight. Avian Diseases. 30: 345-346.

Jain, N.C. 1993. Essential of Veterinary Hematology. 1st ed. Philadelphia, USA. Lea and Febiger. pp.133-168

Kanber, K., B. Kocaoglu, E. Baytok and M. Senturk. 2015. Effects of grape pomace supplementation to laying hen diet on performance, egg quality, egg lipid peroxidation and some biochemical parameters. Journal of Applied Animal Research 44(1): 303-310.

Kim, H. J., G. T. Oh, Y. B. Park, M. K. Lee, H. J. Seo and M. S. Choi. 2004. Naringin alters the cholesterol biosynthesis and antioxidant enzyme activities in LDL receptor-knockout mice under cholesterol fed condition. Life Science 74(13): 1621-1634.

McDougald, L. R., C. Hofacre, G. Mathis, L. Fuller, J. L. Hargrove, P. Greenspan and D. K. Hartle. 2008. Enhancement of resistance to coccidiosis andnecrotic enteritis in broiler chickens by dietary muscadine pomace. Avian Diseases 52: 646-651.

McFarlane, J. M. and S. E. Curtis. 1989. Multiple concurrent stressors in chickens. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil:lymphocyte ratio. Poultry Science 68: 522-527.

Piyaphon S., K. Angkanaporn and S. Kijparkorn. 2011. Effect of Roselle (*Hibiscus sabdariffa linn*.) calyx in laying hen diet on egg production performance, egg quality and TBARS value in plasma and yolk. The Thai Journal of Veterinary Medicine 41(3): 337-344.

Puangpronpitag, D., P. Areejitranusorn, P. Boonsiri, M. Suttajit and P. Yongvanit. 2008. Antioxidant activities of polyphenolic compounds isolated from *Antidesma thwaitesianum* Mull. Arg. Seeds and marcs. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition 43(Suppl. 1): 533-538.

Qureshi, A. A., Z. Z. Din, N. Abuirmeileh, W. C. Burger, Y. Ahmad and C. E. Elson. 1983. Suppression of avian hepatic lipid metabolism by solvent extracts: impact on serum lipids. Journal of Nutrition 113: 1746-1755.

Safdar, D., S. A. Tabeidian, M. Toghyani, R. Jahanian and F. Behnamnejad. 2012. Effect of different levels of grape pomace on blood serum biochemical parameters broiler chicks at 29 and 49 days of age. The 1st International and the 4th National Congress on Recycling, 26-27 April 2012 in Isfahan, Iran.

SAS Institute. 2002. SAS user's guide. Version 9.0 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Thompson, B. K. and R. M. G. Hamilton. 1982. Comparison of the precision and accuracy of flotation andarachimeds methods for measuring the specific gravity of egg. Poultry Science 61:1599-1605.

Utilization of Maize Animal Feeds in Northern Upland Region of Vietnam

การใช้ประโยชน์ข้าวโพดด้านอาหารสัตว์ในพื้นที่สูงเขตภาคเหนือของประเทศเวียตนาม

Tran Quang Hung[1/], Tran Thi Nang Thu[2/] and Mintra Seel-audom[1/*]

Tran Quang Hung[1/], Tran Thi Nang Thu[2/] **และมินตรา ศีลอุดม**[1/*]

[1/]Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200, Thailand

[1/]ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

**Corresponding author: Email: mantra.s@cmu.ac.th*

(Received: 6 June 2015; Accepted: 14 September 2015)

บทคัดย่อ: ในประเทศเวียตนามข้าวโพด (*Zea Mays* Linnaeus) จัดเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองรองจากข้าว ซึ่งมีการผลิตในหกภูมิภาคเกษตรกรรมหลักที่สำคัญอันได้แก่ ภูมิภาคพื้นที่สูงทางตอนเหนือของประเทศ สามเหลี่ยมปากแม่น้ำแดง ภูมิภาคชายฝั่งตอนกลางภูมิภาคที่ราบสูงตอนกลางภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้และสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง โดยที่พื้นที่สูงเขตภาคเหนือของประเทศเป็นแหล่งผลิตข้าวโพดชั้นนำมีผลผลิตสูงถึง 1,844,000 ตัน ในขณะที่ผลผลิตทั่วทั้งประเทศในปี 2012 มีอยู่ที่ 4,973,600 ตัน จากผลผลิตข้าวโพดดังกล่าวไม่เพียงส่งผลต่อการบริโภคและการดำรงชีวิตของประชากรหากแต่ยังใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศเวียตนามด้วย โดยเมื่อไม่นานมานี้มีการศึกษาจำนวนมากที่มุ่งเน้นการแสวงหา และการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น ข้าวโพด เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยจากผลการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาย่อมเยา โดยบทความนี้จะรวบรวมงานวิจัยและการศึกษาต่าง ๆ ที่ครอบคลุมเกี่ยวกับผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่สูงเขตภาคเหนือของประเทศเวียตนาม ต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารสัตว์

คำสำคัญ: ข้าวโพด การใช้ประโยชน์ อาหารสัตว์ พื้นที่สูงเขตภาคเหนือของประเทศเวียตนาม

Abstract: In Vietnam, maize (*Zea mays*Linnaeus) is the second most important food crop, following to rice. It is produced in six major agro-ecological regions, including the northern upland region, Red river delta, central coast region, central highland region, south-eastern region, and the Mekong river delta.The Northern upland region ranks the top corn producers over the country, reaching 1,844,000 tons among 4,973,600 tons nationwide production in 2012. Maize not only contributes to local human subsistence, but also used as feedstuff in Vietnam livestock industry. Recently, many studies have focussed on investigating utilization of locally available ingredients, in general and maize in particular in animal feed. It has been concluded that these feedstuffs are very feasible due to their availability and cheapness.The review presents comprehensive on maize production in Northern upland region of Vietnam and its use in animal feeds.

Keywords: Maize (*Zea mays* Linnaeus), utilization, animal feed, northern upland region of Vietnam

Introduction

Vietnam, a tropical country in Southeast Asia, has a total land area of 331,700 km^2 and a long coastline of 3,260 km, with over 70% of areas less than 500 m above sea level (masl), and three quarters mountains, hills covered. The Northern Upland region of Vietnam, among poorest region over the country, is characterized by hilly location, poor infrastructure, low population density, high share of ethnic minorities, less urbanized and largely dependent on agriculture activities. Regarding agriculture products, maize is the second most important food crop, next to rice in the region (Gerpacio, 2001; Ha *et al.,* 2004). Maize is mostly produced in the region, reaching 1,844,000 tons (national production, 4,973,600 tons), covering an area of 502,000 ha (GSO, 2012). This crop product plays an important role in farm household economy as food and in animal feed (Dao *et al.,* 2002; Ha *et al.,* 2004).

With regard to farmers' subsistence, maize used to be main food in human diets, substituting rice at former stage (rice deficiency), especially for ethnic minorities in Northern upland region (Ha *et al.,* 2004). As Vietnam becomes one of the world top rice exporters, the situationis now considered as a temporary strategy that households turn to only in times of emergency (Bonnin and Turner, 2012). Maize, with latter regard, is cultivated rather than subsistence, many of that (62.2% total products) are sold to market after harvesting and used as ingredient for animal feed in low land (Tuan, 2010). Moreover, among 37.2% total un-sold products the use for feed industry dominates (28.5%), only 9.3% is of human consumption and seed reservation (Ha *et al.,* 2004). Maize grain is well-known for being important and basis source of energy in animal feed (Law, 1986; Kim *et al.,* 2009; Tuan, 2010). As livestock sector is projected to increase, the demand for maize and other local ingredients will follow that trend, especially for the rise of aquaculture (fisheries sector) which is recently grown dramatically and significantly contributes to worldwide food security and famers' income generation in the region (FAO, 2005; Steinbronn, 2009).The aim of this study is to review, i) researches on corn meal composition and ii) use of corn meal in Northern upland region of Vietnam in livestock feeds.

Study area and chemical analysis

The sample of corn meal was collected from Thai Nguyen province, Northeast of Vietnam (Figure 1). The location is in the monsoon tropical climate zone with two distinct seasons, rainy season (May to October; annual average temperature of 27-29°C) and dry (November to April; annual average temperature of 16-20°C) (Anh *et al.,* 2011).

Maize meal of about 200-300g was purchased at Thai Nguyen Central market, Thai Nguyen province, Vietnam and analyzed for chemical composition, dry matter (DM), crude protein (CP), crude lipid (CL), ash, crude fiber and gross energy, at Central Laboratory, Faculty of Animal Science, Vietnam National University of Agriculture, Vietnam. These data create basic knowledge for further experiments.

These chemical analyses base on standard method of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995)was determined by using 5g sample and stored in oven at 105°C for 24h for moisture. CP (N x 6.25) by measuring nitrogen by the Kjeldahl method, CL by ether extraction using the Soxhlet method, ash by heating at 550°C for 24 h in a muffle furnace, GE by using an automatic Parr 1281 oxygen bomb Calorimeter. The crude fiber was determined by the Weende method (James, 1995).

Maize cultivation in northern upland region of Vietnam: Areas and production

This region has 14 provinces, including Ha Giang, Cao Bang, Lao Cai, Bac Kan, Lang Son, Tuyen Quang, Yen Bai, Thai Nguyen, Phu Tho, Bac Giang, Lai Chau, Dien Bien, Son La, and Hoa Binh

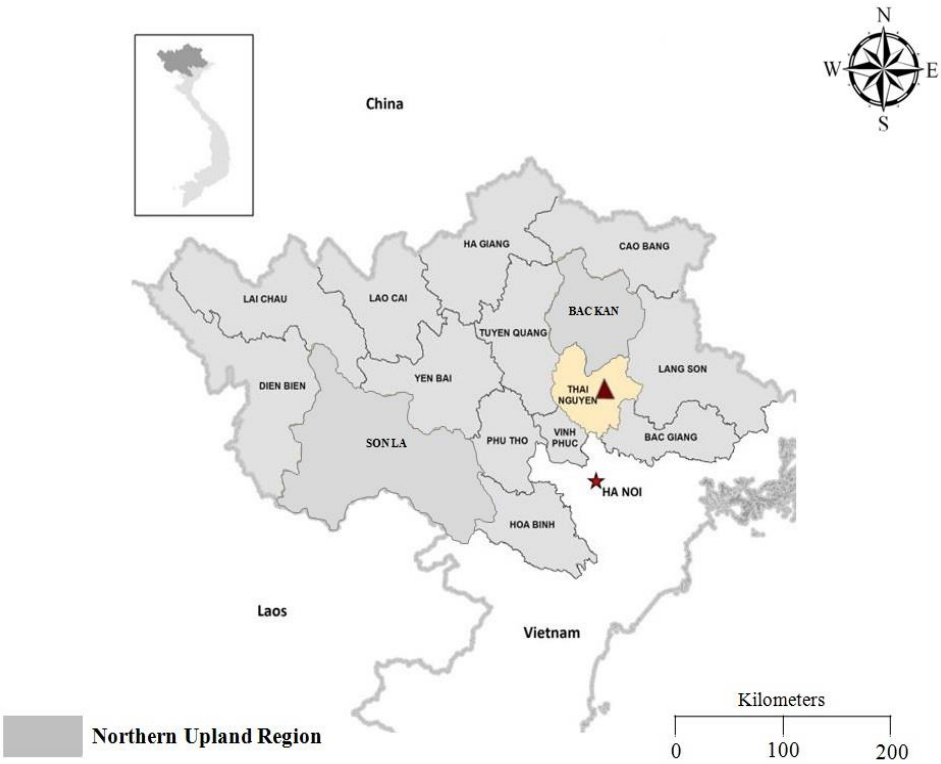

Figure 1 Northern upland region and Thai Nguyen province, Vietnam

Source: Map of Northern upland region by ICEM (2015) (modified)

(Figure 1), where most of Vietnam's maize production are provided. The region consists of two sub-regions, the northwest region is highland and mountainous (700 to above 2,000 masl), the northeast region includes either upland or lowland areas (400 to 500 masl) (Thao, 1997).

Maize is mainly cultivated in rain-fed conditions and in areas closely open to irrigation systems. In the Northern upland, annual single maize crop is commonly found in, whereas the double are most available in the upland of northeast (Ha *et al*., 2004; Keil *et al*., 2008). Having largest area of maize cultivation among country (region/nation: 502,000/1,156,000 ha), the region produces dominantly corn grain compared to other regions and become largest corn producers (1,844,000 tons). Son La, Ha Giang, and Hoa Binh are among the most three corn contributors, reaching 667,300, 168,700, and 143,800 tons, respectively. Although the average maize yield in region is slightly lower than that of national level (4.30 tons/ha), Lang Son and Phu Tho province however surpass that level (4.76 and 4.55 tons/ha, respectively) (Table 1).

Thai Nguyen province is a midland location, connecting upland and low land province in northern of Vietnam. Maize, the third most important field crop, ranking behind rice, tea, is cultivated in an area of 17,900 ha, with production of 76,400 tons in 2012 (ranking eighth in Northern upland region). The yield of corn is reported at relatively high value (4.27 tons/ha), marginally reaches national level (Table 1). The maize yield depends on many factors, in which fertilizers, maize cultivars, plant protection solutions, and mechanization are mainly considered. It was reported that these factors contribute to 40, 30, 20, and 10%, respectively to maize yield in China, however the first is estimated to surpass 40% in Vietnam (Feng, 2012; Bo, 2013). In addition, weed

Table 1 Areas (1,000 ha) and production (1,000 tons) of maize Northern upland region of Vietnam

Provinces	Areas (*1,000 ha*)	Production (*1,000 tons*)	Yield (*tons/ha*)
Country	1156.60	4973.60	4.30
Region	*502.00*	*1,844.0*	*3.67*
Ha Giang	52.50	168.7	3.21
Cao Bang	39.30	127.0	3.23
Bac Can	16.50	61.8	3.75
Tuyen Quang	14.10	60.4	4.28
Lao Cai	33.70	115.6	3.43
Yen Bai	24.70	75.5	3.06
Thai Nguyen	17.90	76.4	4.27
Lang Son	21.80	103.8	4.76
Bac Giang	8.60	33.6	3.91
Phu Tho	17.40	79.1	4.55
Dien Bien	29.20	71.6	2.45
Lai Chau	21.40	59.4	2.78
Son La	168.70	667.3	3.96
Hoa Binh	36.20	143.8	3.97

management regimes also contributes to variation on maize yield. Pornchai (1998) reported that hand weeding 1 time at 15 days after planting could increase yield of corn 29.0% when compared to non weeding plot, that at 30 days and 45 days gave higher yield of 63.0% and 75.8%, respectively. The application of pre-emergence herbicide propisochlor (2-chloro-N-(isopropoxy methyl-N-(2-ethyl-6-methylpheny1)-acetame) 172.8 g ai/rai provided 37.1% higher yield of corn. The application of propisochlor and following with hand weeding at 45 days after planting was able to increase yield 57.2%. The application of propisochlor as preemergence herbicide and following with non-selective postemergence herbicide paraquat (1, 11-dimethyl-4,4/-bipyridinium ion) 1 10.4 g ai/rai at 45 days after planting could increase yield up to 45.9%.

Chemical, physiological and other properties

Maize grain meal originated from various locations in Northern upland region is studied chemical composition. It is reported that this product is similar in quality to that from other countries and this is not only a source of carbohydrate but also a good supplemental protein source (Khoi *et al*., 1987; Tuan, 2010).

Data on chemical composition of corn meal sampled in Thai Nguyen is present in table 2. In details, the dry matter, crude protein, crude lipid, crude fiber, ash (%) and gross energy (Mj/kg) are 89.58, 9.45, 4.29, 1.94, 1.91% and 20.10 Mj/kg, respectively (Hung *et al*., 2015a,b).

It is apparent that dry matter, crude protein and gross energy of corn meal are in good similarity, while there are slightly differences on crude lipid, crude fiber and ash content, among researches.

Glencross *et al.* (2007) and Amin (2011) stated that environment factors such as temperature, soil, water, site and season; as well as species of origin, genotype or cultivar can induce substantial variation in nutrient parameters. These can be easily seen with maize grown in Northern upland region of Vietnam. In details, the region consists of two sub-regions, northern-west and northern-east which largely differentiate by height (masl), rainfall, and average temperature (700-2000 masl; 2000 mm; 23 ^{o}C and 400-500 masl; 1800mm; 23.4 ^{o}C, respectively). Moreover, types of soil significantly vary between agro-ecologies in the region, while northern upland soils includes humicgray soil (*humicacrisols*), red-yellow humic soil (*humicferrasols*), gray soil (*ferralicacrisols*), alluvium soil (*eutricfluvisols*) and new alluvial soil (*dystricfluvisols*) along rivers and creeks, and brown-red soil on limestone (*luriccalcisols*), alluvium soil (*eutricfluvisols*) is commonly found in the northern lowland agro-ecological zone (Ha *et al.,* 2004). On the other hand, each type of soil will benefit specific maize type and requires certain fertilizers. In Vietnam, there are currently various maize cultivars, including long-duration growth and mediate-early mediate growth group, each is characterized by its own chemical compositions. This effect was also found in Lupin species of *Lupinusangustifolius* (Glencross *et al.,* 2003). Fertilizer is one of main factor driven to yield, growth (Amnuaysilpa and Surasak, 1990; Suksri, 1992; Saowakon and Sasithorn, 2011) as well as a part to maize composition, it was reported that fertilizer input (nitrogen) had significant effect on seed protein content of maize (Amin, 2011; Bo, 2013; Safari *et al.,* 2014). In the region, farmers often apply inorganic fertilizers (NPK, urea) with a quantity of 190kg/ha, and the ratio of N:P:K is 1:0.51:0.39 (Bo, 2013).

In addition to the difference on chemical composition of corn meal, its process technology,

any physical process (i.e. heat, grinding, and extraction) will affect the value of an ingredient (Glencross *et al*., 2007).

The high ash and fiber content observed on table 2, could have negative on apparent digestibility of dry matter and ash on fish (Masagounder *et al.,* 2009)

Compared to other cereal grains, corn is lower in protein and slightly higher in energy. The protein in corn is approximately 55 to 60% escape or bypass protein (protein that is not fermented or degraded by the ruminal microorganisms, but is digested and absorbed by the animal in the small intestine). The remaining 40 to 45% of the protein in corn is rumen-degradable protein (Ruminal microorganisms require rumen-degradable protein for use in growth and protein synthesis). Corn contains approximately 70 % starch on a dry-matter basis (NRC,1993). Like all among cereal, corn is low in calcium and relatively high in phosphorus. Diets containing high levels of corn should include a supplemental calcium source, such as limestone, to prevent urinary calculi. The recommended calcium to phosphorus ratio in animal diets is a minimum of 2-to-1 (NRC, 1993).

In term of amino acid (Table 3), maize is limited as a feed ingredient owing to the deficiency of some essential amino acids compared with other grains and oilseeds, and in fish diets lacking protein ingredients produced from fish or animal/poultry byproducts, lysine is nearly always the first limiting amino acid (Gatlin *et al.,* 2007). However, Tuan (2010) found that some ofthe normally most deficient amino acids such as lysine, cystine and methionine were richer in Son La maize than those reported by Khoi *et al.* (1987) for some maize cultivars in Northern of Vietnam. The difference on amino acid could be linked to some mutant maize in compared with normal cultivars. For example, a mutant maize, “opaque-2” produces kernels containing the same amount of crude protein but with nearly twice the amount of lysine and higher tryptophan levels relative to common maize types, and QPM cultivar with superior biological protein value that is about

Table 2 Chemical composition (%), gross energy (Mj/kg) of maize meal derived from various sources

	Northern Upland region						Mekong Delta[7]	NRC[8]
	Thai Nguyen[1]	*Son La*[2]	*Son La*[3]	*Northern region*[4]	*Son La*[5]	*Northern region*[6]		
Dry matter	89.58	88.2	-	87.91	86.9	-	-	88.0
Crude protein	9.45	9.1	10.9	10.32	11.8	10.74	8.7	8.5
Crude lipid	4.29	4.8	6.5	3.71	-	-	2.7	3.6
Crude fiber	1.94	-	-	3.16	-	-	-	-
NDF[9]	-	-	13.6	-	-	-	15.3	-
ADF[10]	-	-	3.7	-	-	-	-	-
ADL[11]	-	-	0.3	-	-	-	-	-
Ash	1.91	7.9	1.4	2.16	-	-	4.8	1.3
Gross energy	20.10	-	20.9	17.85	21.2	-	15.9	-

Source: [1]Hung *et al*. (2015a,b), [2]Thu (2012), [3]Tuan (2010), [4]Son *et al*. (2009) value in average, [5]Steinbronn (2009) [6]Khoi *et al*. (1987), [7]Da *et al*. (2012), [8]NRC (1993), [9]NDF neutral detergent fibre, [10]ADF acid detergent fibre, [11]ADL acid detergent lignin

Table 3 Amino acid profiles (g/100g protein) of maize meal (MM) reported by some authors

	MM[1]	MM[2]			MM[3]						
		Normal	*Opaque-2*	*QPM*[a]	*Cuc*	*Nep hoa*	*Nep Vang*	*Gie*	*NN2*	*2A*	*Opaque-2*
Total protein	10.9	9.1	8.9	9.8	11.2	10.5	8.4	12.9	12.1	9.7	10.4
Arginine	4.95	5.60	6.62	6.73	3.0	2.80	3.80	3.50	2.10	2.60	1.10
Histidine	2.11	3.07	3.84	3.77	2.50	1.50	2.00	2.80	1.50	1.70	3.00
Isoleucine	3.21	3.76	3.37	3.26	-	-	-	-	-	-	-
Leucine	8.81	12.52	8.98	9.28	17.05	16.31	15.01	16.00	17.00	16.10	15.82
Lysine	3.85	3.40	4.49	4.08	1.70	1.90	2.50	2.00	1.90	1.70	2.80
Methionine	1.83	1.73	1.57	1.73	1.90	2.35	2.00	2.00	1.50	2.21	2.75
Phenylalanine	4.04	5.16	4.38	4.18	3.90	5.11	4.08	4.67	4.00	5.00	5.12
Threonine	3.59	3.84	3.59	3.67	3.50	3.00	3.50	3.91	2.90	3.70	3.90
Tryptophan	0.83	0.59	0.73	0.75	0.57	0.64	0.51	0.41	0.52	0.60	0.47
Valine	4.40	5.05	5.39	5.30	5.30	4.50	4.80	5.00	4.20	4.20	4.50

[1]Tuan (2010), [2]Nuss and Tanumihardjo (2010), [3]Khoi *et al*. (1987), [a]Quality protein maize

90% versus 40% in common maize (Nuss and Tanumihardjo, 2010).

Typical yellow maize contains many important vitamins with the notable exception of vitamin B-12. Vitamin A, as provitamin A carotenoids, and vitamin E, as tocopherols, are the predominant fat-soluble vitamins found in maize kernels (Table 4). Both carotenoids and tocopherols play important roles as antioxidants among other functions (Kurilich and Juvik, 1999; Nuss and Tanumihardjo, 2010).

About 80% of the kernel's minerals is contained in germ and less than 1% of that is distributed in the endosperm (Table 5). Phosphorus, potassium, and magnesium are the most prevalent minerals found in maize, providing nearly 85% of kernel mineral content (Miller, 1958). The 4th most abundant element is sulfur, mostly present in an organic form as a constituent of methionine and cystine (Watson, 1987). Zinc levels average 20 μg/g, 30% of which resides in the kernel endosperm. Total calcium and iron levels are negligible and the concentrated germ phytate levels retard the bioavailability of these minerals. Significant genotypic variation has been observed for iron and zinc concentrations in maize inbred grown at various latitudes. Zinc concentrations ranged from 12 to 96 μg/g and iron14 to 159 μg/g, with higher mineral levels associated with higher growing latitudes. Other trace minerals include manganese, copper, selenium, and iodine (Nuss and Tanumihardjo, 2010).

Up to date, little is known about vitamin and minerals contained in maize in upland Northern of Vietnam. Inclusion of maize in animal and aquatic

Table 4 Average percent (ranges) of total major carotenoid and tocopherol fractions in 10 corn inbred

Carotenoids		Vitamin E	
Total carotenoids (μg/g)	31.5 (0.09 to 72)	Total tocopherols (μg/g)	548.3 (282 to 1016)
	% total		% total
Carotenes	27 (8.6 to 67.3)	α-tocopherol	24 (2.5 to 42.3)
Cryptoxanthin	10 (4.7 to 22.1)	α-tocotrienol	13 (4.3 to 22.4)
Lutein	41 (10.9 to 64.2)	γ-tocopherol	47 (25.8 to 82.6)
Zeaxanthin	22 (5.8 to 68.3)	γ-tocotrienol	16 (5.1 to 28.4)

Source: adapted from Weber (1987).

Table 5 Proximate chemical analysis of the main parts of maize kernels (%)

Chemical component	Pericarp	Endosperm	Germ
Protein	3.7	8	18.4
Ether extract	1	0.8	33.2
Crude fiber	86.7	2.7	8.8
Ash	0.8	0.3	10.5
Starch	7.3	87.6	8.3
Sugar	0.34	0.62	10.8

Source: Watson (1987) and (FAO 1992), cited by Nuss and Tanumihardjo (2010)

diets aims to provide cheap carbohydrate component.

Bioactive compounds in and nutritional limitations of maize

Corn products contain xanthophylls, a group of yellow carotenoid pigments, and pigment levels are concentrated in corn gluten meal compared with the xanthophyll content of ground corn. Rainbow trout fed diets containing corn gluten meal deposit xanthophyll pigments in the muscle tissue, resulting in a yellow colour in fillets (Gatlin *et al*., 2007)

Phytic acid (PA), myoinositolhexa phosphate, is a naturally occurring compound in maize that makes up 1.5% kernel and 60% to 90% kernel phosphate (Lott *et al*., 2000; Bohn *et al*., 2008). Although PA is essential for kernel germination and phosphate storage, it can adversely affect the bioavailability of kernel minerals essential for human health and animal (Raboy, 2003).

In addition to PA chelation, dietary fiber also contributes to low iron bioavailability in maize. High intakes of organic acids, such as ascorbic and citric acids, in concordance with high-fiber-wholegrain maize meal (3 mg iron/100 g) increases iron bioavailability by curtailing iron's binding affinity to intrinsic kernel fibers in human and animals (Reinhold *et al*., 1981).

PA can be treated with phytase enzyme to improve the use of plant ingredient in animal feed, for example in rainbow trout, the phytase supplemental

increases total phosphorus digestibility of canola meal from 12% to 42% (Cheng and Hardy, 2002). However, PA is not considered as really serious challenge in maize meal (Gatlin *at al.,* 2007). In comparison with other locally available ingredient in Northern upland region of Vietnam, maize meal has much lower in fiber content (1.94% verse 13.26% (rice bran)) (Hung *et al*., 2005a,b).

Use of maize in animal feeds in Northern upland region of Vietnam

Maize is cultivated in a wide area of 502,000 ha, constituting about 45% total nationwide maize area. Its plant and grain is a suitable source as forage for livestock in the region. Reportedly, maize crop of one hectare produces 15 tons trunk, excluding corncob (Tuan *et al.,* 2008). This is commonly served as forage for local ruminant through the year, especially in winter seasons to solve feed shortage problems during this period (Huyen *et al.,* 2010). The ration used varies between sub-regions, about 72.78% and 21.80% total trunk in Northern-west and Northern, respectively (Tuan *et al*.,2008). The crop is known as palatability and relatively high nutritive value (Dongmeza *et al*., 2009; Dongmeza *et al*., 2010; Amin, 2011). Moreover, maize is commonly used as fodder stover or silage for livestock (Christopher *et al*., 1966). The use of maize fodder is found in the semi-arid and also in some locations where maize have not readily reached mature stage (John and Warren, 1967). The use of this plant, mainly leaves, is also applicable to pond aquaculture, i.e. grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). It is known that maize leaves account for 8.4% of the total nitrogen (protein) input to the ponds in the region. It contains high ash content (11.01%), low acid insoluble ash proportion (6.35%), and is considered as potentially good source of minerals for fish (Dongmeza *et al*., 2009, 2010). In fresh type, maize leaves could support the growth of *C. idella* (Dongmeza *et al*., 2010). Therefore, this becomes the most important plant-derived feedstuff, in addition to banana, cassava (Pucher *et al*., 2013). It is however recommended to avoid feeding dried maize leaves to fish, because this feed results in a slow growth of fish, use of this could rather come to other animals (ruminants) (Dongmeza *et al*., 2010).

In Vietnam, maize has been increasingly used in commercial diets of poultry and pigs since period 1980 - 1990, when rice production fully met domestic demand. Since 1990, the animal husbandry sector has grown quickly and the demand for maize as animal feed has been steadily increased (Minh *et al*., 2004; Dao *et al*., 2005; Thanh and Neefjes, 2005). In particular, the share of maize produced on-farm for feeding livestock increased from 39% in 1993 to 55% in 1998, and for the poorest 20% of maize growers this share increased from 26% in 1993 to 46% in 1998. The investments of big animal feed companies in processing facilities in Vietnam strongly stimulated maize demand (Dao *et al*., 2005). Main of domestic maize production is originated from Northern upland region of Vietnam (accounting for approximate 37% total national maize production) (GSO, 2012). Maize as feedstuff has been widely used in many animal feeds. Local people in Vinh Phuc province (northeast area) was employed maize trunk, including fresh and fermented type as feed for cattle and dairy cow due to these forages were locally abundant (production of 15,331 tons, covering a total cultivation area of 3,407 ha in 2002) (Tuan and Trach, 2003). Moreover, nutrients of maize stover could be improved by urea (3%) application when feed to cow gilts, as well as this treatment might save feed cost and help local

farmers to overcome the feed shortage in winter (December to March) (Martin *et al*., 2004; Tuan and Son, 2004).

In addition to maize plant forage, maize meal has been studied in animal feeds and in formulation of some animal feeds, maize are included at high levels. For example, in the experiment to determine suitable energy and protein levels for weaned pigs, the content of maize meal was largely varied, ranging 47.6 - 62.3% (Hong *et al*., 2003). In another experiment on pig, inclusion of 22.5% maize meal (cooked and fermentable incubated types) was observed (Mui, 2006). Eleven maize cultivars originated from northern of Vietnam were collected and determined chemical composition and metabolized energy (ME) in poultry by direct method. These included Bioseed 9723, Bioseed 9681, Bioseed 989, DK 888, LCH 9, LVN4, LVN10, Q2, Pacific 11, Pacific 60 and Silidim which were cultivated in northern area and some were used in feed industrial mills in Vietnam. It was concluded that different maize varieties had their different chemical composition and the ME used by poultry ranged 3375 – 3895 kcal/kg (dry matter) (Son *et al*., 2009). Huyen *et al*. (2012) conducted trials on local yellow cattle by testing four different feeding regimes. The results indicated that fixed ration feeding included maize meal (5 kg natural grass, 1 kg maize meal, and urea-treated rice straw *ad lib*.) could be profitable for large farmed yellow cattle in term of growth and net benefit.

In maize mill process industry, a large amount of residue are found and considered as potential feedstuff for animal farming industry. However, the use of these, so far, has not been reported in Vietnam. In Thailand, this is relative nutritive due to high level of nutrients (88.13% DM, 10.93% CP, 12.52% CF, 4.59% EE, 3.54% Ash, 57.79% NDF, 15.26% ADF, and 7.86% ADL) and included in diets for beef cattle at levels of 0, 20, 40 and 60% (Surapun and Choke, 2013).

Furthermore to leaves, maize meal is commonly fed to fish in small-scale pond farming. It is an important feed ingredient in aquaculture sector and provides valuable carbohydrate and energy sources for non-carnivorous feeding species. The incorporation level of maize meal in aquatic animal diets largely depends on processed products and targeted fish species. It can be incorporated in omnivore's feeds at 30 % corn meal and about 60 % maize bran (Chiou and Ogino, 1975; Law, 1986; Hertrampf and Piedad-Pascual, 2000) and up to 67% cooked grain in Central Vietnam (Tram, 2010).

Maize is conventionally cultivated over the hillsides, and considered the main rain-fed crops with cash generation, the majority of the harvested products, grains (62.2%) are traded to the lowlands through local traders for the animal food processing aims (Ha *et al.,* 2004; Steinbronn, 2009). The rest of 37.8% is stored mainly for livestock feed (28.5%), following by for human diets (9.0%) and for seed (0.3%) (out of the 37.8%).

In regard to forage, maize powder is used as instant feed for fish pond, dried spindles is occasionally served as firewood, and green spindles are fed to ruminant, moreover chickens and ducks are additionally fed maize and other feedstuffs, such as paddy, rice bran, cassava root fractions (Pucher *et al*., 2013). In some locations of Northwest, corn meal is used as additional concentrated feed, in supplementation with premix, for cattle in large farms (Huyen *et al*., 2010). The utilization of local maize meal in diets for fish in the region has been studied by some authors, Hung *et al*. (2015a) tested growth performance and feed utilization of black carp (*Mylopharyngodon piceus*), a high economic and

nutrient value fish in the region, fed diets consisting of different inclusion levels of maize meal, the result showed that 20% maize meal in diet is the most suitable for black carp. This level is lower than mentioned that in omnivorous and herbivorous fish, because these species could use carbohydrate in maize better than in black carp, a carnivorous fish (NRC, 2011). Thu (2012) and Tuan (2010) confirmed this view. The former author found that maize meal derived from Son La province (in the Northern west) was well digested by grass carp for dry matter (88.96%), protein (84.89%), lipid (80.6%), while the latter author indicated that the incorporation level of that ranged from 15 - 50.3% in common carp diets formulated from locally ingredients. Although experimental parameters of fish fed these diets were not superior compared with fish meal base diet, the higher profit (feed cost per fish production (kg)) was confirmed. These views indicate that using local maize in diets for fish seems to be the most feasible due to their availability and cheapness. Maize meal like other cereals contains high content of carbohydrate, which is not well digested by carnivorous fish (NRC, 2011). Hung *et al*. (2015b) confirmed this view, authors found that the ability of black carp for corn meal nutrient digestions is relatively lower than that of grass carp reported by Thu (2012). To increase the digestibility of this nutrient, the simple cook is applied. Robinson *et al*. (2001) found that catfish can digest about 65% of uncooked maize starch when fed a diet containing 30% maize, while cooking increases the digestibility of maize starch to about 78%. Moreover, the extrusion processing of corn meal was proven to be increase growth, feed, nutrient efficiencies of dietary gross energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), gilthead sea bream (*Sparusaurata*) (Pfeffera *et al*., 1991; Venoua *et al*., 2003).

Conclusion

Chemical compositions of maize meal derived from Northern Upland region of Vietnam, were relatively similar among samples studied by various authors. Maize meal in the region has been widely used in livestock feed industry and in researches, this could be use as cheap and available feed source.

References

Amin, M. E. M. H. 2011. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 10(1): 17-23.

Amnuaysilpa, S. and S. Surasak. 1990. Effects of cattle manure, green manure and chemical fertilizer 13-13-21 (NPK) on growth and kernel yield of maize (Zea mays L.) grown on Yasothon soil. Journal of Agriculture 6(2): 93-101.

Anh, B. T. K., D. D. Kim, T. V. Tua, N. T. Kine and D. T. Anh. 2011. Phytoremediation potential of indigenous plants from Thai Nguyen province, Vietnam. Journal of Environmental Biology 32(2): 257-262.

AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International (16th edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Bo, N. V. 2013. Use of fertilizer in Vietnam. National conference on fertilizer. Can Tho, March 5, 2013.

Bonnin, C. and S. Turner. 2012. At what price rice? Food security, livelihood vulnerability, and

state interventions in upland northern Vietnam. Geoforum 43(1): 95-105.

Cheng Z. J. and R. W. Hardy. 2002. Effect of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat and wheat middlings, measured *in vivo* using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition 8(4): 271-277.

Chiou, J. Y. and C. Ogino. 1975. Digestibility of starch in carp. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 41(4): 465-466.

Christopher, R. D., R. L. Paliwal and R. P. Cantrell. 1966. The maize plant and its uses. *In*: Maize in the Third World. United States of America, 17-34.

Da, C. T., T. Lundh and J. E. Lindberg. 2012. Evaluation of local feed resources as alternatives to fish meal in terms of growth performance, feed utilization and biological indices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. Aquaculture 364-365: 150-156.

Dao, D. H., T. B. Vu, T. A. Dao and J. F. Le Coq. 2002. Maize commodity chain in Northern area of Vietnam. Proceedings of the international conference '2010 Trends of Animal Production in Vietnam', October 24 - 25, 2002, Hanoi, Vietnam.

Dao, T., T. Vu, D. Dao, V. Hoang, K. Dang, S. Ngo, D. Dang and T. Pham. 2005. Impact Study of the Integration Process on Maize Production, Consumption and Livelihoods of the Poor in Vietnam. In R. f. t. r. p. l. o. E. l. o. M.-b. L. o. P. Vietnamese" (Ed.). Viet Nam Agricultural Science and Technology Institute (VASI), Agricultural Systems Department (ASD).

Dongmeza, E. B., G. Francis, S. Steinbronn, U. Focken and K. Becker. 2010. Investigations on the digestibility and metabolizability of the major nutrients and energy of maize leaves and barnyard grass in grass carp (*Ctenopharyngodonidella*). Aquaculture Nutrition 16(3): 313-326.

Dongmeza, E., S. Steinbronn, G. Francis, U. Focken and K. Becker. 2009. Investigations on the nutrient and anti-nutrient content of typical plants used as fish feed in small scale aquaculture in the mountainous regions of Northern Vietnam. Animal Feed Science and Technology 149(1-2): 162-178.

FAO. 1992. Maize in human nutrition. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Accessed April 2015. Available from: http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E00.htm#Contents.

FAO. 2005. Assessing the contribution of aquaculture to food security: a survey of methodologies. FAO Fisheries Circular. No. 1010. Rome, FAO. 2005. 25pp.

Feng, D. 2012. Agricultural Research for Development at CAAS. Roundtable Consultation on Agricultural Extension. Beijing, March 15-17, 2012.

Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E. Herman, G. Hu, A. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. Sealey, D. Skonberg, E. J. Souza, D. Stone, R. Wilson and E. Wurtele. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research 38(6): 551-579.

Gerpacio, R. V. (ed.). 2001. Impact of public- and private-sector maize breeding research in

Asia, 1966-1997/98. Mexico, D.F.: International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT).

Glencross, B. D., M. Booth and G. L. Allan. 2007. A feed is only as good as its ingredients - a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquaculture Nutrition 13(1): 17-34.

Glencross, B., J. Curnow and W. Hawkins. 2003. Evaluation of the variability in chemical composition and digestibility of different lupin (*Lupinusangus tifolius*) kernel meals when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Animal Feed Science and Technology 107(1-4): 117-128.

GSO. 2012. Agriculture, Forestry and Fishery Statistics. Vietnamese General Statistic Office. http://gso.gov.vn/default.aspx?tabid=717, citied in April, 2015.

Ha, D. T., T. Dinh Thao, N. Tri Khiem, M. Xuan Trieu, R. V. Gerpacio, and P. L. Pingali. 2004. Maize in Vietnam: Production Systems, Constraints, and Research Priorities. Mexico, D.F.: International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT).

Hertrampf, J. W. and F. Piedad-Pascual. 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 573 pp.

Hong, N. T. L., B. Q. Tuan and D. T. Nhung. 2003. Determination of suitable energy and protein levels for weaned pigs in Northern Viet Nam. Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 1(3).

Hung, T. Q., T. T. N. Thu and M. Seel-audom. 2015a. Effect of rice bran replacement by corn meal on growth, feed utilization of black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *In*: The 53rd Kasetsart University Annual Conference "Smart Agriculture - The Future of Thailand, Bangkok, 3-6 Feb 2015.

Hung, T. Q., M. Seel-audom and T. T. N. Thu. 2015b. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients for black carp, *Mylopharyngodon piceus*. Chiang Mai University Journal of Natural Science 14(3): 285-298.

Huyen, L. T. T., D. D. Trung, R. Setianingrum, A. Markemann and Valle Zárate. 2012. Can production of Yellow cattle on small farms in the northern highlands of Vietnam be improved through feeding management? Paper presented at the International Scientific Conference "Sustainable Land Use and Rural Development in Mountain Areas". University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 16-18 April 2012.

Huyen, L. T. T., P. Herold and A. V. Zarate. 2010. Farm types for beef production and their economic success in a mountainous province of northern Vietnam. Agricultural Systems 103(3): 137-145.

ICEM. 2015. International Centre for Environmental Management. Available at http://icem.com.au/, cited in April 2015.

James, C. S. 1995. Analytical Chemistry of Foods. Blackie Academic and Professional, London 207-219.

John, H. M. and H. L. Warren. 1967. Pasture and pasturage. *In*: Principle of Field Crop Production 257-258.

Keil, A., C. Saint-Macary and M. Zeller. 2008. Maize boom in the uplands of Northern Vietnam: economic importance and environmental

implications. Discussion Paper No 4/2008. Research in Development Economics and Policy. Stuttgart, Germany: GrauerVerlag.

Khoi, B. H., L. D. Dien, R. Lásztity and A. Salgó. 1987. The protein and the amino acid composition of some rice and maize varieties grown in North Vietnam. Journal of the Science of Food and Agriculture 39(2): 137-143.

Kim, B. G., G. I. Petersen, R. B. Hinson, G. L. Allee and H. H. Stein. 2009. Amino acid digestibility and energy concentration in a novel source of high-protein distillers dried grains and their effects on growth performance of pigs. Journal of Animal Science 87(12): 4013-4021.

Kurilich, A. C. and J. A. Juvik. 1999. Quantification of carotenoid and tocopherol antioxidants in *Zea mays*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(5):1948-1955.

Law, A. T. 1986. Digestibility of low-cost ingredients in pelleted feed by grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*). Aquaculture 51(2): 97-103.

Martin, C., J. -C. Castella, H. L. Anh, Y. Eguienta and T. T. Hieu. 2004. A participatory simulation to facilitate farmers' adoption of livestock feeding systems based on conservation agriculture in the uplands of Northern Vietnam. International Journal of Agricultural Sustainability 2(2): 118-132.

Masagounder, K., J. D. Firman, R. S. Hayward, S. Sun and P. B. Brown. 2009. Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill, *Lepomismacrochirus* and largemouth bass, *Micropterus salmoides* using individual test ingredients. Aquaculture Nutrition 15(1): 29-37.

Miller, D. F. 1958. Composition of cereal grains and forages. Washington, D. C.: National Research Council Publication. 585pp.

Minh, D. V., J. E. Lindberg and B. Ogle. 2004. Effect of scavenging and protein supplement on the feed intake and performance of improved pullets and laying hens in Northern Vietnam. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 17(11): 1553-1561.

Mui, N. B. 2006. Effect of replacing 50% of rice by maize and fermentable incubation on got pig performance in Cat Que village, Hoai Duc of Hatay. Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 4(6): 71-75.

NRC. 1993. Nutrient requirements of fish. National Research Council. National Research Council of the National Academies, Washington D.C., USA, 115 p.

NRC. 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Research Council. National Research Council of the National Academies, Washington, D.C (U.S.), 363 p.

Nuss, E. T. and S. A. Tanumihardjo. 2010. Maize: a paramount staple crop in the context of global nutrition. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 9(4): 417-436.

Pfeffera, E., J. Beckmann-Toussainta, B. Henrichfreise and H. D. Jansen. 1991. Effect of extrusion on efficiency of utilization of maize starch by rainbow trout (*Oncorhynchusmykiss*) Aquaculture 96(3-4): 293-303.

Pornchai, L. 1998. Effect of certain weed managements on yield of corn (Zwa mays). Journal of Agriculture 14(2):134-141.

Pucher, J., S. Steinbronn, R. Mayrhofer, I. Schad, M. El-Matbouli and U. Focken. 2013. Improved sustainable aquaculture systems for small-scale farmers in Northern Vietnam. Chap.8. *In*: H.L. Fröhlich, P. Schreinemachers, G. Clemens and K. Stahr (Eds), Sustainable Land Use and Rural Development in Southeast Asia: Innovations and Policies for Mountainous Areas. Springer Verlag. 281-317.

Raboy, V. 2003. Myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate. Phytochem 64(6):1033-1043.

Reinhold, J. G., J. S. Garcia and P. Garzon. 1981. Binding of iron by fiber of wheat and maize. American Journal of Clinic Nutrition 34(7): 1384-1391.

Robinson, E. H., H. L. Menghe and B. M. Bruce. 2001. A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of Catfish. Office of Agricultural Communications. Mississippi State University, 43 p.

Safari, A. R., S. S. Hemayati, F. Salighedar, A. R. Barimavandi. 2014. Yield and quality of forage corn (*Zea mays* L.) cultivar Single-Cross-704 in response to nitrogen fertilization and plant density. International Journal of Biosciences 4(10): 146-153.

Saowakon, H. and C. Sasithorn. 2011. Using of charcoal to improve soil fertility for sweet waxy corn production. Journal of Agriculture 27(3):259-266.

Son, T. T., N. T. Mai and T. N. M. Anh. 2009. The determination of apparent metabolizable energy (AME) of some maize varieties for poultry by direct methods. Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 7(1): 47-53.

Steinbronn, S. 2009. A case study: fish production in the integrated farming system of the Black Thai in Yen Chau district (Son La province) in mountainous North-Western Vietnam – current state and potential. Dissertation. University of Hohenheim, Stuttgart.

Suksri, A. 1992. Effects of cattle manure, green manure and chemical fertilizer 13-13-21 (NPK) on growth and kernel yield of maize (*Zea mays* L.) grown on Yasothon soil. Journal of Agriculture 8(2): 204-210.

Surapun, C. and M. Choke. 2013. Nutritive Value and Optimum Level of Corn Dust from Seed Milling Process in Beef Cattle Feed. Journal of Agriculture 29(2):117-125.

Thanh, H. X. and K. Neefjes. 2005. Economic integration and maize-based livelihoods of poor Vietnamese: Oxfam Discussion Paper.

Thao, L. B. 1997. Viet Nam: the country and its geographical regions. World Publishers, Hanoi, 617pp.

Thu, T. T. N. 2012. Determination of the digestibility of some plant ingredients for grass carp (*Ctenopharyngodonidella*). Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 10(7): 986-992.

Tram, N. D. Q. 2010. Evaluation of local feed resources for hybrid catfish (*Clariasmacrocephalus*x *C. gariepinus*) in smallholder fish farming systems in central Vietnam. Dissertation. Uppsala: Sverigeslantbruksuniv., Acta Universitatisagriculturae Sueciae, 1652-6880; 2010:72. ISBN 978-91-576-7517-0.

Tuan, B. Q. and N. X. Trach. 2003. The present status of buffalo and catlle husbandry and application of technological advances in ruminant feeding in Vinh Tuong district of Vinh Phuc province. Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 1(4): 302-306.

Tuan, B. Q., N. X. Trach and D. D. Luc. 2008. Factors affecting utilization of rice straw and maize stover as feeds for buffaloes and cattle in North Vietnam. Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 6(1): 47-51.

Tuan, B. Q. and T.T. Son. 2004. Urea treated maize stover as feed for cow gilts. Journal of Science and Development (Vietnam National University of Agriculture) 4: 275-279.

Tuan, N. N. 2010. Development of supplemental diets for carp in Vietnamese upland ponds based on locally available resources. Dissertation. University of Hohenheim, Stuttgart.

Venoua, B., M. N. Alexis, E. Fountoulakia, I. Nengasa, M. Apostolopouloub and I. Castritsi-Catharioub. 2003. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparusaurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. Aquaculture 225(1-4): 207-233.

Watson, S. A. 1987. Structure and composition. *In*: Watson S. A., Ramstad P. E., eds. Corn: chemistry and technology. St. Paul, Minn. Am Assoc Cereal Chem: 53-82.

Weber, E. J. 1987. Lipids of the kernel. *In*: Watson S. A., Ramstad P.E., eds. Corn: chemistry and technology. St. Paul, Minn. Am Assoc Cereal Chem: 311-349.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

- ชื่อวิทยาศาสตร์ คำขึ้นต้นให้ใช้อักษรตัวใหญ่ และใช้อักษรตัวเอน

  Meloidogyne incognita
- ชื่อเฉพาะ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่ทุกคำ

  Berdmann, Marschner
- ภาษาอังกฤษทั้งในวงเล็บและนอกวงเล็บ ให้ใช้ตัวเล็ก

  completely randomized design , (transition period)
- ตัวย่อ ให้ใช้อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด และควรมีคำเต็มบอกไว้ในการใช้ครั้งแรก

  (randomized complete block design, RCBD)
- หัวข้อเรื่อง ให้ขึ้นด้วยอักษรตัวใหญ่

  Abstract, Introduction
- คำแรกที่ตามหลัง คำสำคัญ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่

  Keywords : Mango, chlorophyll

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งบทความ Online เท่านั้น ได้ที่ http://web.agri.cmu.ac.th/agjournal/submission/

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่น้อยกว่า 2 ท่าน

** กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร

** The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing

สำนักงานและการติดต่อ (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารเกษตร

งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 12

โทรสาร 0 5394 4089-92 ต่อ 12

Editorial Board, Journal of Agriculture,

Division of Research and International Affairs, Chiang Mai University, Chiang Maii 50200, Thailand

Tel: 0 5394 4089-92

Fax: 0 5394 4666

E-mail: agjournal22@gmail.com

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 32, Issue 2 May - August 2016

ISSN 0857-0841