



วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY, RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

ปีที่ ๑๓ ฉบับที่ ๒

ธันวาคม ๒๕๕๙

Vol. 13 No. 2

December 2016



ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเพิ่มผลผลิต และขนาดหัวของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.)

สำราญ พิมราช^{1*}, ถวัลย์ เกษมาลา² และ ทณทิกา มุงคุณคำชาว³

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

²ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

³สถานีพัฒนาที่ดินอุดรธานี อ. เมือง จ. อุดรธานี 41130

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อการเพิ่มผลผลิตและขนาดหัวของแก่นตะวัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ 4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ 5) ใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่ 6) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่ 7) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ และ 8) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่ ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลทำให้แก่นตะวันได้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดมากที่สุด เท่ากับ 2,880 กก./ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ (2,624 กก./ไร่) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (2,317 กก./ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดต่ำ (1,339 และ 1,367 กก./ไร่ ตามลำดับ) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวขนาดใหญ่พิเศษมากกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ เท่ากับ 452 และ 409 กก./ไร่ ตามลำดับ (19.5 และ 14.2 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด ตามลำดับ) รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ โดยมีหัวขนาดใหญ่พิเศษ เท่ากับ 333 กก./ไร่ (12.7 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) สำหรับหัวขนาดใหญ่นั้น พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวขนาดใหญ่มากที่สุด เท่ากับเท่ากับ 501 กก./ไร่ (คิดเป็น 28.2 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ เท่ากับ 488 กก./ไร่ (18.6 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ เท่ากับ 466 กก./ไร่ (20.1 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) ตามลำดับ

คำสำคัญ: พืชทางเลือกเพื่อสุขภาพ, ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

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

Effects of chemical fertilizers and organic fertilizers application on yield increasing and tuber size of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Sumran Pimratch^{1*}, Thawan Ketmala² and Tantika Mungkunkamchao³

¹Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,
Maha Sarakham 44000, Thailand

²Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40002, Thailand

³ Udon Thani Land and Development Station, Udon Thani 41130, Thailand

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of chemical fertilizers, organic fertilizers and the combinations of these fertilizers on productivity and tuber size of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). The experiment was laid out in a randomized complete block design with four replications. Eight treatments consisted of 1) control, 2) chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg Rai⁻¹ (0.16 ha), 3) compost recommended by HRH princess Sirindhorn at the rate of 2,000 kg Rai⁻¹, 4) high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg Rai⁻¹, 5) cattle manure at the rate of 1,600 kg Rai⁻¹, 6) chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg Rai⁻¹ plus compost recommended by HRH princess Sirindhorn at the rate of 1,000 kg Rai⁻¹, 7) chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg Rai⁻¹ plus high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg Rai⁻¹ and 8) chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg Rai⁻¹ plus cattle manure at the rate of 800 kg Rai⁻¹. Compost recommended by HRH princess Sirindhorn at the rate of 2,000 kg Rai⁻¹ had the highest fresh tuber yield of 2,880 kg Rai⁻¹ followed by , chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg Rai⁻¹ plus high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg Rai⁻¹ (2,624 kg Rai⁻¹) and high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg Rai⁻¹ (1,367 kg Rai⁻¹), respectively, whereas chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg Rai⁻¹ and control gave the lowest fresh tuber yield of 1,339 and 1,367 kg Rai⁻¹, respectively. It is interesting to note here that compost recommended by HRH princess Sirindhorn at the rate of 2,000 kg Rai⁻¹ and high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg Rai⁻¹ tended to have the highest extra large tubers of 452 and 409 kg Rai⁻¹, accounting for 19.5 and 14.2% of total fresh tuber weight, respectively, followed by chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg Rai⁻¹ plus high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg Rai⁻¹ which had 333 kg Rai⁻¹ (12.7% of total fresh tuber weight). Cattle manure at the rate of 1,600 kg Rai⁻¹ tended to have the highest large tubers of 501 kg Rai⁻¹ (28% of total tubers) followed by chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg Rai⁻¹ plus high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg Rai⁻¹ which had large tubers of 448 kg Rai⁻¹ (18.6%) and , high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg Rai⁻¹ that produced large tubers of 466 kg Rai⁻¹, respectively.

Keywords: alternative health crop, compost recommended by HRH princess Sirindhorn, high quality organic fertilizer

บทนำ

แก่งตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชทางเลือกเพื่อสุขภาพอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากหัวของแก่งตะวันมีสารอินนูลิน (Inulin) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญจัดเป็นอาหารเอื้อโยธรรมาชาติที่ให้พลังงานต่ำ ปัจจุบันอินนูลิน

ลินได้มีการพิสูจน์แล้วว่าสามารถช่วยลดความอ้วน ลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน ลดความดันโลหิต ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจได้ (มาลี, 2543; นิमित และ สนั่น, 2549; Farnworth, 1993; Orafiti, 2005)

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

สำหรับการปลูกแถวันในประเทศไทยนั้นผลผลิตหัวแถวันต่อพื้นที่ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และมีหัวขนาดเล็ก และขนาดกลางเป็นส่วนใหญ่ ส่วนหัวที่มีขนาดใหญ่หรือขนาดใหญ่พิเศษมีจำนวนน้อย ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ปลูกดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำเป็นต้องมีใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง ซึ่งทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นระยะเวลานานทำให้ดินเสื่อมสภาพ โครงสร้างดินเปลี่ยนแปลง ดินแน่น ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากและหัวของแถวัน ซึ่งการเพิ่มผลผลิตแถวันให้ได้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดต่อพื้นที่ในปริมาณสูงและมีหัวขนาดใหญ่ขึ้น โดยการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและจำเป็นต้องศึกษา เพราะขนาดหัวที่ใหญ่ขึ้นจะมีราคาที่สูงมากขึ้น และเพิ่มกำไรให้กับเกษตรกรผู้ผลิตแถวันมากขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการหมักจนย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ มีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยปุ๋ยอินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชอย่างช้า ๆ ถึงแม้จะมีปริมาณธาตุอาหารหลักน้อย แต่ปุ๋ยอินทรีย์ก็สามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีความโปร่งร่วนซุย มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกให้แก่ดิน ช่วยกระตุ้นการทำงานหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินหรือสัตว์เล็ก ๆ ในดินได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ซึ่งทำให้โครงสร้างดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักมาก พืชสามารถนำใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว เพราะปุ๋ยเคมีปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้เร็ว แต่ปุ๋ยเคมีจะไม่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ปุ๋ยเคมีบางชนิดเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินเป็นกรด มีความเค็มเพิ่มขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะปัจจุบันที่พยายามหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา การเพิ่มผลผลิตและขนาดหัวของแถวันซึ่งเป็นพืชทางเลือกเพื่อสุขภาพนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงดินซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการปลูกพืชด้วย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ สนั่น และคณะ (2549), อัถธ์ (2555), วีระ และ สุภัญญา (2557) ชิมัมพร และคณะ (2557), อธิ ศักดิ์ (2558), Waters *et al.* (1981), Cosgrove *et al.* (2000) และ Schultheis (2004) จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักหัวสดเท่านั้น ยังขาดข้อมูลในเรื่องการเพิ่มขนาดหัวของแถวัน ซึ่งถ้าหากเกษตรกรสามารถผลิตแถวันให้มีหัวขนาดใหญ่ได้ จะทำให้ขายได้ในราคาที่สูงขึ้นเป็นการเพิ่มกำไรให้กับเกษตรกร ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้ปุ๋ย

อินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเพิ่มผลผลิตของแถวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของขนาดหัวของแถวัน เพื่อนำมาใช้ในการบริโภคหัวสดและการแปรรูปต่อไป การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเพิ่มผลผลิต และขนาดหัวของแถวัน

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

ทำการทดลองในเขตพื้นที่บ้านดอนหัน ต.ท่าสองคอน อ.เมือง จ.มหาสารคาม ระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2559 วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี ได้แก่

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ย
- 2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่
- 3) ใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่
- 4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่
- 5) ใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่
- 6) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่
- 7) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่
- 8) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่

การปลูกและการดูแลรักษา

1) การเตรียมแปลง การเตรียมดินเริ่มจากการไถตะกลบหน้าดินครั้งแรกแล้วทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน เพื่อตากดินไถแปรครั้งที่ 2 ซ้ำอีกครั้งเพื่อพรอนดินทำลายวัชพืชอีกรอบและไถครั้งที่ 3 โดยใช้จอบหมุนปั่นดินให้ละเอียดเตรียมแปลงปลูก แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 5 x 5 ม. ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามอัตราที่กำหนดในช่วงเตรียมแปลงทั้งหมด ส่วนในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีจะแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นก่อนปลูกในระหว่างเตรียมแปลง และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อแถวันอายุได้ 30 วันหลังย้ายปลูก

2) การเตรียมหัวพันธุ์และต้นกล้า ทำโดยนำหัวแถวันพันธุ์ KRU Ac 001 มาตัดเป็นชิ้นให้มีตา 2-3 ตา นำชิ้นส่วนหัวมาปลูกลงในถุงเพาะกล้าที่บรรจุดินตากแห้ง หลังจากนั้นรดน้ำให้ชุ่มทุก ๆ วัน ประมาณ 5-10 วัน ใบแถวันจะงอกออกมา เมื่อต้นกล้าออกใบ 3-4 หรือเรียกว่าระยะหุกระต่ายจึงนำไปปลูก

3) การปลูก ใช้ระยะปลูก 50 x 50 ซม. โดยชุดหลุมลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกันแล้วนำไปปลูก เมื่อปลูกเสร็จแล้วรดน้ำชุ่มทุก ๆ เข้า-เย็น ระยะเวลา 7 วันหลังปลูก เมื่อต้นกล้าตั้งตัวได้แล้วจึงให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด

4) การกำจัดวัชพืช โดยการดายหญ้า 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เมื่อแก่ต้นอายุได้ 30 วันหลังจากปลูก และครั้งที่ 2 เมื่อแก่ต้นอายุได้ 60 วันหลังจากปลูก

5) การให้น้ำ มีการให้น้ำการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดทุก ๆ 3-5 วัน หรือสังเกตเห็นว่าใบแก่ต้นวันเริ่มเหี่ยว

การเก็บข้อมูล

1) วิเคราะห์คุณสมบัติของดินปลูก คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อนุภาคของดินทราย (sand), ดินร่วน (silt) และดินเหนียว (clay) โดยวิธี Pipette method (Drilon, 1980) ส่วนคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธี Kjeldahl method (Black, 1965) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II (Drilon, 1980) ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่สกัดได้ (extractable K, Ca) โดยวิธี NH_4OAc and Atomic absorption spectrophotometry (Cottenie, 1980) สภาพความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH (1:2.5 H_2O) โดยวิธี Std. Glass electrode (Black, 1965) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cat ion exchange; CEC) โดยวิธี Peech method (พงศศิริ, 2537) และอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM) โดยวิธี Walkley and Black (Black, 1965)

2) ความสูง ทำโดยสุ่มวัดความสูงที่ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังจากย้ายปลูก จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย ซึ่งในการวัดความสูงจะวัดความสูงจากระดับผิวดินจนถึงปลายสุดของใบ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสูงในแต่ละระยะ

3) ค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม โดยวัดด้วยเครื่อง SPAD chlorophyll meter ยี่ห้อ Minolta SPAD-502 meter ช่วงเวลา 09.00-11.00 นาฬิกา เมื่อแก่ต้นอายุ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังจากย้ายปลูก โดยสุ่มวัดใบที่สองที่คลี่ขยายเต็มที่ของลำต้นหลัก จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย SCMR ในแต่ละระยะ

4) ขนาดความกว้างใบ สุ่มวัดความกว้างใบที่ 2 ที่คลี่ขยายเต็มที่ ที่ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังจากย้ายปลูก จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยความกว้างใบในแต่ละระยะ

5) การออกดอก ทำโดยนับจำนวนวันหลังจากย้ายปลูกจนถึงวันที่ดอกช่อแรกบานประมาณ 50 %

6) จำนวนหัวต่อต้น เมื่อเก็บเกี่ยวแก่ต้นสุ่ม นับจำนวนหัวต่อต้น จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนหัวต่อต้น

7) ผลผลิตน้ำหนักหัวสด เมื่อแก่ต้นอายุได้ 4 เดือน ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยการชั่งเอาหัวจากต้นแก่ต้นทั้งหมด (ยกเว้นต้นหัวแปลงท้ายแปลง) นับจำนวนต้น แยกเอาส่วนหัวและต้นออกจากกัน และนำหัวสดมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำไปชั่งน้ำหนักหัวสดทั้งหมด แล้วคำนวณผลผลิตต่อพื้นที่

8) ขนาดหัว หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต นำหัวสดแก่ต้นมาแยกขนาดของหัว ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ นำหัวสดแก่ต้นแต่ละขนาดไปชั่งน้ำหนักสด แล้วคำนวณผลผลิตของหัวแต่ละขนาดต่อพื้นที่

9) น้ำหนักต้นสด หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตนำต้นแก่ต้นชั่งน้ำหนักต้นสด แล้วคำนวณน้ำหนักต้นสดต่อพื้นที่

10) น้ำหนักต้นแห้ง หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตนำต้นแก่ต้นหลังจากชั่งน้ำหนักต้นสดแล้วนำไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 10 วัน แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักต้นแห้ง และคำนวณน้ำหนักต้นแห้งต่อพื้นที่

11) ค่าบrix ของหัวแก่ต้น โดยนำหัวแก่ต้นมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วใช้เครื่องบีบเพื่อคั้นเอาส่วนน้ำออกมา หลังจากนั้นนำไปหยดบนเครื่อง Hand refractometer digital ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL1 แล้วอ่านค่าบนหน้าจอและบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป MSTAT-C (Bricker, 1989)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง พบว่า ดินที่ใช้ในการทดลองมีอนุภาคดินทราย (sand) ดินร่วน (silt) และดินเหนียว (clay) เท่ากับ 67.90, 20.50 และ 11.60 % ตามลำดับ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) และจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินมี pH เท่ากับ 5.4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ

27.67 c mol/kg ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.01 dS/m มีอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.16 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.008 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 14.07, 49.02, และ 138.10 มก./กก. ตามลำดับ

จากการสุ่มวัดความสูงต้นแก่้นตะวัน พบว่า ความสูงของต้นแก่้นตะวันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกระยะ ที่ทำการประเมิน (ตารางที่ 1) โดยความสูงต้นแก่้นตะวันที่ ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงของแต่ละระยะอยู่ในช่วง 25.3-32.5, 52.6-67.2, 72.6-87.2 และ 92.6-107.2 ซม. ตามลำดับ ความสูงของต้นแก่้นตะวันที่ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) มีความสูงต้นน้อยสุด ในขณะที่กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ มีความสูงต้นมากที่สุดและมีความมากกว่ากรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยทุกระยะที่ประเมิน รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามเมื่อวัดค่า SCMR พบว่า ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติทุกระยะที่ประเมิน ค่า SCMR ที่ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังย้ายปลูก มีค่าอยู่ในช่วง 33.8-42.4, 32.7-41.3, 32.8-39.4 และ 31.0-38.3 ตามลำดับ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ค่า SCMR ค่อนข้างสูง และเมื่อวัดความกว้างของใบแก่้นตะวันที่ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ความกว้างของใบมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกระยะที่ประเมิน (ตารางที่ 2) ที่ระยะ 30 วัน หลังย้ายปลูกใบแก่้นตะวันมีความกว้างมากที่สุด (5.1-7.4 ซม.) หลังจากนั้นขนาดความกว้างของใบมีขนาดเล็กลงเมื่ออายุ 45, 60 และ 75 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ (4.5-5.2, 3.3-3.8 และ 2.9-3.4 ซม. ตามลำดับ) สำหรับวันออกดอก 50 % พบว่า การใส่ปุ๋ยต่างชนิดและอัตราต่างกัน ไม่มีผลทำให้แก่้นตะวันออกดอกแตกต่างกัน โดยที่แก่้นตะวันออกดอกเมื่อมีอายุได้ 59-63 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 2)

เมื่อเก็บเกี่ยว พบว่า การใส่ปุ๋ยต่างชนิดและต่างอัตรากันมีผลทำให้น้ำหนักต้นสดและน้ำหนักต้นแห้งแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่ ทำให้น้ำหนักต้นสดและน้ำหนักต้นแห้งมากที่สุด เท่ากับ 980 และ 430 กก./ไร่ ตามลำดับ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ (918 และ 403 กก./ไร่ ตามลำดับ) และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ (787 และ 345 กก./ไร่ ตามลำดับ) ในขณะที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักต้นสดและน้ำหนักต้นแห้งต่ำที่สุด (473 และ 208 กก./ไร่ ตามลำดับ)

จากการสุ่มนับจำนวนหัวต่อต้น พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีจำนวนหัวต่อ

ต้นมากที่สุด เท่ากัน 17.2 หัว/ต้น รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ (14.6 หัว/ต้น) การใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่ (11.8 หัว/ต้น) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่ (11.3 หัว/ต้น) และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่ (10.6 หัว/ต้น) ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยให้จำนวนต่อต้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ เท่ากับ 10.0, 9.7 และ 8.4 หัว/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการชั่งน้ำหนักหัวสดทั้งหมด พบว่า น้ำหนักหัวสดของแก่้นตะวันมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 3) โดยที่การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลทำให้แก่้นตะวันมีน้ำหนักหัวสดมากที่สุด เท่ากับ 2,880 กก./ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ (2,624 กก./ไร่) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (2,317 กก./ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักหัวสดต่ำ (1,339 และ 1,367 กก./ไร่ ตามลำดับ) และเมื่อคัดแยกขนาดหัวแก่้นตะวัน พบว่า หัวขนาดใหญ่พิเศษ และหัวขนาดใหญ่ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ในขณะที่ผลผลิตหัวขนาดกลางและหัวขนาดเล็กมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้หัวขนาดใหญ่พิเศษมากกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ เท่ากับ 452 และ 409 กก./ไร่ ตามลำดับ (คิดเป็น 19.5 และ 14.2 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ โดยมีหัวขนาดใหญ่พิเศษ เท่ากับ 333 กก./ไร่ (คิดเป็น 12.7 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) สำหรับหัวขนาดใหญ่ นั้น พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวขนาดใหญ่มากที่สุด เท่ากับเท่ากับ 501 กก./ไร่ (คิดเป็น 28.2 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ เท่ากับ 488 กก./ไร่ (คิดเป็น 18.6 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ เท่ากับ 466 กก./ไร่ (คิดเป็น 20.1 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ให้ผลผลิตหัวขนาดกลางมากที่สุด เท่ากับ 1,085 และ 1,021 กก./ไร่ คิดเป็น 46.8 และ 38.9 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ เท่ากับ 950 กก./ไร่ (คิดเป็น 33.0 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) และใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่ เท่ากับ 796 กก./ไร่ (คิดเป็น 44.8 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) ส่วนผลผลิตหัวขนาดเล็กยังคงเป็น การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ ที่ให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 1,138 กก./ไร่ (คิดเป็น 39.5 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด) รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-

15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ เท่ากับ 782 กก./ไร่ (คิดเป็น 34.9 % ของน้ำหนักหัวทั้งหมด)

จากการตรวจสอบค่าปริมาตรของหัวแก่ต้น พบว่า การใส่ปุ๋ยต่างชนิดและอัตราที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าปริมาตรของหัวแก่ต้นแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าปริมาตรอยู่ระหว่าง 18.97-20.07 (ตารางที่ 3) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลทำให้ค่าปริมาตรสูงสุด เท่ากับ 20.07 แต่ไม่แตกต่างไปจากกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้น กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ซึ่งมีค่าปริมาตรต่ำกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 1 ความสูง และค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังย้ายปลูก ของ แก่นตะวันที่ปลูกในแปลงทดลองบ้านดอนหัน ต.ท่าสองคอน อ.เมือง จ.มหาสารคาม ช่วงระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กรรมวิธี	ความสูง (ซม.)				ค่า SCMR			
	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม)	25.3 ^{c1/}	54.1 ^{bc}	74.1 ^{bc}	94.1 ^{bc}	33.8	32.7	32.8	31.0
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่	32.5 ^a	67.2 ^a	87.2 ^a	107.2 ^a	41.0	39.9	38.3	36.5
ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่	27.8 ^{bc}	61.3 ^{ab}	81.3 ^{ab}	101.3 ^{ab}	42.4	41.3	39.4	38.2
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่	27.2 ^{bc}	53.9 ^{bc}	73.9 ^{bc}	93.9 ^{bc}	38.6	37.5	36.7	36.9
ใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่	26.4 ^{bc}	52.6 ^c	72.6 ^c	92.6 ^c	37.9	36.8	35.5	35.9
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่	28.9 ^b	56.0 ^{bc}	76.0 ^{bc}	96.0 ^{bc}	36.8	35.7	35.7	35.2
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./+ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่	26.1 ^{bc}	57.7 ^{bc}	77.7 ^{bc}	97.7 ^{bc}	40.0	38.9	36.7	36.2
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่	25.4 ^c	57.2 ^{bc}	77.2 ^{bc}	97.2 ^{bc}	40.5	39.4	38.1	38.3
F-test	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
ค่า C.V. (%)	7.4	8.0	6.0	4.7	15.8	13.9	18.4	12.7

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ 2 ความกว้างใบที่ระยะ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังย้ายปลูก วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักต้นแห้งของแก่นตะวันที่ปลูกในแปลงทดลองบ้านดอนหัน ต.ท่าสองคอน อ.เมือง จ.มหาสารคาม ช่วงระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กรรมวิธี	ความกว้างใบ (ซม.)				วันออก ดอก 50 % (วัน)	น้ำหนัก ต้นสด (กก./ไร่)	น้ำหนัก ต้นแห้ง (กก./ไร่)
	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน			
ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม)	5.8 ^{bcd1/}	4.7 ^{ab}	3.5 ^{ab}	3.2 ^{ab}	62	473 ^c	208 ^c
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่	7.4 ^a	4.8 ^{ab}	3.6 ^{ab}	3.2 ^{ab}	59	787 ^b	345 ^b
ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่	6.6 ^b	5.0 ^a	3.8 ^a	3.4 ^a	63	918 ^{ab}	403 ^{ab}
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่	5.1 ^d	4.5 ^b	3.3 ^b	2.9 ^b	63	744 ^b	326 ^b
ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่	5.7 ^{cd}	4.5 ^b	3.3 ^b	2.9 ^b	62	760 ^b	333 ^b
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมักสูตร พระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่	6.3 ^{bc}	5.2 ^a	4.0 ^a	3.6 ^a	59	568 ^c	249 ^c
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่	5.5 ^{cd}	4.8 ^{ab}	3.6 ^{ab}	3.3 ^{ab}	61	748 ^b	328 ^b
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่	5.8 ^{bcd}	5.0 ^a	3.8 ^a	3.4 ^a	60	980 ^a	430 ^a
F-test	**	*	*	*	ns	**	**
ค่า C.V. (%)	7.7	5.8	7.7	8.7	5.4	15.3	15.2

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 % ตามลำดับ

ตารางที่ 3 จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวสด และค่าบrixของหัวสดแก่่นะวันที่ปลูกในแปลงทดลองบ้านดอนหัน ต.ท่าสองคอน อ.เมือง จ.มหาสารคาม ช่วงระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กรรมวิธี	จำนวนหัว/ต้น	น้ำหนักหัวสด (กก./ไร่)					ค่าบrix (°brix)
		ขนาดใหญ่พิเศษ	ขนาดใหญ่	ขนาดกลาง	ขนาดเล็ก	รวม	
ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม)	8.4 ^{c1/}	-	228 (12.2)	514 ^c (37.6)	625 ^{ab} (45.8)	1,367 ^d	18.97 ^b
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่	10.0 ^c	165 (12.3) ^{2/}	284 (21.2)	585 ^{bc} (43.7)	305 ^{bc} (22.8)	1,339 ^d	19.16 ^b
ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่	17.2 ^a	409 (14.2)	383 (13.3)	950 ^{abc} (33.0)	1,138 ^a (39.5)	2,880 ^a	19.83 ^a
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่	9.7 ^c	452 (19.5)	466 (20.1)	1,085 ^a (46.8)	315 ^c (13.6)	2,317 ^{abc}	19.83 ^a
ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่	11.8 ^{bc}	203 (11.4)	501 (28.2)	796 ^{abc} (44.8)	277 ^c (15.6)	1,776 ^{cd}	19.85 ^a
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่	11.3 ^{bc}	167 (9.9)	276 (16.3)	658 ^{bc} (38.9)	590 ^{ab} (34.9)	1,691 ^{cd}	20.07 ^a
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่	14.6 ^{ab}	333 (12.7)	488 (18.6)	1,021 ^{abc} (38.9)	782 ^{ab} (34.9)	2,624 ^{ab}	19.91 ^a
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 800 กก./ไร่	10.6 ^{bc}	215 (14.0)	379 (27.4)	521 ^c (33.9)	421 ^{ab} (27.4)	1,536 ^{cd}	19.92 ^a
F-test	**	ns	ns	*	**	**	**
ค่า C.V. (%)	22.9	34.7	29.9	19.1	27.9	25.0	1.1

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดย DMRT

^{2/}ตัวเลขในวงเล็บ คือ เปอร์เซนต์ของขนาดหัวแก่่นะวัน

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 % ตามลำดับ

จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ สามารถทำให้ผลผลิตของหัวขนาดใหญ่พิเศษและขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือการที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และการใช้ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์จะปลดปล่อยให้ธาตุอาหารแก่พืชอย่าง

ช้าๆ ให้กับแก่่นะวัน และช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีความโปร่งร่วนซุยเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหัวแก่่นะวัน ปุ๋ยอินทรีย์ยังทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกให้แก่ดิน ช่วยกระตุ้นการทำงานหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินหรือสัตว์เล็ก ๆ ในดินได้ (กรมพัฒนาที่ดิน,

2554) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกันกับปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตหัวขนาดใหญ่พิเศษและหัวขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อธิศักดิ์ (2558) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักหัวสดมากที่สุด คือ 4,209.7 กก./ไร่ ส่วนในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 12.5 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด เท่ากับ 3,542.0 และ 3,812.9 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตหัวสดของแกล่นตะวันในกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 3,474.0 กก./ไร่ เนื่องจากการทดลองปลูกแกล่นตะวันเพียงฤดูเดียวเท่านั้นซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดลองจึงทำให้เห็นผลการทดลองที่ไม่ชัดเจนมากนัก เพราะการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะต้องใช้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายฤดูปลูกจึงจะเห็นผลที่ชัดเจน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตแกล่นตะวันในปีแรก ๆ จึงทำให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดแกล่นตะวันแตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยเคมีหรือการไม่ใส่ปุ๋ยมากนัก ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ซึ่งจากคำวิเคราะห์ดินที่ใช้ปลูกแกล่นตะวันมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ Schulthesis (2004) รายงานว่า การปลูกแกล่นตะวันควรใส่ปุ๋ยสูตร 6-12-6 อัตรา 100 กก./ไร่ หากพื้นที่ปลูกดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำให้ใส่ในอัตราที่สูงขึ้น จากการศึกษาของ สนั่น และคณะ (2549) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ สามารถให้ผลผลิตเท่ากับการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 และ 50 กก./ไร่ และจากการศึกษาของ อัถ์ (2555) ซึ่งได้ศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะการเจริญเติบโตของแกล่นตะวันในสภาพเกษตรอินทรีย์ 5 กรรมวิธี คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) รดด้วยน้ำหมักชีวภาพ (EM) ในอัตราส่วน 45 ซีซี./น้ำ 20 ลิตร 3) ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,600 กก./ไร่ 4) ใส่ปุ๋ยหมักอินทรีย์ อัตรา 1,600 กก./ไร่ และ 5) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,600 กก./ไร่ ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักอินทรีย์ อัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลทำให้การเจริญเติบโตดีที่สุด คือ มีความสูง น้ำหนักต้นสดส่วนเหนือดิน และดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด แต่ในด้านผลผลิต พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,600 กก./ไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุด เท่ากับ 2,857.5 กก./ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าผลผลิตน้ำหนักหัวสดในกรรมวิธีใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทานอัตรา 2,000 กก./ไร่ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง ในขณะที่ผลผลิตหัวสดของแกล่นตะวันในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีค่าต่ำ วันชัย (2558) รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์

ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ดินร่วนซุย ทำให้รากพืชแผ่ขยายออกไปหาอาหารได้สะดวก ดินอุ้มน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยปรับสมดุลทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้ดีขึ้น ทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารพืชหรือดูดใช้ปุ๋ยเคมีได้ดีขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์สามารถอยู่ในดินได้นาน และค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้เรื่อย ๆ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์มีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมครบถ้วน ทำให้พืชมีความสมบูรณ์ มีความแข็งแรง ต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชมากขึ้น และส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในดินดำเนินกิจกรรมได้ดี ทำให้สภาพแวดล้อมรอบ ๆ ต้นพืชและในดินดีขึ้น ดังนั้นในการเพิ่มผลผลิตและขนาดหัวของแกล่นตะวันจึงควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราสูง หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีด้วย

สรุปผลการวิจัย

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตแกล่นตะวันแตกต่างกัน ทั้งในลักษณะความสูง ขนาดความกว้างของใบ น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนหัวต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักหัวสด และค่าบrix ของหัวแกล่นตะวัน การใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลทำให้แกล่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดมากที่สุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักหัวสดต่ำ

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 2,000 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้หัวขนาดใหญ่พิเศษมากกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,600 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวขนาดใหญ่มากที่สุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักสูตรพระราชทาน อัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลทำให้ค่าบrix สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือการไม่ใส่ปุ๋ย

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับการ
สนับสนุนจากทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. คู่มือการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยคุณภาพสูง. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. วารสารเผยแพร่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง พด. 12. กรุงเทพฯ: สำนักผู้เชี่ยวชาญ สถาบันวิจัยและพัฒนา
เทคโนโลยีชีวภาพทางดิน สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ทิฆัมพร สิงห์เทียน เทวินทร์ จันทวงศ์ ภาณุวัฒน์ สีนเมือง และ ชมดาว ขำจริง. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และขี้แสดนาเกลือที่
มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแแก่นตะวัน จังหวัดเพชรบุรี. แก่นเกษตร 42, 158-163.
- นิมิต วรสุต และ สนั่น จอกลอย. 2549. อินูลิน: สารสำคัญสำหรับสุขภาพในแแก่นตะวัน. วารสารแก่นเกษตร 34(2), 85-91.
- มาลี จีรวงศ์ศรี. 2543. Carbohydrate: oligofructose ingredient. อาหารและยา 7(2): 19-23.
- พงศ์ศิริ พชรปรีชา. 2537. หลักการและวิธีการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีระ โรพันตุง และ สุภัญญา ทวีกิจ. 2557. ผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดิน การ
เจริญเติบโตและผลผลิตของแแก่นตะวัน. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วันชัย วงษา. 2558. ความรู้เรื่องปุ๋ย, ธาตุอาหารพืชและการปรับปรุงบำรุงดิน. (สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558). Available from:
URL: [http:// www. Chainat.go.th/sub1/ldd/Report/Page-02.doc](http://www.Chainat.go.th/sub1/ldd/Report/Page-02.doc).
- สนั่น จอกลอย รัชณี พุทธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตูลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์
ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.). วารสารแก่นเกษตร 34(2), 164-170.
- อิทธิศักดิ์ จันท. 2558. การศึกษาปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแแก่นตะวัน: พืชทางเลือกเพื่อสุขภาพ.
รายงานการวิจัยนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- อัทธ์ อัจฉริยมณตรี. 2555. ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะการเจริญเติบโตของแแก่นตะวันในสภาพเกษตรอินทรีย์. สาขาวิชา
เทคโนโลยีและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- Black, C.A. 1965. Method of soil analysis Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Bricker, A.A. 1989. MSTAT-C User's Guide. Michigan State University.
- Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. FAO, Rome.
- Cosgrove, D.R., E.A. Oelke, J.D. Doll, D.W. Davis, D.J. Undersander, and S.E. Splinger. 2000. Jerusalem artichoke
[Online]. (Accessed October 11, 2015). Available from: URL: [http:// www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jerisart.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jerisart.html).
- Drilon, J.R. 1980. Standard methods of analysis for soil, plant water and fertilizer. Los, Banos, Laguna,
Philippines
- Farnworth, E.R. 1993. Fructans in human and animal diets. (In) Science and Technology of Fructans, edited by
M. Suzuki and N.J. Chatterton. CRC Press, London.
- Gomez, K.A., & Gomez, A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons: New
York, USA.
- Orafti. 2005. Active food scientific monitor. An Orafti Newsletter, Nr. 12-spring 2005.
- Schultheis, J. 2004. Growing Jerusalem artichoke [Online]. (Accessed July 24, 2016). Available from: URL:
<http://content.ces.ncsu.edu/growing-jerusalem-artichokes>.

Waters, L., D. Davis, L. Riehle, and M. Weins. 1981. Jerusalem artichokes trials. Department of Horticulture, Mimeo, University of Minnesota, St. Paul Minnesota.

การเปรียบเทียบผลผลิตของอ้อยปลูก และวิธีทางเขตกรรมที่เหมาะสมหลังเก็บเกี่ยวต่อ จำนวนหน่อและการเจริญเติบโตของอ้อยต่อ 1 พันธุ์ชอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84

สุทธิลักษณ์ ศรีไกร¹, กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย² และ สำราญ พิมราข^{2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การปลูกอ้อยให้สามารถไว้ตอได้หลายตอเป็นการลดต้นทุนการผลิตอ้อยให้กับเกษตรกรชาวไร่อ้อย การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบการงอกและผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ชอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 และ 2) เพื่อศึกษาวิธีทางเขตกรรมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอก การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยต่อ 1 พันธุ์ชอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 ทำการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ กำหนดให้อ้อยพันธุ์ชอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 เป็น Main - plot และ Sub - plot เป็นวิธีทางเขตกรรม ได้แก่ 1) ไม่เผา 2) เผาใบ 3) ใช้รถไถเดินตามไถดัดรากอ้อยสองข้าง 4) ใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย และ 5) ใช้จอบหมุนปั่นตออ้อย จากการศึกษา พบว่า ความงอกของอ้อยปลูกพันธุ์ชอนแก่น 3 และอ้อยพันธุ์เค 95-84 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่งผลทำให้ผลผลิตของอ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอ้อยพันธุ์ชอนแก่น 3 ให้ผลผลิต 16.37 ตัน/ไร่ และอ้อยพันธุ์เค 95-84 ให้ผลผลิต 16.45 ตัน/ไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และทำการเขตกรรมด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่า วิธีทางเขตกรรมที่แตกต่างกันมีผลต่อการงอกของอ้อยต่อ 1 ทำให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่แตกต่างกันในทางสถิติทั้งที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 เดือน หลังจากเก็บเกี่ยว วิธีทางเขตกรรมที่มีผลทำให้ความงอกของอ้อยต่อ 1 มากที่สุด คือ การใช้รถไถเดินตามไถดัดราก แต่วิธีการดังกล่าวให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่ไม่แตกต่างในทางสถิติไปจากการใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย และการไม่เผาใบ ในขณะที่การเผาใบอ้อย และการใช้จอบหมุนปั่นตออ้อยมีแนวโน้มให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีทางเขตกรรมที่ต่างกันมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยต่อ 1 แตกต่างกันในเรื่องลักษณะความสูง และความยาวของใบ แต่ไม่มีผลทำให้ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในกรรมวิธีการใช้รถไถเดินตามไถดัดรากมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยต่อ 1 มากที่สุด เท่ากับ 7.03 ตัน/ไร่ รองลงมา คือ การใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย การไม่เผาใบ การเผาใบ และการใช้จอบหมุนปั่นตออ้อย โดยมีผลผลิตเท่ากับ 6.86, 6.33, 5.36 และ 4.69 ตัน/ไร่ ตามลำดับ การเขตกรรมโดยการไถดัดราก และการใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อยหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกนั้นถึงแม้จะสามารถทำให้อ้อยต่อมีความงอกสูง ถ้าหากไม่มีการให้น้ำชลประทานหรือฝนไม่ตกเป็นเวลานานก็จะไม่สามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อ 1 ได้ ดังนั้นในการผลิตอ้อยและการไว้ตอให้ได้หลายตอจึงควรมีการให้น้ำชลประทานแก่อ้อยควบคู่กันไปด้วย

คำสำคัญ: การไว้ตอ, การเผาอ้อย และการไถดัดรากอ้อย

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

Comparison of sugarcane varieties for yield of planted sugarcane and appropriate agronomic practices after harvest on number of ratoons and growth of the first ratooning crop of Khon Kaen 3 and K95-84

Sutiluck Sikrai¹, Kanchalika Ratanacherdchai² and Sumran Pimratch^{2*}

¹Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

²Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

Abstract

Good ratooning ability of sugarcane can reduce production cost for sugarcane growers. The objectives of this study were to compare yield, germinating ability of planted crop and ratooning ability of two sugarcane varieties (Khon Kaen 3 and K95-84) and to investigate the effects of agronomic practices after harvest on ratooning ability, growth and yield of first ratooning crop. The experiment was conducted under field conditions at Kalasin province during October 2013 to October 2015. A split plot design with four replications was used in this study. Two sugarcane varieties were assigned in main plots and five agronomic practices consisting of burning, no burning, cutting sugarcane roots at the sides of the rows with a two-wheel tractor, using a rotating hoe between rows and using a rotating hoe on the rows were arranged in sub plots. Varieties were not significantly different for germination and cane yield of planted crop. Khon Kaen 3 had cane yield of 16.37 tons Rai⁻¹ (0.16 ha) and K95-84 had cane yield of 16.45 tons Rai⁻¹. Agronomic practices after harvest were significantly different for number of ratoons of first ratooning crop at 1, 2, 3 and 6 months after harvest. Cutting sugarcane roots at the sides of the rows with a two-wheel tractor had the highest number of ratoons of first ratooning crop but not significant different from using a rotating hoe between rows and no burning. While burnig and a rotating hoe on the rows tended to have low number of ratoons. Agronomic practices were also significantly different for plant height and leaf length of first ratooning crop but they were not significantly different for cane yield. Cutting sugarcane roots at the sides of the rows with a two-wheel tractor tended to have the highest cane yield of first ratooning crop (7.03 tons Rai⁻¹) followed by using a rotating hoe between rows (6.86 tons Rai⁻¹), no burning (6.33 tons Rai⁻¹), burning (5.36 tons Rai⁻¹) and using a rotating hoe on the rows (4.69 tons Rai⁻¹), respectively. Although cutting sugarcane roots at the sides of the rows with a two-wheel tractor and using a rotating hoe between rows had the highest number of rations of first ratooning crop, they do not increase cane yield if irrigation is not available or the crop is subjected to severe drought, and, therefore, the crop should be irrigated.

Keywords: ratooning, burning and cutting sugarcane roots

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

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย 9,591,000 ไร่ ได้ผลผลิต 106,333,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 11.09 ตัน/ไร่ ผลผลิตอ้อยส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลเพื่อบริโภคภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ คิดเป็นมูลค่า 98,309 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) นอกจากนี้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอย่างอื่นได้อีก เช่น ชานอ้อยใช้ทำเชื้อเพลิง เยื่อกระดาษ วัสดุก่อสร้าง ปุ๋ยหมัก และวัสดุบำรุงดิน ส่วนกากตะกอนใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ใช้ทำหมักฟิมพ์ และยาขัดเงา กากน้ำตาลใช้ผลิตแอลกอฮอล์ จึงนับได้ว่าอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างงานสร้างรายได้ และมีความสำคัญอย่างยิ่งกับอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบ

การปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เกษตรกรจะปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายและดินทราย ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาการปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สำคัญปัญหาหนึ่ง คือ อ้อยไวต่อได้เพียง 1-2 ตอ เท่านั้น เนื่องจากผลผลิตอ้อยต่อจะลดลงมากกว่า 20 % จนไม่คุ้มต่อการดูแลรักษา ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นช่วงฤดูแล้ง และเกษตรกรมีการเผาอ้อย ทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่ผิวดินออกไปและอาจมีผลทำให้รากในชั้นบนถูกทำลายด้วย ทำให้อ้อยตอออกไม่ดี หรือทำให้หน่อที่งอกขึ้นมาใหม่ตาย การงอกของอ้อยตอที่ไม่สม่ำเสมอทำให้จำนวนต้นต่อพื้นที่ลดลงซึ่งส่งผลให้ผลผลิตของอ้อยต่อลดลงตามจนไม่คุ้มต่อการดูแลรักษา นอกจากนั้นปัญหาอื่น ๆ ที่พบ ได้แก่ การปลูกอ้อยในสภาพพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม การเลือกใช้พันธุ์ที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งพันธุ์อ้อยจะมีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละสภาพพื้นที่ และการขาดแคลนท่อนพันธุ์ที่มีคุณภาพ ในประเทศไทยพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ซึ่งผลผลิตอ้อยในแต่ละปีจึงมีความแปรปรวนสูงมาก โดยเฉพาะพันธุ์ที่ไม่ทนแล้งจะได้รับผลกระทบมากในระยะฝนทิ้งช่วง หรือการปลูกข้ามแล้ง อีกทั้งความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจากการปลูกอ้อยต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานโดยที่ไม่มีการบำรุงดิน และการที่เกษตรกรเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว (อรรถสิทธิ์, 2544)

การไวต่ออ้อยได้หลาย ๆ ปีสามารถสร้างกำไรและรายได้ให้กับเกษตรกรอย่างมาก เนื่องจากอ้อยต่อใช้ต้นทุน

ในการผลิตต่ำ ผลผลิตอ้อยต่อที่ได้จึงถือว่าเป็นกำไร แต่ในความเป็นจริงแล้ว เกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ไม่สามารถไวต่อได้นานหลายปี เนื่องจากมีข้อจำกัดหลาย ๆ ประการ โดยเฉพาะการงอกของอ้อยตอที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้จำนวนต้น (ลำ) ต่อพื้นที่ลดลง ทำให้ผลผลิตของอ้อยต่อลดลงด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการดูแลรักษาอ้อยต่อด้วยวิธีทางเขตกรรมที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้อ้อยตอมีการงอกที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกับอ้อยปลูก และทำให้ผลผลิตของอ้อยต่ออยู่ในเกณฑ์ที่ดี หากมีวิธีการจัดการแปลงอ้อยที่ดีเพื่อให้อ้อยสามารถไวต่อได้มากกว่า 2 ตอ โดยผลผลิตลดลงจากอ้อยปลูกไม่เกิน 20 % น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรลงได้ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบการงอกและผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 2) เปรียบเทียบการงอกของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 และ 3) ศึกษาวิธีทางเขตกรรมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอก การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

ทำการทดลองในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ โดยกำหนดให้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 เป็น Main - plot และ Sub - plot เป็นวิธีทางเขตกรรม ได้แก่ 1) ไม่เผา 2) เผาใบ 3) ใช้รถไถเดินตามไถ ตัดรากอ้อยสองข้าง 4) ใช้จอบหมุนป่นระหว่างร่องอ้อย และ 5) ใช้จอบหมุนป่นต่ออ้อย

การปลูกและการดูแลรักษา

1) การเตรียมพื้นที่ เตรียมดินโดยการไถตะ ไถแปร และคราดพื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง ยกทรงระหว่างแถวขนาด 1.15 ม. ขนาดแปลงทดลอง แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 9 × 11 ม. และมีระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 ม.

2) การปลูก การวางท่อนพันธุ์โดยวางอ้อยทั้งลำเหลื่อมกันครึ่งลำแล้วใช้มีดสับให้ขาดเป็นท่อน ๆ ละ 2-3 ตา เพื่อให้อ้อยงอกสม่ำเสมอ แต่ละแปลงย่อยปลูกอ้อยจำนวน 8 แถว

3) การใส่ปุ๋ยเคมี อ้อยปลูกใหม่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 46-0-0 อัตรา 100 กก./ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ แรกเมื่ออ้อยอายุ 45 วัน ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือน

4) การกำจัดวัชพืช ใช้แรงงานคนดายหญ้าในช่วงตั้งแต่ปลูกจนถึง 4 เดือน และใช้เครื่องจักรไถพรวนระหว่างร่องหลังปลูกเมื่อมีวัชพืชงอก

5) การเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกเพื่อไว้ต่อ เมื่ออ้อยอายุครบ 12 เดือน ใช้มีดตัดต้นอ้อยชิดดินและตัดส่วนปลายยอดและใบออก เพื่อนำมาชั่งหาน้ำหนักผลผลิต

6) การเขตกรรมตามกรรมวิธีการทดลอง หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกได้ 1 สัปดาห์ ทำการเขตกรรมตามกรรมวิธีต่าง ๆ ที่กำหนด คือ ไม่เผา เผาใบ การใช้รถไถเดินตามไถตดรากอ้อยสองข้าง การใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย และการใช้จอบหมุนปั่นต่ออ้อย

7) การใส่ปุ๋ยอ้อยต่อ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 46-0-0 อัตรา 150 กก./ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่ทันทีหลังเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยโตอายุได้ 3 เดือน

8) การเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 เมื่ออ้อยโตอายุครบ 12 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ใช้มีดตัดต้นอ้อยชิดดินและตัดส่วนปลายยอดและใบออก เพื่อนำมาชั่งหาน้ำหนักผลผลิต

การเก็บข้อมูล

1) การงอกของอ้อยปลูก โดยการนับจำนวนหน่อ (ต้น) ที่เกิดทุกแถวในแต่ละแปลงย่อยที่ระยะการเจริญเติบโต 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือนหลังจากปลูก แล้วนำไปคำนวณเป็นจำนวนหน่อต่อไร่

2) จำนวนลำก่อนการเก็บเกี่ยว โดยการนับจำนวนลำต่อแถวแต่ละแปลงย่อย ที่อายุ 12 เดือนหลังจากปลูก แล้วนำไปคำนวณเป็นจำนวนลำต่อไร่

3) ความยาวลำ สุ่มวัดความยาวลำ จำนวน 18 ต้นต่อแปลงย่อย แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

4) ผลผลิตของอ้อยปลูก โดยเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกแต่ละแปลงย่อยขนาดพื้นที่ 9 x 11 ม. แล้วนำมาชั่งน้ำหนักสดของอ้อย แล้วคำนวณหาน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อไร่

5) การงอกของอ้อยต่อ 1 หลังจากทำการเขตกรรมในแต่ละวิธีแล้วเก็บข้อมูลการงอกโดยนับจำนวนหน่อที่งอกในแต่ละแปลงย่อยขนาดพื้นที่ 9 x 11 ม. ที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์การงอก

6) ความสูง โดยสุ่มวัดความสูงที่อายุ 2, 4, 6 และ 8 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ซึ่งในการวัดความสูงจะวัดความสูงจากระดับผิวดินจนถึงจุดคอใบ จำนวน 18 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสูงในแต่ละระยะ

7) ความยาวของใบอ้อย เก็บข้อมูลที่อายุ 2, 4, 6 และ 8 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก โดยวัดจากโคนใบถึงปลายใบ ของใบที่ 3 จากยอดที่คลี่ขยายเต็มที่ จำนวน 18 ต้น (1 ใบต่อ 1 ต้น) ต่อแปลงย่อยแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

8) ความกว้างของใบอ้อย เก็บข้อมูลที่อายุ 2, 4, 6 และ 8 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก โดยวัดบริเวณจุดกึ่งกลางของใบอ้อยใบที่ 3 จากยอดที่คลี่ขยายเต็มที่จำนวน 18 ใบต่อแปลงย่อย แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

9) ขนาดของลำ โดยวัดเส้นรอบวงที่อายุ 2, 4, 6 และ 8 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และเส้นผ่านศูนย์กลางของลำเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อย จำนวน 18 ลำต่อแปลงย่อย แต่ละลำวัด 3 จุด คือ ส่วนโคนต้น ส่วนกลางลำ และส่วนปลายของลำอ้อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

10) จำนวนลำต่อพื้นที่ โดยนับลำอ้อยต่อ 1 ที่อายุ 12 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ในพื้นที่ขนาด 9 x 11 ม. ในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาคำนวณหาจำนวนลำต่อไร่

11) ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 โดยเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละแปลงย่อย ขนาดพื้นที่ 9 x 11 ม. นำมาชั่งหาน้ำหนักสดแล้วคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ยต่อไร่

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) แต่ละลักษณะของอ้อยปลูกแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ข้อมูลของอ้อยต่อ 1 ตามแผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Complete Block Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป MSTAT-C (Bricker, 1989)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ความงอกของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 1) เช่นเดียวกันกับ จำนวนลำต่อไร่ และความยาวลำของอ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ผลผลิตของอ้อยทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาจำนวนลำต่อพื้นที่ของแต่ละแปลงย่อยที่จะทำการเขตกรรมตามกรรมวิธีต่าง ๆ หลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก พบว่า จำนวนลำดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และจำนวนลำแต่ละแปลงย่อยมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งให้เห็นว่ามีความใกล้เคียงกันของจำนวนต่อเริ่มต้น

ก่อนที่จะทำการเขตกรรมแต่ละกรรมวิธี ซึ่งเมื่อตรวจสอบความงอกของอ้อยต่อ 1 ย่อมเป็นผลเนื่องมาจากการทำการเขตกรรมด้วยวิธีต่างๆ ที่ศึกษา หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและทำการเขตกรรมตามกรรมวิธีต่างๆ และตรวจวัดความงอกที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยว ของอ้อยต่อ 1 พบว่า ความงอกของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์เค 95-84 ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) แต่เมื่อพิจารณาถึงผลของการเขตกรรมแต่ละวิธีหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกพบว่า กรรมวิธีการเขตกรรมที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความงอกของอ้อยต่อ 1 ที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้เห็นได้ว่าจำนวนหน่อต่อพื้นที่ (หน่อ/ไร่) และเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่อ 1 ในแต่ละกรรมวิธีที่ทำการเขตกรรมมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 2) การใช้รถไถเดินตามไถดัดรากมีผลทำให้ความงอกของอ้อยต่อ 1 มากที่สุด ซึ่งการเขตกรรมด้วยวิธีดังกล่าวมีแนวโน้มให้จำนวนหน่อต่อไร่มากที่สุดทุกระยะที่ทำการประเมิน แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติไปจากการใช้จอบ

หมุนบั่นระหว่างร่องอ้อย และการไม่เผาใบอ้อย ในขณะที่การเผาใบอ้อยหลังจากเก็บเกี่ยว และการใช้จอบหมุนบั่นต่ออ้อยมีแนวโน้มให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ

สำหรับการเจริญเติบโตของอ้อยต่อ 1 พบว่าในลักษณะความสูงและความยาวใบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ในลักษณะความกว้างใบ และขนาดเส้นรอบวงไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ข้อมูลไม่ได้แสดง) เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยต่อ 1 พบว่า การเขตกรรมทุกกรรมวิธีในการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามการเขตกรรมด้วยวิธีการใช้รถไถเดินตามไถดัดรากมีแนวโน้มให้จำนวนลำต่อไร่และให้ผลผลิตน้ำหนักรากมากที่สุด เท่ากับ 7.03 ตัน/ไร่ รองลงมา คือ การใช้จอบหมุนบั่นระหว่างร่องอ้อย การไม่เผาใบ การเผาใบอ้อย และการใช้จอบหมุนบั่นต่ออ้อย โดยมีผลผลิต เท่ากับ 6.86, 6.33, 5.36 และ 4.69 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งข้อมูลผลผลิตมีความสอดคล้องกับความงอกของอ้อยในแต่ละระยะที่ประเมิน

ตารางที่ 1 ความงอก ความยาวลำ จำนวนลำ และผลผลิตของอ้อยปลูกในเขตพื้นที่บ้านโนนศิลา ตำบลหนองกุ้ง อำเภอหนองกุ้ง ศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2557

พันธุ์อ้อย	ความงอก 1 เดือน (หน่อ/ไร่)	ความงอก 2 เดือน (หน่อ/ไร่)	ความงอก 3 เดือน (หน่อ/ไร่)	ความยาวลำ (ม.)	จำนวนลำ (ลำ/ไร่)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
ขอนแก่น 3	874.0	1,039.0	1,252.6	2.52	11,620.3	16.37
เค 95-84	680.4	1,053.1	1,288.0	2.41	12,870.1	16.45
F-test	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	12.7	8.4	16.7	7.2	7.6	14.4

n.s. = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การเขตกรรมที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความงอกของอ้อยต่อ 1 แตกต่างกัน กรรมวิธีที่ให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่มากจะมีแนวโน้มให้จำนวนลำต่อไร่และผลผลิตของอ้อยต่อ 1 มากตามมาด้วย ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้การเขตกรรมที่ให้ผลดี คือ กรรมวิธีการใช้รถไถเดินตามไถดัดรากและการใช้จอบหมุนบั่นระหว่างร่องอ้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการไถดัดรากอ้อยและการใช้จอบหมุนบั่นระหว่างร่องอ้อยเป็นการเร่งการสลายตัวของรากเก่าและทำ

ในดินบริเวณรากเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากใหม่จึงส่งผลทำให้อ้อยตงออกได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ การไถดัดรากอ้อยและการใช้จอบหมุนบั่นระหว่างร่องอ้อยหลังเก็บเกี่ยวอ้อยยังเป็นการตัดท่อน้ำระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่างทำให้น้ำจากดินชั้นล่างระเหยได้เข้าเป็นการรักษาความชื้นของดินชั้นล่างเอาไว้เมื่อรากอ้อยเจริญเติบโตลงไปในดินชั้นล่างได้จึงส่งผลทำให้อ้อยตงออกได้ดี อีกทั้งเมื่อฝนตกลงมาทำให้น้ำมีการไหลซึมลงสู่ดินได้มากขึ้น ซึ่งจาก

การศึกษาของ กอบเกียรติ (2549) พบว่า การได้ไถดัดราก อ้อยหลังการเก็บเกี่ยวทำให้อ้อยโตสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่าปกติ 12.5 % ในดินชุดวารินซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย อย่างไรก็ตามในอ้อยต่อ 2 ผลผลิตลดลงจากอ้อยต่อ 1 ถึง 74 % เนื่องจากจำนวนลำ ความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางของลำอ้อยลดลง วัฒนศักดิ์ และคณะ (2549) พบว่า การพรุนดินระหว่างแถวอ้อยต่อมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย และการใช้ไถระเบิดดินดานร่วมกับการใช้จอบหมุนไถพรุนระหว่างแถวอ้อยหลังฝนตกหรือหลังให้น้ำ 2-3 วันช่วยให้อ้อยมีการเจริญเติบโตดีทำให้มีจำนวนลำ น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ และค่าความหวานที่สูงกว่าการไม่ไถพรุน และจากการศึกษาของ นุชจรินทร์ และอรรถสิทธิ์ (2555) พบว่า การใช้ไถรียประหว่างร่องอ้อยเป็นการนำความชื้นจากดินชั้นล่างให้ขึ้นมาเป็นประโยชน์กับบริเวณรากอ้อยซึ่งเป็นวิธีทางเขตกรรมที่ช่วยให้อ้อยทนแล้งได้วิธีการดังกล่าวส่งผลทำ

ให้ผลผลิตของอ้อยต่อเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีไม่มีการไถรียปเปอร์ และไม่มีมีการพรุนดินปิดความชื้น การใช้ไถลั่วหรือเครื่องไถระเบิดดินชั้นล่างระหว่างแถวอ้อยเพื่อตัดรากเก่าและแยกดินบริเวณรากให้แตกออกทำให้ดินมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของรากจะช่วยส่งเสริมการงอกของอ้อยต่อ และช่วยทำให้ผลผลิตของอ้อยต่ออยู่ในเกณฑ์ที่ดี จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การให้ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยที่ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ลดลงถึง 45.1 % ส่วนอ้อยพันธุ์เค 95-84 ผลผลิตลดลง 55.5 % เมื่อเทียบกับผลผลิตของอ้อยปลูกในขณะที่การเขตกรรมด้วยวิธีการต่าง ๆ ผลผลิตอ้อยต่อ 1 ลดลง 41.9-63.1 % เมื่อเทียบกับผลผลิตของอ้อยปลูก ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากสภาพความแห้งแล้งเป็นระยะเวลาที่ยาวนานในช่วงที่ทำการทดลองดังนั้นจึงส่งผลให้ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ

ตารางที่ 2 จำนวนหน่อต่อพื้นที่ของอ้อยต่อ 1 ที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยว ในเขตพื้นที่บ้านโนนศิลา ตำบลหนองกุงศรี อำเภอนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

กรรมวิธี	จำนวนหน่อต่อพื้นที่ (หน่อ/ไร่)			
	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
พันธุ์อ้อย (A)				
ขอนแก่น 3	1,349.3(48.5) ^{2L}	2,025.3 (72.8)	2,098.8 (75.4)	2,103.3 (75.6)
เค 95-84	874.5 (31.4)	1,538.8 (55.3)	1,783.2 (64.1)	1,789.4 (64.3)
F-test (A)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
วิธีทางเขตกรรม (B)				
ไม่เผา	892.6bc ^{1L} (32.1)	1,624.4bc (58.4)	1,764.6b (63.4)	1,770.6b (63.6)
เผาใบ	1,312.8a (47.2)	1,896.6ab (68.1)	2,001.4ab (71.9)	2,008.3ab (72.2)
รถไถเดินตามไถดัดราก	1,358.0a (48.8)	2,049.6a (73.6)	2,136.3a (76.8)	2,142.6a (77.0)
จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย	1,166.6ab (41.9)	1,826.4ab (65.6)	2,041.8ab (73.4)	2,041.8ab (73.4)
จอบหมุนปั่นต่ออ้อย	829.4c (29.8)	1,513.1c (54.4)	1,761.0b (63.3)	1,768.4b (63.5)
F-test (B)	**	**	**	**
พันธุ์อ้อย (A) × วิธีทางเขตกรรม (B)				
ขอนแก่น 3 × ไม่เผา	1,055.0cd (37.9)	1,931.2 (69.4)	1,926.2 (69.2)	1,934.3 (69.5)
ขอนแก่น 3 × เผาใบ	1,753.4a (63.0)	2,245.9 (80.7)	2,308.5 (83.0)	2,317.1 (83.3)
ขอนแก่น 3 × รถไถเดินตามไถดัดราก	1,596.9ab (57.4)	2,270.6 (81.6)	2,277.7 (81.8)	2,286.3 (82.2)
ขอนแก่น 3 × จอบหมุนปั่นระหว่างร่อง	1,317.6bc (47.3)	1,954.0 (70.2)	2,100.4 (75.5)	2,091.3 (75.1)
ขอนแก่น 3 × จอบหมุนปั่นต่ออ้อย	1,023.6cde (36.8)	1,724.7 (62.0)	1,881.2 (67.6)	1,887.3 (67.8)
เค 95-84 × ไม่เผา	730.2ef (26.2)	1,317.6 (47.3)	1,603.0 (57.6)	1,607.0 (57.7)
เค 95-84 × เผาใบ	872.1def (31.3)	1,547.4 (55.6)	1,694.3 (60.9)	1,699.4 (61.1)
เค 95-84 × รถไถเดินตามไถดัดราก	1,119.1cd (40.2)	1,828.7 (65.7)	1,994.9 (71.7)	1,998.9 (71.8)
เค 95-84 × จอบหมุนปั่นระหว่างร่อง	1,015.6cdf (36.5)	1,698.9 (61.0)	1,983.2 (71.3)	1,992.4 (71.6)
เค 95-84 × จอบหมุนปั่นต่ออ้อย	635.2f (22.8)	1,301.4 (46.8)	1,640.8 (59.0)	1,649.4 (59.3)

กรรมวิธี	จำนวนหน่อต่อพื้นที่ (หน่อ/ไร่)			
	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
F-test (A x B)	*	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	17.5	11.1	11.8	11.7

n.s. = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 % ตามลำดับ

^{1L} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

^{2L} ตัวเลขในวงเล็บ คือ เปอร์เซ็นต์การออก

ตารางที่ 3 เส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนลำ และผลผลิตของอ้อยต่อ 1 ที่ปลูกในเขตพื้นที่บ้านโนนศิลา ตำบลหนองกุ้งศรี อำเภอนองกุ้งศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

กรรมวิธี	เส้นผ่าศูนย์กลางลำ (ซม.)	จำนวนลำ (ลำ/ไร่)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
พันธุ์อ้อย (A)			
ขอนแก่น 3	2.74	5,399.5	6.38 (45.1)
เค 95-84	2.75	4,471.8	5.73 (55.5)
F-test (A)	n.s.	n.s.	n.s.
วิธีทางเขตกรรม (B)			
ไม่เผา	2.76	5,300.7	6.33 (47.6)
เผาใบ	2.80	4,482.8	5.36 (56.3)
รถไถเดินตามไถตัดราก	2.73	5,708.9	7.03 (42.8)
จอบหมุนป็นระหว่างร่องอ้อย	2.71	4,670.7	6.86 (41.9)
จอบหมุนป็นต่ออ้อย	2.71	4,515.1	4.69 (63.1)
F-test (B)	n.s.	n.s.	n.s.
พันธุ์อ้อย (A) x วิธีทางเขตกรรม (B)			
ขอนแก่น 3 x ไม่เผา	2.80	6,311.1	7.81 (30.4)
ขอนแก่น 3 x เผาใบ	2.72	4,496.9	5.07 (57.9)
ขอนแก่น 3 x รถไถเดินตามไถตัดราก	2.67	5,862.3	7.21 (38.7)
ขอนแก่น 3 x จอบหมุนป็นระหว่างร่อง	2.80	5,652.5	6.49 (42.5)
ขอนแก่น 3 x จอบหมุนป็นต่ออ้อย	2.70	4,674.7	5.29 (55.0)
เค 95-84 x ไม่เผา	2.72	4,290.4	4.84 (62.6)
เค 95-84 x เผาใบ	2.87	4,468.6	5.63 (54.8)
เค 95-84 x รถไถเดินตามไถตัดราก	2.80	5,555.5	6.86 (46.6)
เค 95-84 x จอบหมุนป็นระหว่างร่อง	2.62	3,688.9	7.23 (41.3)
เค 95-84 x จอบหมุนป็นต่ออ้อย	2.72	4,355.5	4.10 (70.2)
F-test (A x B)	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	6.2	6.9	10.6

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตอ้อยต่อ 1 เมื่อเทียบกับอ้อยปลูก

n.s. = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

วารสารเกษตรพระวรุณ

Volume 13 Number 2 July – December 2016

จากสถิติปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนตุลาคม 2557 พบว่ามีปริมาณฝนเพียงเล็กน้อย (57.7 มม.) ซึ่งในช่วงเดือนดังกล่าวเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยปลูก และทำการเกษตรกรรมตามวิธีต่างๆ ที่ศึกษา และในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557 - มกราคม 2558 พบว่า ไม่มีปริมาณฝน และในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน มีฝนตกเพียงเล็กน้อย (ศูนย์ประมวลวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ สำนักงานชลประทานที่ 6, 2559) จึงทำให้การงอกของอ้อยต่อ 1 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และส่งผลทำให้ผลผลิตของอ้อยต่อต่ำด้วย การเกษตรกรรมโดยการไถดินตามไถดัดราก และการใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อยหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกถึงแม้ว่าจะสามารถทำให้อ้อยโต มีความงอกสูงถ้าหากไม่มีการให้น้ำชลประทานหรือฝนไม่ตกเป็นเวลานานก็จะไม่สามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อ 1 ได้ ดังนั้นในการผลิตอ้อยและการไถดัดรากให้ได้หลายต่อจึงควรมีการให้น้ำชลประทานแก่อ้อยควบคู่กันไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

ความงอกของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และอ้อยพันธุ์เค 95-84 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และส่งผลทำให้ผลผลิตของอ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอ้อย

พันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิต 16.37 ตัน/ไร่ และอ้อยพันธุ์เค 95-84 ให้ผลผลิต 16.45 ตันต่อไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และทำการเกษตรกรรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่า วิธีทางเกษตรกรรมที่ต่างกันมีผลต่อการงอกของอ้อยต่อ 1 ซึ่งทำให้จำนวนหน่อต่อไร่แตกต่างกันในทางสถิติทั้งที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 เดือน หลังจากเก็บเกี่ยว การไถดินตามไถดัดรากมีผลทำให้ความงอกของอ้อยต่อ 1 มากที่สุด ซึ่งการเกษตรกรรมด้วยวิธีดังกล่าวให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่มากที่สุดทุกระยะที่ทำการประเมิน แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติไปจากการใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย และการไม่เผาใบอ้อย ซึ่งมีจำนวนหน่อต่อพื้นที่มากรองลงมาตามลำดับ ในขณะที่การเผาอ้อยหลังจากเก็บเกี่ยว และการใช้จอบหมุนปั่นต่ออ้อยมีแนวโน้มให้จำนวนหน่อต่อพื้นที่ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีทางเกษตรกรรมที่ต่างกันมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยต่อ 1 แตกต่างกัน ลักษณะความสูง และความยาวของใบ แต่ไม่มีผลทำให้ผลผลิตของอ้อยต่อ 1 แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในกรรมวิธีการไถดินตามไถดัดรากมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยต่อ 1 มากที่สุด รองลงมา คือ การใช้จอบหมุนปั่นระหว่างร่องอ้อย การไม่เผาใบ การเผาใบอ้อย และการใช้จอบหมุนปั่นต่ออ้อย ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2549. ผลของการไถดัดรากอ้อยและปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่าง ๆ ที่มีต่ออ้อยต่อที่ปลูกในดินทราย. การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติ ครั้งที่ 6 (6th TSSCT Congress) ระหว่างวันที่ 17-19 สิงหาคม 2549 ณ โรงแรมเบเวอร์ลี ฮิลล์ ปาร์ค จังหวัดนครสวรรค์.
- นุชจรินทร์ พึ่งพา และ อรรถสิทธิ์ บุญธรรม. 2555. การศึกษาวิธีทางเกษตรกรรมที่ช่วยให้อ้อยทนแล้ง. เกษตร 40 (ฉบับพิเศษ 3): 92-95.
- วัฒนศักดิ์ ชมภูนิช อรรถสิทธิ์ บุญธรรม พูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน นริศร ขจรผล และยงยุทธ เขียวชะอุ่ม. 2549. ผลของการพรวนดินระหว่างแถวอ้อยต่อที่มีผล ต่อการเจริญเติบโตของอ้อยต่อ. รายงานผลการ วิจัยประจำปี 2549. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- ศูนย์ประมวลวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ สำนักงานชลประทานที่ 6. 2559. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน. (สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2559). Available from: URL: [http:// www. www.rid6.net/wmsc/download/rainmonth.pdf](http://www.rid6.net/wmsc/download/rainmonth.pdf).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2558. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.
- อรรถสิทธิ์ บุญธรรม . 2544. สถานการณ์การผลิตอ้อยและน้ำตาล. ข่าวสารสมาคมนักวิจัยอ้อยและน้ำตาลแห่งประเทศไทย.
- Bricker, A.A. 1989. MSTAT-C User's Guide. Michigan State University.
- Gomez, K.A. and Gomez, A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons: New York.

ผลของการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ

วิวัฒน์ วรามิตร^{1*} สรสิทธิ์ พ่วงบริสุทธิ์² วิทวัส เวชกุล¹ นฤมล เวชกุล¹
และวรพิต พัฒนพานิช¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
วิทยาเขตจันทบุรี

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ โดยทำการทดลองในไก่เนื้อ ที่อายุ 0 – 35 วัน จำนวน 120 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) แบ่งออกเป็น 3 ทรีทเมนต์ (กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร) ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว โดยไก่เนื้อแต่ละกลุ่มจะได้รับสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานและโปรตีนเท่ากันทุกกลุ่ม ผลการศึกษา พบว่า การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทน 4 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อในช่วงอายุ 7-35 วัน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่เนื้อกลุ่มที่ใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร พบว่า ไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตส่วนใหญ่ของไก่เนื้อ ได้แก่ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย (ช่วงอายุ 7-21 วัน และ 21-35 วัน), ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย, อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเลี้ยงรอด ในทุกๆ ช่วงของการทดลอง เป็นต้น

คำสำคัญ: แป้งจากเมล็ดทุเรียน, ปลายข้าว, สมรรถนะการผลิต และ ไก่เนื้อ

* ผู้เขียนที่ติดต่อ : E-mail: wiwat-waramit@hotmail.com

Effect of Dietary Substitution of Durian Seed Starch for Broken Rice on Productive Performance in Broiler

Wiwat Waramit^{1*} Saranrat Phuangborisut² Wittawas Wetchagool¹ Narumon Wetchagool¹
and Vorapis Phattapanit¹

¹*Department of Animal Production Technology Faculty of Agro – Industrial Technology Rajamangala
University of technology Tawan – Ok, Chanthaburi Campus*

²*Department of Product Development and Management Technology Faculty of Agro – Industrial Technology
Rajamangala University of technology Tawan – Ok, Chanthaburi Campus*

Abstract

The experiment was conducted to determine the effect of dietary substitution of durian seed starch for broken rice on productive performance in 120 broilers at the age 0 – 35 days old. Completely Randomized Design (CRD) was used in this experiment which was divided into 3 treatments (control, substitution of durian seed starch for broken rice at 2 and 4 percentage in ration) with 4 replications for each treatment and 10 birds for each replication. All treatments were fed with layer diets containing the same level of energy and protein. The results showed that at 7 - 35 days substitution of durian seed starch, 4 percentage treatment had average body weight gained higher than control group at significant difference ($P < 0.05$) but no difference in 2 percentage substitution group. Moreover, 2 and 4 percentage substitution groups had no effect on productive performance in broiler for average body weight gained (at 7 – 21 and 21 - 35 days), average feed intake, *feed* conversion ratio and survival rate throughout the experiment period (7 - 35 days).

Keywords: Durian seed starch, broken rice, productive performance and broiler

*Corresponding author : E-mail: wiwat-waramit@hotmail.com

ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์ หรือ วัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศผลิตได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอในปัจจุบัน ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ จำเป็นต้องพึ่งพาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาแพงกว่าส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตสัตว์ที่สูงขึ้น เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์จึงจำเป็นต้องหาแนวทางใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาที่ไม่กระทบต่อประสิทธิภาพทางการผลิต และทำให้ลดต้นทุนลง แนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ คือการนำวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร ที่พบมากในจังหวัดจันทบุรี คือ เมล็ดทุเรียนซึ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปทุเรียนที่มีมากมายในจังหวัดจันทบุรี วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปทุเรียน ได้แก่ เปลือกทุเรียน และเมล็ดทุเรียน เปลือกทุเรียนและเมล็ดทุเรียนจำนวนมากจะถูกกำจัดทิ้งเป็นขยะ ซึ่งหากจัดการได้ไม่ดีจะก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมอีกต่อหนึ่ง สำหรับปริมาณเมล็ดทุเรียนมีมากถึงร้อยละ 20 - 25 โดยน้ำหนัก การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณามากกว่าการกำจัดทิ้งเป็นขยะแต่ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนากระบวนการที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากจากเมล็ดทุเรียนโดยไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนยุ่งยากเพื่อทำให้บริสุทธิ์ (purification) เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำจนทำให้มีความเป็นไปได้เพิ่มขึ้นในการพัฒนาสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้ การนำเอาเมล็ดทุเรียนมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นแป้ง แล้วใช้เป็นวัตถุดิบผสมในสูตรอาหารสัตว์ทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาแพง เช่น ปลาสด เพื่อใช้ลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ แต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแป้งจากเมล็ดทุเรียนมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านปศุสัตว์ยังไม่เคยมีปรากฏ อย่างไรก็ตาม ธรรมชาติของทุเรียนและคณะ (2558) ได้ศึกษาการประเมินค่าพลังงานงานที่ใช้ประโยชน์ได้และการย่อยได้ของเศษเหลือจากเปลือกทุเรียนเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง และรายงานของ ณิชฐา (2555) มีการนำเอาเศษเหลือจากทุเรียนมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ ทำการทดลองสกัดสารเจลพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide Gel : PG) จากเปลือกทุเรียน (*Durio zibethinus*) ต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน การเพิ่มน้ำหนัก อัตราแลกเนื้อ การต้านแบคทีเรียโดยรวม และเชื้อซัลโมเนลลาในมูลและปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อของไก่เนื้อ พบว่า PG ไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการ

เพิ่มน้ำหนักไก่และอัตราแลกเนื้อ ช่วยลดปริมาณแบคทีเรียในมูลไก่ เพิ่มการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของไก่ และลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ได้ จากการค้นคว้าเอกสาร พบว่า ในเมล็ดทุเรียน 1 เมล็ด มีสารอาหารมากมาย อาทิเช่น พลังงาน 254.5 กิโลแคลอรี โปรตีน 2.9 กรัม ไขมัน 2.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 56 กรัม โยอาหาร 1.9 กรัม น้ำ 47.8 มิลลิกรัม เถ้า 1.3 มิลลิกรัม (Wikipedia, 2012) ดังนั้นการศึกษผลของการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียน ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร และระดับที่เหมาะสมต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ จะช่วยให้เกษตรกรผู้สัตว์ ลดต้นทุนการผลิต เกิดการใช้ประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าจากวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น ตอบสนองกระแสการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร มาใช้ในกระบวนการผลิตสัตว์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางโภชนาของแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่วิเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการ

รายการ	ปริมาณโภชนา
ความชื้น (%)	12.69
เถ้า (%)	3.64
โปรตีน (%)	6.75
ไขมัน (%)	0.43
เยื่อใยหยาบ (%)	1.40
ผนังเซลล์ (%)	75.09
แคลเซียม (%)	0.05
ฟอสฟอรัส (%)	0.34
พลังงานรวม (kcal/kg.)	3,604.44

การเตรียมแป้งจากเมล็ดทุเรียน นำเมล็ดทุเรียนที่จะใช้ทำเป็นแป้งมาล้างทำความสะอาด คัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมา ผึ่งลมให้แห้ง ทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 °C นาน 12 ชั่วโมง นำเมล็ดทุเรียนที่อบแห้งดีแล้ว มากระเทาะเปลือกนอกออกจนเหลือแต่เนื้อด้านใน นำเข้าเครื่องบดอาหารสัตว์ บดให้ละเอียด บรรจุถุงเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ แป้งจากเมล็ดทุเรียนที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษา ควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองในไก่เนื้อสายพันธุ์คอปป์ จำนวน 120 ตัว เลี้ยงสัตว์ทดลองในโรงเรือนระบบเปิดที่ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น เลี้ยงไก่เนื้อในคอกแบ่ง

ขนาด 2 X 2 เมตร กรงละ 10 ตัว เมื่อลูกไก่เนื้ออายุประมาณ 1 วัน เดินทางมาถึง ทำการกกลูกไก่ทั้งหมดรวมกัน เป็นเวลา 7 วันเพื่อปรับสภาพให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม และอาหาร ไก่ทดลองที่เลี้ยงจะได้รับอาหารในปริมาณ และองค์ประกอบทางโภชนาที่เท่าๆกันทุกกลุ่มตามความต้องการของไก่เนื้อ (NRC, 1994) โดยให้อาหาร และน้ำแบบเต็มที่ (ad libitum) ตลอดการทดลอง และทำวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล และหลอดลมอักเสบ ตามโปรแกรมก่อนเข้าสู่งการทดลอง ทำการทำการสุมลูกไก่เนื้อ แล้วชั่งน้ำหนักตัวเริ่มต้นของลูกไก่ทุกตัว เพื่อแบ่งเข้าแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยแต่ละกลุ่มทดลองจะมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้นใกล้เคียงกันมากที่สุดในทุกๆ กลุ่มทดลอง จากนั้นทำการสุมลูกไก่เนื้อเข้ากับสิ่งทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ รวม 12 หน่วยทดลองโดยในการทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ บ สุ่ม สม บู รณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบไปด้วย 3 ทรีทเมนต์ (treatment), ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ (replication) ซ้ำละ 10 ตัว รวม 12 กลุ่ม (หน่วยทดลอง) โดยไก่เนื้อแต่ละตัวจะได้รับ การสุมเข้าทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 (T1) : กลุ่มควบคุม (control) ได้รับสูตรอาหารไก่เนื้อปกติ

ทรีทเมนต์ที่ 2 (T2) : ได้รับสูตรอาหารสัตว์ที่มีแบ่งเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าว ที่ระดับ 2 %

ทรีทเมนต์ที่ 3 (T3) : ได้รับสูตรอาหารสัตว์ที่มีแบ่งเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าว ที่ระดับ 4 %

การเก็บข้อมูล ทำการจดบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์ทดลอง บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของสัตว์ทดลองทุกสัปดาห์ บันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือ บันทึกจำนวนและชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองที่ตาย เพื่อบันทึกหาอัตราการ

ตารางที่ 2 สูตรอาหารไก่เนื้อในงานทดลอง ระยะ 0 - 21 วัน และ 21 - 42 วัน

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ระยะ 0 - 21 วัน			ระยะ 21 - 42 วัน		
	กลุ่มควบคุม	ทดแทน 2 %	ทดแทน 4 %	กลุ่มควบคุม	ทดแทน 2 %	ทดแทน 4 %
ข้าวโพด	33.5	34.8	33.7	36.5	35.6	36
ปลายข้าว	15	13.72	13.44	17.5	17.15	16.8
แบ่งเมล็ดทุเรียน	0	0.28	0.56	0	0.35	0.70
รำละเอียด	8.1	8.8	9.1	11.3	11.5	11
กากถั่วเหลือง	24.3	24.6	24.3	18	18	18
ปลาป่น	11.5	11.6	11.5	10.3	10.3	10.3
น้ำมันพืช	3.8	3.7	3.8	2.7	3	3
เปลือกหอยป่น	1	0.5	0.7	0.7	0.9	0.7
Dicalcium phosphate	1.3	0.5	1	1	1	1

เจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินได้ต่อวัน อัตราการการแลกเนื้อ และอัตราเลี้ยงรอด และทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยนำข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรม SAS (statistical analysis system) system for windows version 9.0 (มนต์ชัย, 2544)

ผลการวิจัย

ผลของการใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ต่อสมรรถนะการผลิตต่างๆ ของไก่เนื้อพบว่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ แต่ละช่วงอายุ พบว่าช่วงอายุ 7-21 และ 21 - 35 วัน อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ช่วงอายุ 7 - 35 วัน อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่เนื้อในกลุ่มที่ใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย สูงกว่าไก่เนื้อในกลุ่มควบคุม (โดยมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 40.58 และ 38.60 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่เนื้อกลุ่มที่ใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ซึ่งมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 39.55 กรัม/ตัว/วัน อย่างไรก็ตาม

DL-methionine	1	0.5	1	1	1	1
เกลือป่น	0.25	0.5	0.45	0.5	0.6	0.75
ฟอสฟอรัส	0.25	0.5	0.45	0.5	0.6	0.75
% โปรตีนรวม	23.031	23.034	23.08	20.363	20.310	20.28
% พลังงานรวม	3,151.35	3,155.31	3,150.77	3,150.83	3,152.68	3,152.98

ไก่เนื้อในกลุ่มที่ใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ก็ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่เนื้อในกลุ่มควบคุมด้วยเช่นกันดังแสดงในตารางที่ 3

ในขณะที่ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเลี้ยงรอดของไก่เนื้อแต่ละช่วงอายุ จากการใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยอัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเลี้ยงรอดของไก่เนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกช่วงอายุ (7 - 21 วัน, 21-35 วัน และ 7 - 35 วัน) ดังแสดงในตารางที่ 3

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ใช้ทดแทนที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในช่วงอายุ 7 - 35 วัน แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่เนื้อกลุ่มที่ใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ในสูตรอาหารไก่เนื้อทั้ง 3 กลุ่ม มีระดับพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้น อาจเกิดมาจากความผันแปรของวัตถุดิบ ที่เป็นองค์ประกอบของสูตรอาหาร ส่งผลต่อความน่ากินของอาหารแต่ละสูตร จึงมีผลทำให้อัตราการกินได้ของไก่เนื้อแตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ สาริ (2547) ที่อธิบายว่าอาหารที่มีความน่ากินสูง จะส่งผลต่ออัตราการกินได้ของสัตว์ กระตุ้นการหลั่งน้ำลาย มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารดีกว่า สูตรอาหารที่มีความน่ากินต่ำหรือความแตกต่างที่พบนั้น อาจเกิดจากการที่สูตรอาหารแปรปรวนจนขาดดุลยภาพ ดูได้จากมีค่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกลุ่มที่ใช้ทดแทนที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 40.58 และกลุ่มควบคุม

เท่ากับ 38.60 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งไม่ห่างกันมาก และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยในช่วงอายุ 7 - 21 วัน และ 21 - 35 วัน ก็ยังไม่มีแตกต่างทางสถิติด้วย แต่ผลการศึกษาที่แสดงออกมามีแนวโน้มที่ดี สนับสนุนแนวความคิดการใช้เศษเหลือทางการเกษตรในท้องถิ่น มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือทางการเกษตร สามารถลดต้นทุนการผลิตสัตว์ลงได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของการผลิตสัตว์

อย่างไรก็ตาม การใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตส่วนใหญ่ของไก่เนื้อ ตลอดช่วงของการทดลอง (7 - 35 วัน) ได้แก่ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย (ช่วงอายุ 7 - 21 วัน และ 21 - 35 วัน), ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย, อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเลี้ยงรอด เป็นต้น ใกล้เคียงกับกับรายงานของ ณัฏฐา (2555) ที่ทำการทดลองสกัดสารเจลาตินและคอลลาเจนจากเปลือกทุเรียน ต่อการเพิ่มน้ำหนัก อัตราแลกเนื้อ และปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อของไก่เนื้อ โดยวิธีการฉีดพ่นสารสกัดจากเปลือกทุเรียนเคลือบไปที่อาหาร ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มน้ำหนักไก่ และอัตราแลกเนื้อ ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และไก่เนื้อกลุ่มทดลอง ยังมีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ไม่ได้รับสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทั้งนี้ ในการทดลองการใช้แบ่งจากเมล็ดทุเรียน ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารของไก่เนื้อครั้งนี้ ใช้สูตรอาหารที่ผสมขึ้นเอง โดยไม่ผ่านกระบวนการอัดเม็ด ทำให้สูตรอาหาร มีความฟุ้งค่อนขางจะสูง จำเป็นจะต้องมีการเลี้ยงปรับสัตว์ทดลอง เพื่อช่วยให้สัตว์ทดลองคุ้นเคยกับสูตรอาหาร เพราะถ้าหากให้สัตว์ทดลองได้รับการเปลี่ยนอาหารแบบฉับพลัน อาจทำให้สัตว์เกิดความเครียด และอาหารที่มีความเป็นฝุ่นสูงนั้นจะทำให้ไก่กินน้ำมากขึ้น กระเพาะเต็มเร็ว ทำให้กินอาหารได้น้อยลง อาจส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับรายงานของ พันทิพา (2543) ที่กล่าวว่า อาหารสัตว์ที่ผสมขึ้นใช้เอง มักเป็น

ผง ส่วนมากสัตว์จะไม่ค่อยชอบกินอาหารผง เพราะกินแล้วติดคอ ต้องกินน้ำตาม กินน้ำเยอะ โดยอาหารมีความฟามสูง ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลงกว่าอาหารที่อัดเม็ด และอาหารที่มีลักษณะเป็นผง จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากกว่าอาหารอัดเม็ด อาหารที่มีลักษณะความฟามสูง สามารถวิเคราะห์หาได้จากค่าวิเคราะห์เยื่อใย (crude fiber) ได้วิธีการลดความฟามของอาหารลง ได้แก่ การใช้น้ำมัน หรือใช้กากน้ำตาลผสมลงในสูตรอาหาร แต่ไม่ควรเกิน 3% และวิธีการทำเป็นอาหารเหลว ก็จะสามารถเพิ่มความน่ากิน และลดความฟามของอาหารลงได้

สรุปผลการวิจัย

การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร พบว่า กลุ่มที่ใช้ทดแทนที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงอายุ 7 – 35 วัน แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่เนื้อกลุ่มที่ใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้น การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร พบว่า ไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตส่วนใหญ่ของไก่เนื้อ ได้แก่ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย (ช่วงอายุ 7 - 21 วัน และ 21 - 35 วัน), ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย, อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเลี้ยงรอด ในทุกๆ ช่วงของการทดลอง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารของไก่เนื้อ จำเป็นต้องพิจารณาถึงต้นทุนของการผลิตที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตแป้งจากเมล็ดทุเรียนนั้น มีขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายพอสมควร
2. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบที่ระดับของการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนที่

ตารางที่ 3 ผลของการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียน ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	ทรिटเมนต์		%CV	F-test	
		ทดแทน 2 %	ทดแทน 4 %			
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)						
- อายุ 7 – 21 วัน	27.72	27.28	27.93	3.19	0.59	ns
- อายุ 21 – 35 วัน	53.98	49.27	53.51	6.21	0.13	ns
- อายุ 7 – 35 วัน	38.60 ^b	39.55 ^{ab}	40.58 ^a	2.51	0.05	*
ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)						
- อายุ 7 – 21 วัน	57.75	57.68	57.42	2.05	0.92	ns
- อายุ 21 – 35 วัน	66.91	67.27	67.53	2.58	0.88	ns
- อายุ 7 – 35 วัน	64.62	63.70	63.99	2.71	0.75	ns
อัตราการแลกเนื้อ						
- อายุ 7 – 21 วัน	1.85	1.88	1.87	3.52	0.73	ns
- อายุ 21 – 35 วัน	1.75	1.73	1.74	3.07	0.77	ns
- อายุ 7 – 35 วัน	1.72	1.69	1.71	1.71	0.38	ns
อัตราการเลี้ยงรอด (%)						
- อายุ 7 – 21 วัน	97.50	95.00	97.50	2.99	1.00	ns
- อายุ 21 – 35 วัน	97.50	97.50	97.50	5.13	1.00	ns
- อายุ 7 – 35 วัน	95.00	92.50	95.00	5.87	0.76	ns

หมายเหตุ: ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

* อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ทุเรียนนั้น จะสามารถทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารได้สูงที่สุดที่ระดับใดโดยไม่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของการผลิตสัตว์ และให้ผลคุ้มค่ามากที่สุด

3. ควรทำการประเมินคุณค่าทางโภชนา ของแป้งจากเมล็ดทุเรียนทุกครั้ง เนื่องจากความแตกต่างในเรื่องสายพันธุ์ ถิ่นกำเนิด และปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศที่เพาะปลูก ทำให้ไม่สามารถระบุปริมาณคุณค่าทางโภชนา การประเมินคุณค่าทางโภชนา ถูกต้องแม่นยำ จึงส่งผลให้การทดลองมีความยุ่งยาก ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำขึ้น เพื่อให้สามารถนำผลที่ได้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลต่อไป

4. ในการนำองค์ความรู้ไปใช้ประโยชน์นั้น ควรคำนึงถึงจุดคุ้มทุน ราคาขายของสินค้า พร้อมทั้งคำนึงถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อม และการจัดการเลี้ยงดูไก่เนื้อที่มีความแตกต่างกัน

5. ในการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารของไก่เนื้อ ควรมีการเลี้ยงปรับสัตว์เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับสูตรอาหารที่ผสมขึ้นเอง โดยไม่ผ่านกระบวนการอัดเม็ด เพราะถ้าหากให้สัตว์ทดลองได้รับการเปลี่ยนอาหารแบบฉับพลัน อาจทำให้สัตว์เกิดความเครียด และอาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการอัดเม็ด จะค่อนข้างฟามสูง ทำให้ไก่กินน้ำมากขึ้น กระเพาะเต็มเร็วทำให้กินอาหารได้น้อยลง อาจส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี เอื้อเฟื้อสถานที่วิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย (เงินรายได้) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

เอกสารอ้างอิง

- ณัฏฐา กิจประเทือง. 2555. ผลของสารสกัดเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน *Durio zibethinus* ต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในไก่ และปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อของไก่. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนรรษมลวรรณ พลมัน, ถาวรณ สุบรรณรัตน์ และ ทรงศักดิ์ จำปาเวดี. 2558. การประเมินค่าพลังงานงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และการย่อยได้ของเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ว. แก่นเกษตร ปีที่ 43 ฉบับพิเศษ 1 หน้า 491 - 498.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2543. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 1: โภชนะ. พิมพ์ครั้งที่ 2 . สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.
- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ขอนแก่น.
- สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. National academy press. Washington, D.C. USA.
- Wikipedia. 2012. สารานุกรมเสรี เรื่อง ทุเรียน [online]. [Accessed July 2, 2014]. Available from URL: <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99>.

ลักษณะฟีโนไทป์และการจำแนกสายพันธุ์โก๋พื้นเมืองไทยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

อรอนงค์ ไชยเชษฐา^{1*}, นัตติยา ประกอบแสง² และ นวพรรษ ผลดี¹

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของลักษณะภายนอกและจัดจำแนกสายพันธุ์โก๋พื้นเมืองไทยตามลักษณะประจำพันธุ์ ทำการศึกษาในพื้นที่ทั้งหมด 5 อำเภอ ในจังหวัดมหาสารคาม ได้แก่ อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอ กันทรวิชัย อำเภอบ้านไผ่ อำเภอเมือง และอำเภอเมืองยาง จากการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ภายนอกของโก๋พื้นเมืองไทยตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมปศุสัตว์ 4 สายพันธุ์ที่พบมากที่สุด คือ โก๋นกกด โก๋ประดู่หางดำ โก๋นกแดง และโก๋เหลืองหางขาว โดยโก๋เพศผู้ที่นิยมเลี้ยงมากที่สุด คือ สายพันธุ์นกกด ขณะที่เพศเมียพบสายพันธุ์ประดู่หางดำมีการเลี้ยงสูงสุด ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา 9 ลักษณะของโก๋พื้นเมืองไทย พบความแตกต่างระหว่างเพศ ($P < 0.05$) โดยเพศผู้มีน้ำหนัก ความสูง ความยาวปีก ความยาวหลัง ความยาวกระดูกหน้าแข้ง ความยาวเท้าถึงหลัง และความยาวจงอยปากถึงหงอนมากกว่าเพศเมีย ขณะที่พบเพียงลักษณะของความยาวหลังและความยาวแข้งที่แตกต่างกันระหว่างโก๋พื้นเมืองเพศเมียทั้ง 9 สายพันธุ์ ($P < 0.05$) นอกจากนี้จากการสำรวจข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของแม่โก๋พื้นเมือง 3 สายพันธุ์ที่มีการเลี้ยงมากที่สุด พบว่า โก๋ประดู่หางดำ โก๋นกแดง และโก๋นกกด ให้จำนวนผลผลิตไข่ต่อครั้งมีค่าเฉลี่ย 10.52 ± 2.52 , 10.00 ± 2.83 และ 10.67 ± 1.12 ฟอง โดยพบอัตราการรอดร้อยละ 76.64, 82.27 และ 72.94 ตามลำดับ ผลการศึกษาทำให้ทราบข้อมูลลักษณะภายนอกของโก๋พื้นเมืองที่มีการเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม สามารถจำแนกสายพันธุ์ตามลักษณะประจำพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมเลี้ยง พร้อมทั้งทราบข้อมูลการให้ผลผลิตไข่ของแม่โก๋พื้นเมืองไทยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเกษตรกรในพื้นที่สำหรับคัดเลือกโก๋พื้นเมืองไทยพันธุ์แท้ที่มีผลผลิตไข่สูงไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อการขยายพันธุ์ในทางการค้าและการอนุรักษ์สายพันธุ์โก๋พื้นเมือง

คำสำคัญ : โก๋พื้นเมืองไทย, ลักษณะฟีโนไทป์ และ สัณฐานวิทยา

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chaiyachet_o@yahoo.com โทรศัพท์ 0 89276 7907

Phenotypic Characterization and Identification of Thai Native Chickens in Maha Sarakham Province

Orn-anong Chaiyachet^{1*}, Nattiya Prakobsaeng² and Nawaphat Pondee¹

¹*Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,
Maha Sarakham 44000, Thailand*

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

Abstract

The purpose of this study was to investigate the phenotypic characterization and identification of Thai native chicken breeds which raised with mixed-flock and sex in five districts of Maha Sarakham Province, consisting of Mueang Maha Sarakham District, Kantharawichai District, Wapi Pathum District, Chuen Chom District and Chiang Yuen District. The study of phenotypic and morphological characteristics found four majority breeds of the Thai native chicken including Nok Khod, Pradu Hang Dum, Nok Daeng and Lueng Hang Khao. Nok Khod was found in the greatest amounts among male breeds, while Pradu Hang Dum was raised mostly when compared with other female breeds. Nine morphological measurements obtained from each bird revealed that morphometric were significant differences ($P<0.05$) between the genders. Male was greater in the length of wing, back, shank, toe to back, beak to comb, height and body weight than those female. Whilst only the back length and shank length showed statistically significant differences between the means of nine breeds of female Thai native chicken ($P<0.05$). The performance of three major female Thai native chickens raised in Maha Sarakham area exhibited that Pradu Hang Dum, Nok Daeng and Nok Khod had an average of egg per time 10.52 ± 2.52 , 10.00 ± 2.38 , and 10.67 ± 1.12 eggs, with a survival rate 76.64%, 82.27% and 72.94%, respectively. These findings indicate a variation of phenotypic characterization of the most common breeds of Thai native chicken raised in Maha Sarakham Province and the information on the performance can provide a principal data for farmers to considering the utilization from these Thai native chickens and selective the high performance strains for the beneficial in commercial scale, breeding, reproduction and preservation.

Keywords: Thai native chicken, Phenotypic characterization and Morphology

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

ไก่พื้นเมืองไทยหรือไก่บ้าน (*Gallus domesticus*) อยู่ในสกุล *Gallus* วงศ์ *Phasianidae* มีต้นกำเนิดมาจากฝูงไก่ป่า *Red jungle fowl* (*Gallus gallus*) โดยพบการกระจายอย่างกว้างขวางทั่วไปในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Austic and Nesheim, 1990; Fumuhito *et al.*, 1994; Hillel *et al.*, 2003; Sawai *et al.*, 2010; Mekchay *et al.*, 2014) ได้ถูกนำมาเป็นสัตว์เลี้ยงโดยชาวบ้านประมาณ 3,000 ปีมาแล้ว ซึ่งบางลักษณะของไก่พื้นเมืองไทยได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษและยังคงแสดงออกอยู่ เช่น การนั่งพิงไข่ และการเลี้ยงลูก (Beissinger *et al.*, 1998) ตามประวัติศาสตร์ไก่พื้นเมืองไทยได้ถูกนำมาเลี้ยงตามชนบทของไทยมาเป็นระยะเวลานาน โดยวัตถุประสงค์ของการเลี้ยงก็เพื่อการบริโภค การแข่งขันกีฬาไก่ชน การเพิ่มจำนวนและเพื่อการอนุรักษ์สายพันธุ์ ไก่พื้นเมืองไทยไม่ได้เป็นเพียงแค่แหล่งอาหารโปรตีนสำคัญ แต่ยังสามารถผลิตเพื่อขายเป็นรายได้เสริมให้แก่ครอบครัว โดยไก่พื้นเมืองไทยนั้นง่ายต่อการเลี้ยงดู สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมตามแหล่งที่อยู่อาศัยได้ สามารถเลี้ยงโดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าพันธุ์นำเข้าทางการค้า โดยการเลี้ยงแบบปล่อยอย่างอิสระและใช้อาหารที่มีอยู่ทั่วไปในท้องถิ่น อัตราการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองไทยช้าอย่างมีนัยสำคัญกว่าไก่พันธุ์นำเข้า ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4 – 5 เดือนกว่าจะได้ขนาดตามความต้องการของตลาด (Choprakarn and Wongpichet, 2007) มีรายงานว่าไก่พันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อและไข่สูงไม่สามารถเทียบสมรรถภาพการผลิตกับไก่พื้นเมืองไทยได้ในส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการทดสอบด้วยอาหารที่มีในท้องถิ่น เช่น ข้าวเปลือก ปลายข้าว เมล็ดข้าวโพด รำ (Leotarakul and Pimkamlia, 1999) ยิ่งกว่านั้นไก่พื้นเมืองไทยยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่ไม่เหมาะสมของฟาร์มขนาดเล็กหรือฟาร์มแบบง่ายในสิ่งแวดล้อมชนบท ด้านทานต่อโรคและทนทานต่อความเครียดจากความร้อน สามารถปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิสูง ในขณะที่ไก่เนื้อพันธุ์ที่ถูกนำเข้ามีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ต่ำกว่า ซึ่งพบว่าไก่พื้นเมืองไทยมีคุณลักษณะต่างๆ เหล่านี้สูงกว่าไก่พันธุ์และไก่ลูกผสมพื้นเมือง ส่งผลให้มีศักยภาพสูงสำหรับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่ชนบท (Kajaroen *et al.*, 1989; Haitook *et al.*, 2003; Aengwanich, 2007; 2008)

จากข้อมูลสถิติของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองประจำปี 2558 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนไก่พื้นเมืองมากถึง 31 ล้านตัว ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง 1 ล้านครัวเรือน โดยจังหวัดมหาสารคามมีไก่พื้นเมือง จำนวน

1.4 ล้านตัว ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง 57,102 ครัวเรือน (กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์, 2558) ไก่พื้นเมืองไทยให้คุณภาพของเนื้อสูง มีไขมันน้อยและมีคอเลสเตอรอลต่ำกว่าไก่เนื้อพันธุ์ ส่งผลต่อความต้องการของผู้บริโภค (Wattanachant *et al.*, 2004; Jaturasitha *et al.*, 2008; Teltathum and Mekchay, 2009; Hongpan and Nantachai, 2010) และยังปลอดภัยจากการตกค้างของยา เช่น ยาต้านจุลชีพ ทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจและเลือกบริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง (Chotesangasa and Gongruttananun, 1999; Choprakarn *et al.*, 2000; Jaturasitha *et al.*, 2008)

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยในชนบทไม่เพียงแต่เลี้ยงเพื่อเป็นอาหารอย่างเดียว แต่สามารถเลี้ยงเพื่อเพิ่มมูลค่าให้เป็นไก่ประกวดเพื่อความสวยงาม หรือเลี้ยงเป็นไก่เก่งสำหรับแข่งขันต่อสู้เพื่อการนันทนาการ และยังเป็นทางเลือกส่งเสริมให้เกษตรกรรายย่อยสามารถพึ่งพาตนเองได้ ด้วยการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในชุมชนให้เกิดประโยชน์สูงสุด พัฒนารายได้และอาชีพให้แก่คนในท้องถิ่น จึงมีการสนับสนุนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยเป็นอาชีพสำหรับเกษตรกร โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างอาชีพและรายได้จากการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และยังเป็นทางเลือกอนุรักษ์พันธุกรรมของไก่พื้นเมืองไทย (สุพจน์, 2547) ไก่พื้นเมืองจึงเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีอนาคตและเป็นอาชีพทางเลือกของเกษตรกรที่มีความยั่งยืน อาศัยหลักเศรษฐกิจพอเพียงที่เกษตรกรสามารถผลิตพันธุ์ได้เอง ใช้อาหารและรูปแบบการเลี้ยงภายในท้องถิ่นบนพื้นฐานพันธุ์ไก่ที่ถูกพัฒนาให้สามารถอยู่ได้ในสภาพการเลี้ยงในชนบทของประเทศไทย สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยในปัจจุบันมีความหลากหลาย เนื่องจากมีสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองอื่นมาปะปน ซึ่งเกิดจากการที่ผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองนำไก่พม่าและเวียดนามมาผสมกับไก่พื้นเมืองไทย เพื่อประโยชน์ในการขยายพันธุ์ไก่ชนทำให้สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยค่อยๆ หายไปในการจัดการ การใช้ประโยชน์ และการอนุรักษ์พันธุ์สัตว์พื้นเมืองอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องมีการศึกษาลักษณะเฉพาะประจำพันธุ์ของแต่ละสายพันธุ์ (Food and Agricultural Organization :FAO, 2007) การศึกษาลักษณะรูปร่าง สันฐานภายนอกของไก่พื้นเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่ามีความหลากหลายมาก อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่พบไม่สามารถใช้จำแนกสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองได้ชัดเจน (เฉลิมชัย, 2546) ในการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำได้ทำการศึกษาความหลากหลายของลักษณะภายนอก ลักษณะทางเศรษฐกิจ รวมทั้งทำการทดสอบสมรรถภาพการผลิตในสภาพการเลี้ยงในหมู่บ้าน สมรรถภาพการสืบพันธุ์ (Leotaragul *et al.*, 2007; 2008; 2009) เพื่อวัตถุประสงค์

ในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตโกโก้พื้นเมืองไทยจึงต้องมีการศึกษาถึงกลไกที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ซึ่งการศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของโกโก้พื้นเมืองไทยสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพเนื้อโกโก้ได้เช่นเดียวกับการนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการอนุรักษ์พันธุ์โกโก้พื้นเมืองไทยแท้ที่หายาก โดยโกโก้พื้นเมืองที่เลี้ยงในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามส่วนใหญ่เป็นโกโก้เลี้ยงแบบปล่อยให้หากินตามธรรมชาติ ไม่ได้มาจากฟาร์มใหญ่ การคัดพ่อแม่พันธุ์ ไม่มีการคัดพันธุ์โกโก้ให้มีลักษณะจำเพาะในแต่ละพันธุ์ แต่จะปล่อยให้ผสมกันเอง เพราะชาวบ้านมีความเชื่อว่าโกโก้แต่ละชนิดมีลักษณะดีแตกต่างกันไป หากต้องการให้ได้โกโก้ที่แข็งแรงก็ต้องปล่อยให้ผสมข้ามกันไปมาแล้วให้ธรรมชาติเป็นตัวคัดเลือก ตัวใดแข็งแรงและรอดตายก็จะกลายเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป ดังนั้นโกโก้ที่มีอยู่จึงมีลักษณะลูกผสมหลากหลายสายพันธุ์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ในแต่ละสายพันธุ์ของโกโก้พื้นเมือง เพื่อนำมาจำแนกสายพันธุ์โกโก้พื้นเมืองไทยที่มีอยู่ในจังหวัดมหาสารคาม และยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โกโก้พื้นเมืองไทยเพื่อให้ได้พันธุ์ที่ดี เหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นพันธุ์สำหรับส่งเสริมให้มีการเลี้ยงในทางการค้าต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาลักษณะภายนอกของโกโก้พื้นเมืองไทย

ทำการวิจัยเชิงสำรวจในพื้นที่ทั้งหมด 5 อำเภอของจังหวัดมหาสารคาม โดยการสำรวจข้อมูลการเลี้ยงจากปศุสัตว์จังหวัด กลุ่มผู้เลี้ยงโกโก้พื้นเมืองและเกษตรกร เป็นพื้นที่ที่นิยมเลี้ยงโกโก้พื้นเมืองโดยมีการเลี้ยงในลักษณะฟาร์มไก่ชน และมีการเลี้ยงโกโก้พื้นเมืองอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ได้แก่ อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย อำเภอวาปีปทุม อำเภอชื่นชม และอำเภอเชียงยืน เพื่อให้ทราบลักษณะรูปพรรณสัณฐานภายนอกที่สำคัญสำหรับการกำหนดสายพันธุ์ให้กับโกโก้พื้นเมือง โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มตามลักษณะภายนอก ได้แก่ ลักษณะโครงสร้าง ขนาดของร่างกาย ลักษณะสีหงอน สีปาก สีหน้าแข้ง สีของเปลือกไข่ สีสร้อยคอ สีปีกนอก สีปีกใน สีตา โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาจำแนกสายพันธุ์โกโก้พื้นเมืองตามลักษณะประจำพันธุ์ตามเกณฑ์ลักษณะและมาตรฐานโกโก้พื้นเมืองไทยของกรมปศุสัตว์ พ.ศ. 2546 ซึ่งได้ขึ้นทะเบียนและกำหนดลักษณะและมาตรฐานประจำพันธุ์ของโกโก้พื้นเมืองไทย

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโกโก้พื้นเมืองไทย

วัดขนาดและความยาวลักษณะทางสัณฐานวิทยา 9 ลักษณะจากโกโก้แต่ละตัว ประกอบด้วย ความยาวปีก ความยาวหลัง ความยาวจงอยปาก ความยาวกระดูกหน้าแข้ง

ความยาวจากเท้าถึงหลัง ความยาวจากจงอยปากถึงหงอน น้ำหนักตัว ความสูง และความกว้างของขากรรไกร ดัดแปลงจากวิธีที่ได้ระบุใน FAO, 2007 และตามวิธีการของ Adekoya *et al.*, 2013

ศึกษาสมรรถภาพการผลิตของโกโก้พื้นเมืองไทย

บันทึกข้อมูลในแบบเอกสารบันทึกข้อมูล ได้แก่ ผลผลิตไข่ต่อครั้ง อัตราการรอดชีวิต และอัตราการตายของลูกโกโก้พื้นเมืองไทย ตามวิธีการของ Oboun *et al.*, 2006 และ Leotaragul *et al.*, 2009

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้วิธีเชิงอธิบายถึงรูปพรรณสัณฐาน โดยเปรียบเทียบกับเอกสารลักษณะและมาตรฐานโกโก้พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์ พ.ศ. 2546 สำหรับข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของโกโก้พื้นเมืองไทย ผลผลิตไข่ต่อครั้ง อัตราการรอดชีวิต และอัตราการตายของลูกโกโก้พื้นเมืองไทย นำมาวิเคราะห์ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะสัณฐานวิทยาระหว่างเพศในแต่ละสายพันธุ์โดยใช้สถิติ T-test เปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาระหว่างสายพันธุ์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey HSD เพื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 13.0

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ลักษณะภายนอกของโกโก้พื้นเมืองไทย

การศึกษาลักษณะภายนอกของโกโก้พื้นเมืองไทยในพื้นที่ทั้งหมด 5 อำเภอ ของจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มตามลักษณะภายนอก ผลการสำรวจพบโกโก้ที่สามารถจำแนกเป็นสายพันธุ์โกโก้พื้นเมืองไทยจำนวน 243 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 103 ตัว เพศเมีย 140 ตัว ดังตารางที่ 1 สามารถจัดกลุ่มตามลักษณะประจำพันธุ์ได้ ดังนี้ เพศผู้ประกอบด้วย 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ไก่นกกด ไก่ประดู่หางดำ ไก่นกแดง ไก่เหลืองหางขาว ไก่เทา ไก่เทาหางขาว ไก่เทาหางดำ ไก่เขียวเลา ไก่ซี และไก่เขียวเลาหางขาว เพศเมีย 9 สายพันธุ์ ได้แก่ ไก่นกกด ไก่ประดู่หางดำ ไก่นกแดง ไก่เหลืองหางขาว ไก่เทา ไก่เทาหางดำ ไก่ลาย ไก่ซี และไก่ทองแดงหางดำ โดยไก่เพศผู้ที่มีนัยสำคัญมากที่สุด คือ สายพันธุ์นกกด ขณะที่เพศเมียที่มีการเลี้ยงสูงสุด คือ สายพันธุ์ประดู่หางดำ

ตารางที่ 1 สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยที่พบภายในพื้นที่ 5 อำเภอของจังหวัดมหาสารคามโดยการจัดกลุ่มตามลักษณะภายนอก

สายพันธุ์	จำนวนที่พบ (ตัว)	จำแนกเพศ (ตัว)	
		เพศผู้	เพศเมีย
ไก่นกกด	91	48	43
ไก่ประดู่หางดำ	65	10	55
ไก่นกแดง	29	9	20
ไก่เหลืองหางขาว	19	13	6
ไก่เทา	10	3	7
ไก่เทาหางขาว	7	7	-
ไก่เทาหางดำ	7	5	2
ไก่อลาย	3	-	3
ไก่เขียวเลา	3	3	-
ไก่สี	5	3	2
ไก่เขียวเลาหางขาว	2	2	-
ไก่ทองแดงหางดำ	2	-	2
รวม (ตัว)	243	103	140

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไก่พื้นเมืองไทย

ลักษณะสัณฐานวิทยา 9 ลักษณะของไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม จากไก่พื้นเมืองไทยซึ่งจัดกลุ่มตามการจำแนกลักษณะประจำพันธุ์ แสดงดังในตารางที่ 2 3 และ 4 พบว่ามีความแตกต่างระหว่างเพศ ($P<0.05$) โดยเพศผู้มีน้ำหนัก ความสูง ความยาวของปีก ความยาวหลัง ความยาวกระดูกหน้าแข้ง ความยาวจากเท้าถึงหลัง และความยาวจากจงอยปากถึงหงอนมากกว่าเพศเมีย และเมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้ง 9 ลักษณะ ระหว่างไก่พื้นเมืองไทยแต่ละสายพันธุ์พบว่า มี 2 ใน 9 ลักษณะที่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยเพศเมีย ($P<0.05$) โดยพบว่าไก่สีและไก่ทองแดงหางดำมีความยาวหลังแตกต่างจากอีก 7 สายพันธุ์ ในขณะที่ไก่เหลืองหางขาว ไก่เทาหางดำ และไก่ทองแดงหางดำพบความยาวของกระดูกหน้าแข้งแตกต่างจากอีก 6 สายพันธุ์ที่เหลือ

สมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองไทย

สมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่ 5 อำเภอของจังหวัดมหาสารคาม แสดงในตารางที่ 5 โดยได้ทำการสำรวจข้อมูล 3 สายพันธุ์ซึ่งมีจำนวนการเลี้ยงมากที่สุดตามลำดับจากจำนวนไก่เพศเมียทั้งหมดที่สามารถจำแนกสายพันธุ์ตามลักษณะภายนอกได้ พบว่าแม่ไก่พื้นเมืองไทยให้จำนวนผลผลิตไข่ต่อครั้งมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ไก่ประดู่หางดำ 10.52 ± 2.52 ฟอง ไก่นกแดง 10.00 ± 2.83 ฟอง และไก่นกกด 10.67 ± 1.12 ฟอง โดยมีอัตราการรอดร้อยละ 76.64, 82.27 และ 72.94 ตามลำดับ ขณะที่อัตราการตายร้อยละ 22.68, 17.70 และ 27.06 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะภายนอกของไก่พื้นเมืองไทยในจังหวัดมหาสารคาม เมื่อทำการศึกษาลักษณะภายนอกและจำแนกตามลักษณะประจำพันธุ์สามารถจัดกลุ่มสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยเพศผู้ที่มีการเลี้ยงมากที่สุด 3 สายพันธุ์ คือ ไก่นกกด ไก่เหลืองหางขาว และไก่ประดู่หางดำ โดยส่วนมากเกษตรกรเลี้ยงไว้เป็นไก่ฟอพันธุ์ไก่เก่งสำหรับกีฬาไก่ชนซึ่งเป็นที่นิยมในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม สำหรับในเพศเมียจำนวนสายพันธุ์ที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำ ไก่นกกด และไก่นกแดง จำนวนรวมทั้งเพศผู้และเพศเมียของสายพันธุ์ทั้งหมดที่พบมาก 4 อันดับแรก คือ ไก่นกกด ไก่ประดู่หางดำ ไก่นกแดง และไก่เหลืองหางขาว จากการศึกษาข้อมูลไก่พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์ (2546) ไก่นกกด มีแหล่งกำเนิดอยู่ทั่วไปพบได้ในแถบจังหวัดนครสวรรค์ ราชบุรี เพชรบุรี นครปฐม และกาญจนบุรี ลักษณะทางกายภาพที่โดดเด่นประจำพันธุ์ มีขนสีเหลืองอมแดง ตาสีเหลืองอมแดง สีขนปลายปีกสีแดงอมน้ำตาลแบบสีปีกแมลงสาบ ขนพื้นลำตัวสีดำ ขนหางสีดำ ขนปีกสีแดง ส่วนไก่ประดู่หางดำ มีถิ่นกำเนิดแถบภาคกลางของไทย เป็นไก่ขนาดกลาง จัดเป็นสายพันธุ์ไก่ชนที่มีปากใหญ่สีดำคล้ายปากนกแก้ว ตาสีดำ หรือ ตาสีแดง หงอนหิน ปีกใหญ่ยาว สร้อยปีกสีเดียวกับสร้อยคอขนลำตัว ขนปีกและหางพัสดสีดำ เพศเมียสีเดียวกับเพศผู้แต่ไม่มีสร้อย สำหรับไก่นกแดง เป็นไก่พันธุ์แท้ พบทั่วไปในภาคกลาง ภาคใต้ และภาคเหนือ ปากสีเหลืองอมแดง หางพัสดสีแดง แข้งสีเหลืองอมแดงรับกับสีปาก ขนพื้นลำตัว หน้าคอ หน้าท้อง ได้ปีกสีแดง ในส่วนของไก่เหลืองหางขาว มีถิ่นกำเนิดแถบภาคเหนือของไทยเป็นแหล่งกำเนิดไก่สายพันธุ์เหลืองหางขาวพันธุ์ดีสายเลือดแท้ รูปร่างสูงระหง คอยาวสง่างาม และปราดเปรียว สีปากขาวอมเหลือง ดวงตาสีเหลืองอ่อน หงอนเล็ก ลักษณะหงอนหิน สีแดงสดใส ปีกท่อนในสีดำ ปีกท่อนนอกแซมขาว ขนสร้อยปีกสีเหลืองเหมือนสร้อยหลัง หางพัสดยาวสีดำ จากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับไก่พื้นเมืองในแต่ละพื้นที่พบมีความหลากหลายทางด้านสายพันธุ์ เนื่องจากมีการนำไก่พื้นเมืองจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น พม่า เวียดนาม และประเทศอื่น เข้ามาผสมกับไก่พื้นเมืองไทย เพื่อให้มีความแข็งแรง ทนทาน ทำให้ในปัจจุบันหาสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์แท้ค่อนข้างยาก (บัญญัติ และ มนต์ชัย, 2555) โดยในจังหวัดมหาสารคามพบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองประเภทไก่ชนจำนวนมาก เพราะมีลักษณะโครงสร้างและขนาดแข็งแรง สง่า สีสันสวยงาม ทนทานต่อโรค ลักษณะภายนอกของไก่พื้นเมืองโดยทั่วไปพบว่ามีลักษณะหงอนหิน หงอนกอด สีดำดำอมเหลือง สีปากดำอมเหลือง สีแข้งเหลือง/ดำ/ดำอม

เหลือง ปีกในสีดำ ปีกนอกสีเหลืองอมดำ/แดงอมดำ
สร้อยคอสีเหลืองอมดำ/สีแดง หางพัดสีดำ ขนสีดำ

จากการศึกษาความหลากหลายของลักษณะ
ภายนอกไก่พื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกของสุภาวดี
(2557) พบว่า เกษตรกรเลี้ยงไก่พันธุ์ประดู่หางดำมากที่สุด
รองลงมา คือ พันธุ์เหลืองหางขาว พันธุ์ลายหางขาว พันธุ์เทา
หางขาว พันธุ์นกแดงหางแดง และพันธุ์ต่าง ลักษณะ
ภายนอกของไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกส่วนใหญ่พบลักษณะหงอนหินและหงอนถั่ว ตาสีดำ ปากสีขาวอม
เหลือง สร้อยคอสีประดู่ หางพัดสีดำ ปีกนอกสีดำ ข้างสีดำ
ทั้งนี้ลักษณะสัณฐานวิทยาของไก่พื้นเมืองไทยแตกต่างกัน
ออกไปตามลักษณะเฉพาะประจำสายพันธุ์ โดยในการศึกษา
นี้สอดคล้องกับ กวินท์ และคณะ (2559) พบว่าน้ำหนัก และ
สัดส่วนร่างกาย ได้แก่ ความกว้างและความยาวของอก
ความยาวรอบอก ความยาวลำตัว ความยาวแข้ง ความสูง
จากเท้าถึงฐานหงอน ความสูงจากเท้าถึงปลายหงอน และ
ความสูงจากเท้าถึงไหล่ ในไก่พื้นเมืองเพศผู้มากกว่าไก่
พื้นเมืองเพศเมีย จากการศึกษาของ Adekoya และคณะ
(2013) รายงานว่าความยาวปีก ความยาวแข้ง และความ
ยาวจากจงอยปากถึงหงอนมีความแตกต่างกันระหว่างเพศใน
ไก่พื้นเมืองของประเทศไนจีเรียจำนวน 5 สายพันธุ์ และยัง
พบว่าลักษณะน้ำหนักตัว ความยาวปีก ความยาวของแข้ง
ความยาวจากเท้าถึงหลัง และความยาวจากจงอยปากถึง
หงอนแตกต่างกันใน 5 สายพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีรายงาน
ความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยาระหว่าง
ประชากรในแต่ละสายพันธุ์ของไก่พื้นเมือง (Dorgi and
Sunar, 2014)

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพ
การผลิตของแม่ไก่พื้นเมืองไทย 3 สายพันธุ์ ซึ่งจากผล
การศึกษาลักษณะภายนอกและจัดกลุ่มตามลักษณะประจำ
พันธุ์พบว่าการเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยเพศเมียสายพันธุ์ประดู่
หางดำ สายพันธุ์นกกุด และสายพันธุ์นกแดง มากที่สุดเรียง
ตามลำดับ โดยเฉพาะพันธุ์ประดู่หางดำที่พบการเลี้ยง
กระจายทั่วไปในทุกอำเภอที่ทำการสำรวจภายในพื้นที่
จังหวัดมหาสารคาม เนื่องจากผลผลิตเนื้อของไก่สายพันธุ์นี้
เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิต
ของไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่ 5 อำเภอของจังหวัด
มหาสารคามพบว่าแม่ไก่พื้นเมืองไทยให้จำนวนผลผลิตไข่ต่อ
ครั้งมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ไก่ประดู่หางดำ 10.52 ± 2.52 ฟอง ไก่
แดง 10.00 ± 2.83 ฟอง และไก่นกกุด 10.67 ± 1.12 ฟอง โดย
มีอัตราการรอดร้อยละ 76.64, 82.27 และ 72.94 ขณะที่
อัตราการตายร้อยละ 22.68, 17.70 และ 27.06 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานของน้ำหนักรูปร่าง ความสูง และความยาวปีกระหว่างเพศในแต่ละสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองไทย

สายพันธุ์	จำนวน (ตัว)		น้ำหนักตัว (กก.)			ความสูง (ซม.)			ความยาวปีก (ซม.)		
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$
ไก่กอกด	48	43	2.47±0.46 ^a	1.48±0.39	2.07	55.08±7.06 ^a	44.24±5.60	50.66	11.77±0.90 ^a	9.93±1.60	11.03
ไก่ประดู่หางดำ	10	55	2.43±0.84 ^a	1.68±0.42	1.80	54.60±7.20 ^a	44.49±3.48	46.05	11.60±0.70 ^a	9.98±1.08	10.23
ไก่กนกแดง	9	20	1.99±0.84	1.46±0.52	1.62	52.22±5.91 ^a	43.75±3.91	46.38	12.44±0.88 ^a	10.35±1.23	11.00
ไก่เหลืองหางขาว	13	6	2.12±0.76	1.70±0.59	1.99	52.62±7.35 ^a	45.83±3.25	50.47	10.92±1.32 ^a	9.50±0.84	10.47
ไก่เทา	3	7	2.27±0.93	1.47±0.39	1.71	50.67±10.69	44.86±2.27	46.60	11.67±0.58	9.43±0.79	10.10
ไก่เทาหางขาว	7	-	2.77±0.36	-	2.77	55.71±3.64	-	55.71	11.43±0.53	-	11.43
ไก่เทาหางดำ	5	2	2.68±0.36	1.35±0.21	2.30	56.00±2.55	44.50±2.12	52.71	11.80±0.45	11.00±2.83	11.57
ไก่ลาย	-	3	-	1.70±0.36	1.70	-	46.67±3.51	46.67	-	9.67±0.58	9.67
ไก่เขียวเลา	3	-	2.00±0.95	-	2.00	50.67±7.57	-	50.67	11.00±2.65	-	11.00
ไก่ซี	3	2	2.00±1.15	2.05±0.78	2.02	52.67±11.06	47.00±2.83	50.40	10.67±2.31	10.00±0.00	10.40
ไก่เขียวเลาหางขาว	2	-	2.85±0.49	-	2.85	58.50±2.12	-	58.50	11.50±0.71	-	11.50
ไก่ทองแดงหางดำ	-	2	-	1.10±0.57	1.10	-	40.50±3.54	40.50	-	9.50±2.12	9.50

^a ค่าเฉลี่ยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในเพศผู้และเพศเมียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานของความยาวหลัง ความยาวจงอยปาก และความยาวกระดูกหน้าแข้งระหว่างเพศในแต่ละสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองไทย

สายพันธุ์	จำนวน (ตัว)		ความยาวหลัง (ซม.)			ความยาวจงอยปาก (ซม.)			ความยาวกระดูกหน้าแข้ง (ซม.)		
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$
ไก่กอกด	48	43	18.91±2.15 ^a	18.04±1.62	18.56	2.78±0.24 ^a	2.53±0.23	2.68	11.65±1.65 ^a	9.89±0.98	10.94
ไก่ประดู่หางดำ	10	55	20.20±1.81 ^a	18.62±1.38	18.86	2.70±0.37	2.53±0.30	2.55	11.70±1.06 ^a	9.74±1.04	10.04
ไก่กนกแดง	9	20	18.89±1.69	17.55±1.76	17.97	2.70± 0.22	2.54±0.34	2.59	11.67±1.32 ^a	9.75±0.97	10.34
ไก่เหลืองหางขาว	13	6	20.08±2.66 ^a	17.50±1.38	19.26	2.58± 0.34	2.77±0.19	2.64	12.38±2.22 ^a	10.17±0.41 ^b	11.68
ไก่เทา	3	7	20.00±1.73	18.00±1.41	18.60	2.73± 0.25	2.64±0.40	2.67	11.67±1.53	9.14±0.69	9.90
ไก่เทาหางขาว	7	-	20.14±1.21	-	20.14	2.79± 0.19	-	2.79	11.86±0.90	-	11.86
ไก่เทาหางดำ	5	2	20.60±1.14	18.00±1.41	19.86	2.68± 0.16	2.75±0.35	2.70	11.80±1.10	11.00±0.00 ^b	11.57
ไก่ลาย	-	3	-	18.33±1.53	18.33	-	2.40±0.10	2.40	-	9.33±1.15	9.33
ไก่เขียวเลา	3	-	18.67±3.06	-	18.67	2.53± 0.40	-	2.53	11.67±0.58	-	11.67
ไก่ซี	3	2	18.67±3.06	19.00±0.00 ^b	18.80	2.73± 0.38	2.50±0.28	2.64	11.00±2.65	9.50±0.71	10.40
ไก่เขียวเลาหางขาว	2	-	20.00±1.41	-	20.00	2.85± 0.21	-	2.85	12.50±0.71	-	12.50
ไก่ทองแดงหางดำ	-	2	-	15.50±0.71 ^b	15.50	-	2.25±0.35	2.25	-	8.00±0.00 ^b	8.00

^a ค่าเฉลี่ยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในเพศผู้และเพศเมียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), ^b ค่าเฉลี่ยลักษณะทางสัณฐานวิทยาแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานของความยาวเท้าถึงหลัง ความยาวจงอยปากถึงหงอน และความยาวขากรรไกรระหว่างเพศในแต่ละสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองไทย

สายพันธุ์	จำนวน (ตัว)		ความยาวเท้าถึงหลัง (ซม.)			ความยาวจงอยปากถึงหงอน (ซม.)			ความยาวขากรรไกร (ซม.)		
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$	เพศผู้	เพศเมีย	$\bar{X}$

ไถ่นกกด	48	43	33.95±2.73 ^a	27.80±3.50	31.45	5.26±1.35 ^a	3.66±0.75	4.61	2.59± 0.21 ^a	2.42± 0.23	2.52
ไถ่ประดู่หางดำ	10	55	33.80±2.49	28.40±3.37	29.23	5.20±1.40 ^a	3.49±0.80	3.76	2.58±0.35	2.40±0.26	2.43
ไถ่นกแดง	9	20	32.22±2.82 ^a	28.35±3.08	29.55	4.78±1.18 ^a	3.69±0.74	4.02	2.52±0.31	2.49±0.30	2.49
ไถ่เหลืองหางขาว	13	6	32.46±3.82	29.67±3.14	31.58	4.62±0.94	3.75±0.69	4.34	2.48±0.34	2.67±0.19	2.54
ไถ่เทา	3	7	33.33±5.51	27.71±3.04	29.40	4.67±0.76	3.56±1.13	3.89	2.63±0.25	2.54±0.40	2.57
ไถ่เทาหางขาว	7	-	35.00±2.52	-	35.00	5.69±0.71	-	5.69	2.69±0.19	-	2.69
ไถ่เทาหางดำ	5	2	34.00±1.22	31.50±2.12	33.29	5.00±0.61	3.25±1.06	4.50	2.56±0.15	2.55±0.21	2.56
ไถ่ลาย	-	3	-	28.67±1.15	28.67	-	3.50±0.50	3.50	-	2.30±0.10	2.30
ไถ่เขียวเลา	3	-	32.00±4.58	-	32.00	4.33±1.15	-	4.33	2.43±0.40	-	2.43
ไถ่ซี	3	2	31.67±4.93	29.00±0.00	30.60	4.00±1.32	3.20±0.57	3.68	2.63±0.38	2.40±0.28	2.54
ไถ่เขียวเลาหางขาว	2	-	37.00±0.00	-	37.00	6.75±1.77	-	6.75	2.75±0.21	-	2.75
ไถ่ทองแดงหางดำ	-	2	-	28.00±0.00	28.00	-	3.00±0.71	3.00	-	2.40±0.14	2.40

^a ค่าเฉลี่ยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในเพศผู้และเพศเมียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 5 สมรรถภาพการผลิตไข่ของแม่ไก่พื้นเมืองไทย
อัตราการรอด และอัตราการตายของลูกไก่
พื้นเมืองไทย

สายพันธุ์	จำนวน (ตัว)	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตไข่ต่อครั้ง(ฟอง)	อัตราการรอด		อัตราการตาย	
			Mean±SD	%	Mean±SD	%
ประดู่หางดำ	21	10.52±2.52	8.05±2.29	76.64	2.38±1.07	22.68
นกแดง	17	10.00±2.83	7.29±2.57	82.27	2.71±1.21	17.70
นกกก	9	10.67±1.12	8.78±0.83	72.94	1.89±0.78	27.06

จากรายงานการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองพบว่าแม่ไก่จะออกไข่ 2-3 รอบต่อปี การฟักไข่ 4-15 ฟองต่อครั้ง อัตราการรอดร้อยละ 82.27 และอัตราการตายร้อยละ 27.06 แต่การออกไข่ของแม่ไก่ต่อรอบต่อปีจะขึ้นอยู่กับความพร้อมของร่างกาย หรือความสมบูรณ์สำหรับความพร้อมในการปฏิสนธิ ซึ่งบางครั้งบางตัวอาจออกไข่ประมาณ 4-5 รอบต่อปี สอดคล้องกับการศึกษาของ Oboun และคณะ (2006) ไข่ดิบที่หนึ่งมีจำนวนไข่เท่ากับ 10.62±2.31 ฟอง ลูกเกิด 7.40±2.34 ตัว และอัตราการฟักออกร้อยละ 69.84±19.92 ผลของระบบการเลี้ยงและพื้นที่การเลี้ยงไก่พื้นเมืองต่อสมรรถนะการสืบพันธุ์ในสภาพชุมชนชนบทในจังหวัดขอนแก่นโดย กานต์สิริเกศ และคณะ (2558) พบว่าปัจจัยของพื้นที่ และระบบการเลี้ยงไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการสืบพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบระบบการเลี้ยง พบว่าไม่มีผลต่ออัตราการไข่ อัตราการผสมติด อัตราการฟักออกของไข่ทั้งหมด อัตราการฟักออกของไข่มีชีวิต ในขณะที่ระบบเลี้ยงแบบปล่อยตามธรรมชาติ มีน้ำหนักไข่มากกว่า แต่การให้น้ำหนักไข่สูงกว่าก็ไม่มีผลต่อการให้ผลผลิต ผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

และสภาพพื้นที่เลี้ยงไม่มีผลที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพสมรรถนะการสืบพันธุ์ของไก่พื้นเมือง การศึกษาความหลากหลายของไก่พื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยโดย เจนรงค์ และคณะ (2559) ทำการสุ่มสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ในพื้นที่ภาคเหนือ 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม และเลย ผลการสำรวจพบไก่ทั้งหมดจำนวน 7,164 ตัว โดย ไก่พ่อและแม่พันธุ์ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่ไก่พ่อพันธุ์ในภาคเหนือมีความสูงจากพื้นถึงหงอน ความยาวลำตัว และความยาวปีกต่ำกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่น้ำหนักไข่เฉลี่ยระหว่างแม่พันธุ์ทั้งสองพื้นที่ไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ผลการศึกษาลักษณะภายนอกของไก่พื้นเมืองไทยในจังหวัดมหาสารคาม สามารถจัดกลุ่มสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยเพศผู้ที่มีการเลี้ยงมากที่สุด 3 สายพันธุ์ คือ ไก่นกกก ไก่เหลืองหางขาว และไก่ประดู่หางดำ สำหรับในเพศเมียจำนวนสายพันธุ์ที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำ ไก่นกกก และไก่นกแดง โดยสายพันธุ์ที่พบว่าการเลี้ยงมากที่สุด คือ ไก่นกกก ไก่ประดู่หางดำ ไก่นกแดง และไก่เหลืองหางขาว ตามลำดับ และยังพบว่าการเลี้ยงไก่พื้นเมืองประเภทไก่ชนจำนวนมากสำหรับลักษณะภายนอกของไก่พื้นเมืองโดยทั่วไปพบว่ามีลักษณะหงอนหิน หงอนกอด สีดำตามเหลือง สีปากดำอมเหลือง สีแข้งเหลือง/ดำ/ดำอมเหลือง ปีกในสีดำ ปีกนอกสีเหลืองอมดำ/แดงอมดำ สร้อยคอสีเหลืองอมดำ/สีแดง หางพัดสีดำ ขนสีดำ ขณะที่ลักษณะสัณฐานวิทยาของไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามพบมีความแตกต่าง

ระหว่างเพศโดยเพศผู้มีน้ำหนัก ความสูง ความยาวของปีก ความยาวหลัง ความยาวกระดูกหน้าแข้ง ความยาวจากเท้าถึงหลัง และความยาวจากจงอยปากถึงหงอนมากกว่าเพศเมีย ลักษณะที่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยคือความยาวหลังและความยาวของกระดูกหน้าแข้ง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในปัจจุบันสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ที่มีจำนวนน้อย เนื่องจากเกษตรกรเลี้ยงไก่แบบคละฝูง ส่งผลให้เกิดการผสมระหว่างสายพันธุ์ โดยส่วนมากเกษตรกรจะนิยมเลี้ยงไก่ชนและเป็นไก่ชนสายพันธุ์พม่ามากกว่าไก่พื้นเมืองไทย เนื่องจากมีสีสวยงาม แข็งแรงกว่าไก่พื้นเมืองไทย ดังนั้นเกษตรกรจึงนำมาผสมพันธุ์กับไก่พื้นเมืองไทย ทำให้ในปัจจุบันนี้สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองที่ได้เป็นพันธุ์ถูกผสมหลากหลายสายพันธุ์ออกไปมากขึ้น ดังนั้นควรมีการอนุรักษ์สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยให้คงอยู่กับวิถีชีวิตของคนไทยหรือการดำเนินชีวิตแบบพอเพียงของบรรพบุรุษในอดีตไม่ให้หายไปกับการดำเนินชีวิตในอนาคตที่เปลี่ยนไป ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถจำแนกสายพันธุ์ตามลักษณะประจำพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมเลี้ยง พร้อมทั้งทราบข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองไทยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเกษตรกรในพื้นที่สำหรับคัดเลือกไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์แท้ที่มีสมรรถภาพ

การผลิตสูงไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อการขยายพันธุ์ในทางการค้า และการอนุรักษ์สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองต่อไปในอนาคต โดยข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาทางอนุพันธุศาสตร์สำหรับยืนยันความแตกต่างทางพันธุกรรมในแต่ละสายพันธุ์ของไก่พื้นเมือง เพิ่มพื้นที่ในการศึกษา สํารวจ ให้ครอบคลุมทุกอำเภอในจังหวัดมหาสารคาม และเพิ่มจำนวนประชากรไก่พื้นเมืองไทยในการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองภายในพื้นที่อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย อำเภอนาคู อำเภอชุมพลบุรี และอำเภอเสิงสาง ของจังหวัดมหาสารคาม ที่ได้ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อสำหรับการสำรวจข้อมูล ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี รวมทั้งสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

- กวิวิท คำปาละ, เกชา คูหา, ประมวล เต็มสมบัติถาวร และ นิภา นาสินพร้อม. 2559. การศึกษาลักษณะสัณฐานของไก่พื้นเมืองของชนเผ่าในจังหวัดน่าน. แก่นเกษตร 44(ฉบับพิเศษ 1): 377-381.
- กานต์สิริเกศ เลิศสรสิริ, อธิชัย หายทุกข์, เทอดศักดิ์ คำเหม่ง และ พิระพงษ์ แสงโพธิ์. 2558. ผลของระบบการเลี้ยงและพื้นที่การเลี้ยงไก่พื้นเมืองต่อสมรรถนะการสืบพันธุ์ในสภาพชุมชนชนบท. แก่นเกษตร 43(ฉบับพิเศษ 1): 20-25.
- กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ระดับประเทศ ปี 2558 จากระบบฐานข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ (TH-LiFDS). Available from: URL: <http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/447-report-thailand-livestock/reportservey2558-1/870-report-survey58-1>.
- กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2546. ลักษณะและมาตรฐานไก่พื้นเมืองไทย. โครงการวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพด้านปศุสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์: กรุงเทพฯ. 65 หน้า.
- เจนรงค์ คามงคุณ, ชัยตรี บุญดี และ อำนวย เลี้ยวธรากุล. 2559. ความหลากหลายของไก่พื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย. แก่นเกษตร 44(ฉบับพิเศษ 1): 37-42.
- เฉลิมชัย หอมตา. 2546. การจำแนกสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยไมโครแซทเทลไลท์-มาร์กเกอร์. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- บัญญัติ เหล่าไพบูลย์ และ มนต์ชัย ดวงจินดา. 2555. ไก่พื้นเมืองไทย: อดีต ปัจจุบัน และอนาคต. แก่นเกษตร 40: 309-312.
- สุพจน์ รอดคำเนิน. 2547. การเลี้ยงไก่พื้นเมือง. พิมพ์ครั้งที่ 3. อักษรสยามการพิมพ์: กรุงเทพฯ. 88 หน้า.
- สุภาวดี แหมมคง. 2557. ความหลากหลายของลักษณะภายนอกของไก่พื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก. Rajabhat Journal of Sciences, Humanities and Social Sciences 15(2): 63-73.
- Adekoya, K.O., Oboh, B.O., Adefenwa, M.A. and Ogunkanmi, L.A. 2013. Morphological characterization of five Nigerian

- indigenous chicken types. J. Sci. Res. Dev. 14: 55–66.
- Aengwanich, W. 2007. Comparative Ability to tolerate heat between Thai indigenous chickens, Thai indigenous chickens crossbred and broilers by using heterophil/ lymphocyte ratio. Pak. J. Biol. Sci. 10(11): 1840-1844.
- Aengwanich, W. 2008. Comparative ability to tolerate heat between Thai indigenous chickens, Thai indigenous chickens crossbred and broilers by using percentage of lymphocyte. Int. J. Poult. Sci. 7(11): 1071-1073.
- Austic, R.E. and Nesheim, M.C. 1990. Poultry Production. 3rd edition. Lea and Febiger: Philadelphia. 332 pp.
- Beissinger, S.R., Tygielski, S. and Elder, B. 1998. Social constraints on the onset of incubation in a neotropical parrot: A Nest Box Addition Experiment. Anim. Behav. 55(1): 21-32.
- Choparakarn, K., Watanakul, V., Wongsvichet, K. and Suriyachanthong, V. 2000. Native and crossbreed chicken: Past and future. National Research Funding and Supporting Office, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Choparakarn, K. and Wongpichet, K. 2007. Village chicken production systems in Thailand. Poultry in the 21st 14 Century. www.fao.org/ag/aginfo/home/events/bangkok2007/docs/part3/3_5.pdf.
- Chotesangasa, R. and Gongruttananun, N. 1999. Growth and carcass quality of native chickens raised under the natural day length and the photoperiod of twenty-three hours a day. Kasetsart Journal (Natural Sciences) 33(1): 60-74.
- Dorji, N. and Sunar, S.K. 2014. Morphometric variations among five bhutanese indigenous chickens (*Gallus domesticus*). J. Anim. Poultry. Sci. 3(3): 76-85.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 2007. The global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration on animal genetic resources. International conference on animal genetic resources for food and agriculture. Interlaken, Switzerland, 3-7 September 2007. 33 pp.
- Fumihito, A., Miyake, T., Sumi, S., Takada, M., Ohno, S. and Kondo, N. 1994. One subspecies of the red jungle fowl (*Gallus gallus gallus*) suffices as the matriarchic ancestor of all domestic breeds. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America 91(26): 12505-12509.
- Jaturasitha, S., Srikanchai, T., Kreuzer, M. and Wicke, M. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (Black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). Poult. Sci. 87(1), 160-169.
- Kajaroen, Y., Kajaroen, S., Theerapuntuwat, S., Sivaparakorn, A., Saki-ya, P., Sripra-ya, P., Chaiput, P. and Sai-ngam., Y. 1989. Poultry on-farm trial at the village level in Khon Kaen province: Results. The development and improvement of small animal production for smallholders in the northeast. Final report, Faculty of Agriculture, IRD Khon Kaen University and USAID: 125-151. (in Thai).
- Leotaragul, A., Na Rangsi, D., Oboun, T. and Pimcomelai, O. 2008. formation of foundation stock of Thai indigenous chicken (Pradu Hangdum) 9. Reproductive performance in local condition of the chicken. Proceedings of the 46th Kasetsart University Annual Conference: Animals. pp. 247-254.
- Leotaragul, A. and Pimkamlai, O. 1999. Economic return of indigenous chicken and crossbred indigenous and Rhode Island Red. Livestock Magazine no. 5 3(1): 7-10. (in Thai)
- Leotaragul, A. Pimcomelai, O. and Intharachote, U. 2007. Diversity of phenotypic characteristics of Thai indigenous Pradu Hangdum chicken. Proceedings of the 45th Kasetsart University Annual Conference: Animals and Veterinary Medicine. pp. 291-298.
- Leotaragul, A. Pimcomelai, O. and Intharachote, U. 2009. Formation of foundation stock of Pradu Hangdum breed of indigenous chicken 10. Phenotypic Characteristics and Economic Traits of Chicken for Generation 5. Proceedings of the 47th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart, 17-20 March, 2009. Subject: Animals. pp. 247-254.
- Oboun, T., Namkhun, S. and Leotaragul, A. 2006. Formation of foundation stock of Thai indigenous chicken (Pradu Hangdum). 7. Performance Test in local condition of the chicken. Proceedings of the 44th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart, 30 January - 2 February, 2006. Subject: Animals, Veterinary Medicine. pp. 416-424.
- Haitook, T., Tawfik, E. and Zobisch, M. 2003. Options for native chicken (*Gallus domesticus*) production in Northeastern Thailand. In conference on international agricultural research for development. Deutscher Tropentag 2003 Göttingen, October 8-10. pp 1-8.
- Hillel, J., Groenen, M.A., Tixier-Boichard, M., Korol, A.B., David, L., Kirzhner, V.M., Burke, T., Barre-Dirie, A., Crooijmans, R.P., Elo, K., Feldman, M.W., Freidlin, P.J., Mäki-Tanila, A., Oortwijn, M., Thomson, P., Vignal, A., Wimmers, K. and Weigend, S. 2003. Biodiversity of 52 chicken populations assessed by microsatellite typing of DNA pools. Genet. Sel. Evol. 35(5): 533-557.
- Hongpan, N. and Nantachai, K. 2010. Physical Properties, Chemical composition and sensory characteristics of Thai

- indigenous and crossbred chicken meat. *Agricultural Sci. J.* 41:1(Suppl.): 601-604.
- Mekchay, S., Supakankul, P., Assawamakin, A., Wilantho, A., Chareanchim, W. and Tongsima, S. 2014. Population structure of four Thai indigenous chicken Breeds. *BMC Genet.* 15: 40.
- Sawai, H., Kim, H.L., Kuno, K., Suzuki, S., Gotoh, H., Takada, M., Takahata, N., Satta, Y. and Akishinonmiya, F. 2010. The origin and genetic variation of domestic chickens with special reference to Junglefowls *Gallus g. gallus* and *G. varius*. *PLoS One.* 19;5(5): e10639.
- SPSS 13.0 for windows. 2004. SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA.
- Teltathum, T. and Mekchay, S. 2009. Proteome changes in Thai indigenous chicken muscle during growth period. *Int. J. Biol. Sci.* 5(7): 679-685.
- Wattanachant, S., Benjakul, S. and Ledward D.A. 2004. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken Muscles. *Poult. Sci.* 83(1): 123-128.

คุณค่าทางโภชนาและজনপলসাস্ত্রকরয়্যসলায়খগাকমঁসাপেহঁলংকাকরমলিতএথানোল โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

เทอดศักดิ์ ปูระมมงคล^{1*} และกังวาน ธรรมแสง²

¹สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขต

จันทบุรี อ. เขาคิชฌกูฏ จ. จันทบุรี 22210

²ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี 34190

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาและজনপলসাস্ত্রকরয়্যসলায়খগাকมঁสাপেহঁลংกাকরমলিতএথানোলหมักโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สวางแผนการทดลองแบบ $3 \times 2 \times 3$ factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยมี 3 ปัจจัย คือ ปัจจัย A) สัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อกากมันสำปะหลัง 3 ระดับ คือ 100 : 0, 85 : 15 และ 70 : 30 ปัจจัย B) การไม่ใช้ และการใช้ยีสต์ในการหมัก และปัจจัย C) ระดับของกากน้ำตาล 3 ระดับ คือ 0, 3 และ 6 % รวมทั้งหมด 18 ทรีตเมนต์ ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณโปรตีนในทรีตเมนต์ที่มีสัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อกากมันสำปะหลัง 100 : 0 ใช้ยีสต์ในการหมัก ร่วมกับกากน้ำตาล 0 และ 3 % มีโปรตีนสูงกว่า ($P < 0.01$) ทรีตเมนต์อื่น เมื่อพิจารณาปัจจัย A พบว่า การลดสัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิต เอทานอลลงมีผลทำให้โปรตีนลดลง ($P < 0.01$) ขณะที่ศักยภาพในการผลิตแก๊ส ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จะเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) ส่วนปัจจัย B พบว่า การใช้ยีสต์ในการหมักทำให้โปรตีนสูงกว่า ($P < 0.01$) ไม่ใช้ยีสต์ และยังพบว่า การใช้ยีสต์ในการหมักจะสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตแก๊ส ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ($P > 0.05$) สำหรับปัจจัย C พบว่า การใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 3 % และ 6 % มีผลทำให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่า ($P < 0.05$) การใช้ที่ระดับ 0 %

คำสำคัญ: กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล และ เทคนิคผลผลิตแก๊ส

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

Nutritive Value and Kinetic of Degradation of Cassava Ethanol Waste by *in vitro* Gas Production Technique

Terdsak Puramongkon^{1*} Kungwan Thummasaeng²

¹*Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chantaburi Campus, Chantaburi, 22210, Thailand*

²*Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand*

Abstract

The objective of this study was to determine the nutritive value and degradation kinetics of cassava ethanol waste by *in vitro* gas production technique. The experiment was laid out in a 3 x 2 x 3 factorial in CRD, with 3 replicates. There were 3 experimental factors: factor A) three ratios of cassava ethanol waste to cassava pulp (100:0, 85:15, and 70:30); factor B) without and with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for fermentation and; factor C) three levels of molasses (0 %, 3 %, and 6 % w/w). There were 18 treatments combination. The result showed that treatments with the ratio of cassava ethanol waste to cassava pulp (100:0) fermented with 0 % and 3 % molasses increased crude protein ($P<0.01$) than other treatments. When the ratio of the cassava ethanol waste to cassava pulp declined, the crude protein also decreased ($P<0.01$) while the gas production potential, *in vitro* organic matter digestibility, and metabolizable energy increased ($P<0.01$). With regard to factor B, it was found that yeast fermented group resulted in an increase of crude protein ($P<0.01$). It was also found that yeast fermented group increased the gas production potential ($P<0.05$), but not significantly different ($P>0.05$) in *in vitro* organic matter digestibility, and metabolizable energy. As for factor C, the metabolizable energy was not significantly different ($P>0.05$) when fermented with 3 % and 6 % molasses, but they were higher ($P<0.05$) than that of 0 %.

Keywords: Cassava ethanol waste and gas production technique

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

ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกต้องประสบปัญหาวิกฤติด้านพลังงานเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยซึ่งจำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานมากกว่า 65 % ของพลังงานที่ใช้ภายในประเทศทั้งหมด และมากกว่า 80 % เป็นการนำเข้าพลังงานในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิง (ผ่องศรี, 2556) จึงได้มีการส่งเสริมให้ ใช้พลังงานชีวมวลจากพืชพลังงานต่าง ๆ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย กากน้ำตาล ข้าวโพด และข้าวฟ่างหวานเป็นต้นมาใช้ในการผลิตเป็นพลังงานในรูปของเอทานอลได้ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีความพร้อมของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตเอทานอล และการส่งเสริมจากรัฐบาล จึงมีการสร้างโรงงานที่ผลิตเอทานอลขึ้นหลายแห่งซึ่งเอทานอลที่ได้เมื่อนำผสมกับน้ำมันเบนซิน 10 % จะได้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ (gasohol) หรือผสมในสัดส่วน 85 % จะได้น้ำมัน E 85 ซึ่งเมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์จะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าเชื้อเพลิงทั่วไปช่วยในการรักษาสังแวดล้อมเนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่มีซัลเฟอร์ และมีโมเลกุลของออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ 35 % โดยน้ำหนัก

สำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทยจากพืชพลังงานต่าง ๆ พืชที่นิยมนำมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเอทานอลคือ มันสำปะหลัง เนื่องจากมีปริมาณเพียงพอต่อการนำมาผลิตเอทานอลโดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างทางอุตสาหกรรมอื่น ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีผลผลิตส่วนเกินของ มันสำปะหลังประมาณ 4 ล้านตันสามารถผลิตเป็นเอทานอลได้ไม่ต่ำกว่า 2 ล้านลิตรต่อวัน ได้ตลอดทั้งปี ซึ่งจะช่วยลดปัญหา มันสำปะหลังล้นตลาด ตลอดจนลดการแทรกแซงราคาหัวมันสำปะหลังอีกด้วยจากการนำมันสำปะหลังไปใช้ในการผลิตเอทานอลดังกล่าว จะได้เศษเหลือจากอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเรียกว่า กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลโดยใช้ข้าวโพดในการผลิตเอทานอล 100 กิโลกรัม จะได้เอทานอล 40.2 ลิตร คาร์บอนไดออกไซด์ 32.3 กิโลกรัม และเศษเหลือจากกระบวนการหมัก 32.3 กิโลกรัม (Schingoethe, 2006) กล้าณรงค์ (2550) รายงานว่า โรงงานที่ผลิต เอทานอลด้วยมันสำปะหลังที่มีกำลังการผลิต 150,000 ลิตร/วัน จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 100-120 ตัน/วัน ฟูเซลล์ออย (Fusel oil) 300 - 600 ตัน/วัน และกากมัน

สำปะหลังจากการผลิตเอทานอล 30 – 40 ตัน/วัน สุกัญญา และวราพันธุ์ (2552) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีวัตถุแห้ง, โปรตีนหยาบ, ไขมัน, เยื่อใย, เถ้า และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ เท่ากับ 25.08, 7.27, 1.07, 35.72, 12.94 และ 43.00 % ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องเนื่องจากมีเยื่อใยสูง อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลมีความชื้นสูง เมื่อทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้นการศึกษาการใช้เศษเหลือของ มันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลโดยการหมักด้วยกากน้ำตาลซึ่งเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีพลังงานสูง ร่วมกับยีสต์เพื่อช่วยในกระบวนการหมักจะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาได้ อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเลือกใช้วัตถุดิบเพื่อนำมาประกอบเป็นอาหารสัตว์จำเป็นต้องทราบองค์ประกอบทางโภชนา และความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้ก่อนวิธีการวัดผลผลิตแก๊ส (*in vitro* gas production technique) เป็นวิธีการที่นิยมที่พัฒนาโดย Menke and Steingass (1988) เป็นการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่ม (incubation) อาหารด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมนในระบบปิด ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนจะเกิดแก๊สขึ้น ซึ่งแก๊สส่วนใหญ่เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแก๊สเมเทน (CH_4) ปริมาตรแก๊สที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอาหาร และค่าพลังงานของอาหาร ข้อมูลที่ได้จาก วิธี *in vitro* gas production technique จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ประเมินคุณภาพอาหาร (Geatchew *et al.*, 1998) จัดลำดับคุณค่าของอาหารและคัดเลือกอาหารเพื่อนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ซึ่งการศึกษานี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนา และจลนพลศาสตร์การย่อยสลายของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นอาหารโคเนื้อ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

ใช้การศึกษาแบบ $3 \times 2 \times 3$ Factorial arrangement in CRD โดยมีปัจจัยทดลอง 3 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A สัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อกากมันสำปะหลังจากการผลิตแป้งมัน มี 3 ระดับ คือ 100:0, 85:15 และ 70:30 (a_1 , a_2 , a_3)

ปัจจัย B การใช้ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ในการหมัก มี 2 ระดับ คือ ไม่ใช้ยีสต์และใช้ยีสต์ (b₁, b₂)

	a ₁	
T1	b ₁ c ₁	T7
T2	b ₁ c ₂	T8
T3	b ₁ c ₃	T9
T4	b ₂ c ₁	T10
T5	b ₂ c ₂	T11
T6	b ₂ c ₃	T12

ปัจจัย C การใช้กากน้ำตาล มี 3 ระดับ คือ 0, 3 และ 6 % โดยน้ำหนัก (c₁, c₂, c₃)
โดยเขียนเป็น Treatment combination ได้ดังนี้ คือ

a ₂		a ₃
b ₁ c ₁	T13	b ₁ c ₁
b ₁ c ₂	T14	b ₁ c ₂
b ₁ c ₃	T15	b ₁ c ₃
b ₂ c ₁	T16	b ₂ c ₁
b ₂ c ₂	T17	b ₂ c ₂
b ₂ c ₃	T18	b ₂ c ₃

2. วิธีการหมักกากเอทานอล

ทำการหมักกากเอทานอลจากการผลิตมันสำปะหลัง ใช้วิธีการหมักกากมันสำปะหลัง ตามวิธีการของ สิทธิศักดิ์ และคณะ (2553) ซึ่งมีวิธีการเตรียมหัวเชื้อยีสต์ โดยการนำผงยีสต์ 20 กรัม (ยกเว้นในทรีตเมนต์ที่ไม่ใช้ยีสต์) ผสมน้ำตาลทราย 40 กรัม ละลายในน้ำ 200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที เตรียมอาหารเลี้ยงยีสต์ โดยใช้กากน้ำตาล 500 กรัม และยูเรีย 400 กรัม ละลายในน้ำ 10 ลิตร นำหัวเชื้อยีสต์ และอาหารเลี้ยงยีสต์มาผสมให้เข้ากัน ใช้ปั๊มลมเพื่อเติมออกซิเจนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำราดลงบนส่วนผสมของกากเอทานอลตามทรีตเมนต์ต่างๆจำนวน 60 กิโลกรัม เติมหากากน้ำตาลจำนวน 1.8 กิโลกรัม และ 3.6 กิโลกรัมในทรีตเมนต์ที่ใช้กากน้ำตาล 3 และ 6 % ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน จากนั้นแบ่งใส่ถุงดำที่ซ้อนกัน 2 ชั้น ถุงละ 20 กิโลกรัมทรีตเมนต์ละ 3 ถุง (3 ซ้ำ) ทิ้งไว้เป็นเวลา 14 วัน

3. ขั้นตอนการศึกษาจุลชีวศาสตร์การผลิตแก๊ส

นำตัวอย่างกากเอทานอลจากการผลิตมันสำปะหลังที่ผ่านการหมัก 14 วัน ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นทำการบรรจุตัวอย่างอาหารน้ำหนัก 0.2 กรัมลงในขวดวัดคลื่นขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วทำการบ่มในตู้อบแห้งที่ 39°C เพื่อรอการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสม

เตรียมของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) โดยใช้โคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองน้ำหนักเฉลี่ย 250 กิโลกรัมจำนวน 2 ตัว ที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นวันละ 0.5 % ของน้ำหนักตัว และให้หญ้าสดเป็นอาหารหยาบ โดยให้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลองโดยใช้ stomach tube สอดผ่านหลอดอาหารแล้วดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยใช้ vacuum

pump จากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วอุ่นที่อุณหภูมิ 39°C พร้อมต่อกับท่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (สร้างสภาพให้คล้ายกับในกระเพาะรูเมนมากที่สุด) เพื่อรอรับมาผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมที่เตรียมไว้ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988) ทำการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสม ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดที่บรรจุวัตถุดิบอาหารทดลอง ขวดละ 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าบ่มที่ตู้อบร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 39°C เพื่อทำการวัดปริมาตรแก๊ส (Menke *et al.*, 1979; Menke and Steingass, 1988)

3. การเก็บข้อมูล

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารในแต่ละทรีตเมนต์ เพื่อวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP), ไขมันรวม (ether extract, EE) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1980) และหาเยื่อใย NDF (neutral detergent fiber), เยื่อใย ADF (acid detergent fiber, ADF) และลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) ตามวิธีของ Georing and Van Soest (1970) บันทึกผลผลิตแก๊ส โดยจดบันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลาที่ 1, 3, 6, 12, 24, 48 และสุดท้ายทำการบันทึกชั่วโมงที่ 72 นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่อการอธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส ตามโมเดลหรือแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b [1 - \exp(-ct)]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t
 a = จัดตัดแกน y

b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดคงที่เมื่อปล่อยให้
อาหารถูกย่อยโดยไม่จำกัดเวลา (asymptote)
c = ค่าอัตราการผลิตแก๊ส

หลังการบ่มชั่วโมงที่ 24 และ 48 แต่ละครั้ง ทำ
การสุมขวยย่อยในแต่ละปัจจัยการทดลองออกมาปัจจัยการ
ทดลองละ 2 ขวด นำเข้าแช่เย็นทันทีที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อ
หยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ และรอการวิเคราะห์ภายหลัง
เมื่อทำการวิเคราะห์ให้น้ำออกจากตู้แช่แข็งปล่อยให้ละลาย
ทำการกรองเอาของแข็งที่เหลือจากการย่อย นำไปอบที่

อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำไปเผาที่
อุณหภูมิ 550°C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อนำค่าวัตถุแห้งและ
เถ้าที่เหลือจากการย่อยไปทำการคำนวณหาความสามารถใน
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter
digestibility : IVDMD) และอินทรีย์วัตถุ (*in vitro*
organic matter digestibility: IVOMD) ดังสมการ

[น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น-น้ำหนักวัตถุแห้งที่เหลือหลังการบ่ม]

$$\text{IVDMD (\%)} = \frac{\text{[น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น-น้ำหนักวัตถุแห้งที่เหลือหลังการบ่ม]}}{\text{น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

[น้ำหนักอินทรีย์วัตถุเริ่มต้น-น้ำหนักอินทรีย์วัตถุที่เหลือหลังการบ่ม]

$$\text{IVOMD (\%)} = \frac{\text{[น้ำหนักอินทรีย์วัตถุเริ่มต้น-น้ำหนักอินทรีย์วัตถุที่เหลือหลังการบ่ม]}}{\text{น้ำหนักอินทรีย์วัตถุเริ่มต้น}} \times 100$$

ประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้
(Metabolizable energy, ME) ในแต่ละทรีตเมนต์ จาก
ผลผลิตแก๊สในชั่วโมงที่ 24 ตามสมการทำนายค่าพลังงานที่
ใช้ประโยชน์ได้ของ Menke *et al.* (1979) ดังนี้

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 2.20 + (0.136 \times \text{Gv}) + (0.0057 \times \% \text{CP}) + (0.00029 \times \% \text{EE})$$

โดย Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24
ชั่วโมง (มิลลิเมตรต่อน้ำหนักของกากมันสำปะหลังจากการ
ผลิตเอทานอลหมัก) คำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{GV (ml)} = (\text{V24} - \text{Vo} - \text{Gpo}) \times 200 \times [(\text{Fh} + \text{Fc}) / 2]$$

เมื่อ Vo = ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นก่อนบ่ม
V24 = ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงที่ 24
GPo = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดที่ไม่มี
อาหารที่ชั่วโมงที่ 24

Fh = 44.16 / (GPh - Gpo); roughage
correction factor

Fc = 62.60 / (GPC - Gpo); concentrate
correction factor

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559

Volume 13 Number 2 July - December 2016

GPh = ค่าคงที่ของอาหารหยาบ มีค่าเท่ากับ 47

GPC = ค่าคงที่ของอาหารข้น มีค่าเท่ากับ 68

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นมิลลิกรัมวัตถุแห้ง

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการ
ทดลองที่วางไว้ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง
ค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel
and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเอ
ทานอลจากมันสำปะหลัง พบว่า มีวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ
เยื่อใย ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 23.56, 9.72, 2.44, 36.53,
1.44 และ 11.68 % ตามลำดับ ใกล้เคียงกับ สุภัญญา และว
ราพันธุ์ (2552) ที่รายงานว่า มีวัตถุแห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เยื่อ
ใย, เถ้า และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ เท่ากับ 25.08, 7.27,
1.07, 35.72, 12.94 และ 43.00 % ตามลำดับศุภชาติ
(2553) รายงานว่า กากเอทานอลจากมันสำปะหลังมีวัตถุ

วารสารเกษตรพระวรุณ

แห้ง 25.10 % เยื่อใย 31.46 - 38.44 % โปรตีน 6.79 - 7.29 % ไขมัน 0.91 - 1.37 % และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด 7.50 - 12.42 % และเทอดศักดิ์ และคณะ (2557) ซึ่งรายงานว่ กากเอทานอลจากมันสำปะหลัง พบว่า มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย NDF เยื่อใย ADF ลิกนิน และเถ้า

เท่ากับ 21.83, 9.83, 2.44, 45.64, 26.21, 4.45 และ 11.98 % ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้เมื่อทำการหมักกากเอทานอลตามวิธีที่เิ่มน้ตต่างๆ เป็นเวลา 14 วัน พบว่าในสูตรที่ไม่มีการเติมกากแป้งมัน ไม่มีการใช้ยีสต์

Table 1 Chemical composition of cassava ethanol waste

Item	DM	CP	CF	EE	Ash
			% DM		
CPE ¹	23.56	9.72	36.53	1.44	11.68
T1(a1b1c1) ²	23.01 ^A	14.83 ^{CDE}	38.77 ^B	1.08 ^{bc}	15.09 ^{AB}
T2 (a1b1c2)	23.05 ^A	11.20 ^{EF}	34.01 ^{BCD}	1.06 ^c	14.55 ^{ABCD}
T3 (a1b1c3)	23.06 ^A	12.76 ^{DEFG}	34.04 ^{BCD}	1.14 ^{abc}	14.28 ^{ABCDE}
T4 (a1b2c1)	19.45 ^B	22.20 ^A	37.22 ^{BCD}	1.21 ^{ab}	15.02 ^{AB}
T5 (a1b2c2)	19.78 ^B	22.36 ^A	35.42 ^{BCD}	1.27 ^a	15.26 ^A
T6 (a1b2c3)	20.44 ^B	18.31 ^B	33.54 ^{BCD}	1.24 ^a	13.52 ^{CDEFG}
T7 (a2b1c1)	19.21 ^B	12.95 ^{DEFG}	46.11 ^A	1.18 ^{abc}	14.77 ^{ABC}
T8 (a2b1c2)	17.68 ^C	10.44 ^{FGH}	36.11 ^{BCD}	1.26 ^a	13.82 ^{BCDEF}
T9 (a2b1c3)	13.20 ^E	10.72 ^{FGH}	38.00 ^{BC}	1.21 ^{ab}	13.10 ^{EF}
T10 (a2b2c1)	11.28 ^F	17.03 ^{BC}	46.11 ^A	1.26 ^a	13.90 ^{BCDEF}
T11 (a2b2c2)	12.49 ^{EF}	12.49 ^{EF}	38.10 ^{CB}	1.25 ^a	12.98 ^{FGH}
T12 (a2b2c3)	13.64 ^{DE}	15.37 ^{BCD}	33.52 ^{BCD}	1.27 ^a	13.29 ^{DEFGH}
T13 (a3b1c1)	11.26 ^F	10.23 ^{GH}	36.00 ^{BCD}	1.25 ^a	12.45 ^{GHI}
T14 (a3b1c2)	12.84 ^E	9.02 ^H	34.33 ^{BCD}	1.23 ^{ab}	11.58 ^I
T15 (a3b1c3)	14.82 ^D	9.20 ^H	31.80 ^{DE}	1.27 ^a	12.19 ^{HI}
T16 (a3b2c1)	23.05 ^A	13.42 ^{DEFG}	38.56 ^B	1.23 ^{ab}	12.21 ^{HI}
T17 (a3b2c2)	14.71 ^D	14.79 ^{CD}	32.63 ^{CD}	1.27 ^a	11.30 ^I
T18 (a3b2c3)	14.66 ^D	13.70 ^{DEF}	27.04 ^E	1.22 ^{ab}	12.34 ^{GHI}
P-Value	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01
SEM	0.47	1.02	1.68	0.05	0.39

ABCDEFghi Value on the same column with different superscripts differed ($P<0.01$)

abc Value on the same column with different superscripts differed ($P<0.05$)

¹CPE = Cassava pulp from ethanol production

²Treatment combinations : Factor A = cassava pulp from ethanol production : cassava pulp (100:0 (a_1), 85:15 (a_2) and 70:30 (a_3)), Factor B = yeast fermented (no used (b_1) and use (b_2)) and Factor C = molasses (0 % (c_1), 3 % (c_2) and 6 % (c_3))

กากน้ำตาล (T1) มีวัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 23.01, 14.83, 38.77, 1.08 และ 15.09 % ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณโปรตีนสูงขึ้น อาจเป็นเพราะ เกิดกระบวนการหมัก และการสังเคราะห์ เซลล์ของยีสต์ และจุลินทรีย์อื่นๆ ที่มีอยู่ในกากมันสำปะหลัง จากการผลิตเอทานอล จากการศึกษาของกานดา (2545) พบว่า ในกากมันสำปะหลังจะมีจุลินทรีย์ธรรมชาติกลุ่มแลคติกแอซิด แบคทีเรียอาศัยอยู่ด้วย นอกจากนี้จากการศึกษา ยังพบว่า กากเอทานอลหมักในสูตรที่มีการหมักด้วยยีสต์ และใช้กากน้ำตาล 3 และ 6 % มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ($P<0.01$) กลุ่มอื่นๆ (22.20 และ 22.36 % ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการทำงานของยีสต์ และยูเรียที่เติมลงไป ซึ่ง Boonnop et al. (2009) ได้ทำการหมักหัวมันสำปะหลังด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* และยูเรีย 0.5 % เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ระดับโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นเป็น 21.1 % โดยคิดเป็นโปรตีนแท้ 18.9 % และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน 2.2 % สอดคล้องกับ Kaewwongsa et al. (2011) ที่รายงานว่า การหมักกากมันสำปะหลังหมักด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* จำนวน 5 กรัม เสริมด้วยยูเรีย 10 % และกากน้ำตาล 1.25 % หมักเป็นเวลา 5 วัน สามารถเพิ่มระดับโปรตีนจาก 9.0 % เป็น 26.4 % โดยคิดเป็นโปรตีนแท้ 24.7% และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน 1.7%

องค์ประกอบทางเคมีในกากเอทานอลหมักเมื่อแยกเป็นรายปัจจัย (ตารางที่ 2) พบว่า เมื่อลดสัดส่วนกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อกากแป้งมันสำปะหลังลงเป็น 100:0, 85:15 และ 70:30 มีผลทำให้วัตถุดิบ โปรตีนหยาบ และเถ้าลดลง ($P<0.01$) ดังแสดงใน

ตารางที่ 2 โดยมีค่าโปรตีนเท่ากับ 16.82, 13.92 และ 11.73 % ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ลดลงเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนที่ต่ำในกากแป้งมัน สมิต และสุกัญญา (2559) รายงานว่า กากแป้งมันสำปะหลังมีโปรตีน เท่ากับ 1.83% ดังนั้นการเพิ่มสัดส่วนของกากแป้งมันจึงทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง ปัจจัยในการไม่ใช้ยีสต์ และการใช้ยีสต์ในการหมัก พบว่า การใช้ยีสต์ในการหมักมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ยีสต์ ($P<0.01$) (17.13 % กับ 11.18 %) และไขมันในกลุ่มที่ใช้ยีสต์ในการหมักมีปริมาณสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ยีสต์ ($P<0.05$) (1.25 % กับ 1.19 %) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการทำงานและขยายพันธุ์ของยีสต์ ในเซลล์ยีสต์จะมีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2559) รายงานว่า ในยีสต์ประกอบด้วยโปรตีน 40 - 50% ของน้ำหนักแห้ง ในส่วนของการใช้กากน้ำตาลในการหมัก พบว่า การใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 3 และ 6 % มีผลทำให้ปริมาณเยื่อใยลดลง แต่ไม่มีผลต่อไขมัน และโปรตีน เหตุที่ให้เยื่อใยลดลงเมื่อมีระดับของกากน้ำตาลเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะในกากเอทานอลมีความเป็นกรดเท่ากับ 4.17 (วราพันธุ์ และคณะ, 2551) เมื่อทำการหมักไว้เป็นเวลา 14 วัน กรดดังกล่าวจะมีการย่อยสลายเยื่อใย ซึ่งในกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทเยื่อใยจะต้องทำลายพันธะของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสก่อนด้วยกรดซัลฟูริก หรือกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นจึงทำการย่อยด้วยยีสต์ (วรลักษณ์, 2556) เมื่อมีการเติมกากน้ำตาลลงไปจะทำให้ยีสต์จะทำการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีการใช้น้ำตาลจากกากน้ำตาลและน้ำตาลที่ย่อยสลายพันธะด้วยกรด

Table 2 Chemical composition of cassava ethanol waste fermented by factor effects

Item	CEP:CP (A)			yeast (B)		molasses (C)			P-value						
	100:0	85:15	70:30	-	+	0	3	6	A	B	C	A*B	A*C	B*C	A*B*C
Chemical composition (%)															
DM	21.46 ^A	14.58 ^B	13.88 ^C	17.57	15.72	16.49	16.81	16.64	<0.01	0.01	0.97	<0.01	<0.01	0.67	<0.01

CP	16.82 ^A	13.92 ^B	11.73 ^C	11.18 ^B	17.13 ^A	14.99	14.14	13.34	<0.01	<0.01	0.51	0.01	0.61	0.03	0.54
CF	35.50 ^B	39.66 ^A	33.39 ^B	36.58	35.79	40.46 ^A	35.10 ^B	32.99 ^C	<0.01	0.58	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EE	1.17 ^b	1.24 ^a	1.25 ^a	1.19 ^b	1.25 ^a	1.20	1.22	1.23	0.02	0.01	0.70	<0.01	0.33	0.21	0.05
Ash	14.62 ^A	13.64 ^B	12.01 ^C	13.54	13.32	13.91	13.25	13.12	<0.01	0.55	0.17	<0.01	<0.01	0.56	<0.01

^{ABC} Value on the same column with different superscripts differed (P<0.01)

^{abc} Value on the same column with different superscripts differed (P<0.05)

A = cassava ethanol waste : cassava pulp (100:0, 85:15 and 70:30); B = yeast fermented (without and with); C = molasses (0, 3 and 6 %)

ค่าจนวนผลศาสตร์การผลิตแก๊สของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมัก แสดงในตารางที่ 3 โดย ค่า a บ่งบอกถึงปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายองค์ประกอบที่สามารถละลายในน้ำได้ ค่า b บ่งบอกถึงศักยภาพการย่อยสลายของอาหาร ค่า c บ่งบอกถึง อัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักของอาหาร และค่า d บ่งบอกถึง ศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหารจากการศึกษาพบว่า ค่า a ในทรีตเมนต์ที่ไม่มีการใช้กากมันสำปะหลังหมักร่วมกับกากน้ำตาล 3 และ 6% และทรีตเมนต์ที่มีการใช้กากมันสำปะหลัง 15% หมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล 6% มีค่าสูงที่สุด ค่า b ในทรีตเมนต์ที่มีการใช้กากมันสำปะหลัง 30% หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3 % มีค่าสูงที่สุด ค่า c ในทรีตเมนต์ที่หมักโดยไม่ใช้ยีสต์และกากน้ำตาลทรีตเมนต์ที่มีการใช้กากมันสำปะหลัง 15% หมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 % และทรีตเมนต์ที่มีการใช้กากมันสำปะหลัง 30 % หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3% มีค่าสูงที่สุด และค่า d ในทรีตเมนต์ที่ในทรีตเมนต์ที่มีการใช้กากมันสำปะหลัง 30% หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3%มีค่าสูงที่สุด ค่าความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในทรีตเมนต์ที่ใช้กากมันสำปะหลัง 30% หมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล 6% มีค่าสูงที่สุดและการประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในทรีตเมนต์ที่ในทรีตเมนต์ที่มีการใช้กากมันสำปะหลัง 30% หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3% มีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายปัจจัย (ตารางที่ 4) พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของกากแป้งมันสำปะหลังเป็น 0, 15 และ 30% มีผลทำให้ค่า a ลดลง โดยค่า a ในกลุ่มที่มีสัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อกากแป้งมันสำปะหลัง 100:0 จะมีค่าสูงกว่า (P<0.01) กลุ่มที่มีสัดส่วน 85:15 และ 70:30 (0.50, -1.11 และ -1.73 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ทั้งนี้เป็นเพราะในกากแป้งมันสำปะหลังยังคงมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (nitrogen free extract, NFE) ประมาณ 65-70 % (สมิต และสุกัญญา, 2559) โดยเฉพาะแป้งซึ่งยังคงเหลืออยู่ถึง 14 % (วรพจน์ และคณะ, 2549) ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้

ว่าค่า a มีค่าติดลบ ซึ่ง Ørskov (1982) อ้างโดย เมธา (2533) กล่าวว่าการที่ค่า a เป็นลบ อาจจะเกิดขึ้นจากส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณ NFE ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเพิ่มสัดส่วนของกากแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของศักยภาพการย่อยสลายของอาหาร (P<0.01) ศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (P<0.01) ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเป็นผลมาจาก NFE ในกากแป้งมัน เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เป็นเพราะในกากแป้งมันสำปะหลังยังคงมีแป้งเหลืออยู่ประมาณ 14 % (วรพจน์ และคณะ, 2549) และมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3,027 กิโลแคลอรี/กก. และยอดโภชนะที่ย่อยได้ 65-70 % (สมิต และสุกัญญา, 2559) ผลของการใช้ยีสต์ในการหมักพบว่า การใช้ยีสต์ในการหมักมีผลทำให้ศักยภาพการย่อยสลายของอาหารและศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหารสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ยีสต์ (11.18 กับ 17.13 มิลลิลิตร และ 1.19 กับ 1.25 มิลลิลิตร ตามลำดับ) สอดคล้องกับ วรางคณา และฉลอง (2557) ที่รายงานว่าการใช้กากเอทานอลหมักด้วยยีสต์ที่ระดับ 50 มิลลิลิตรมีผลผลิตแก๊สสะสมสูงกว่าการใช้ยีสต์ในการหมักที่ระดับ 0, 5 และ 25 มิลลิลิตร (P < 0.01) แต่การใช้ยีสต์ในการหมักไม่มีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ในส่วนของระดับของกากน้ำตาล พบว่า เมื่อเพิ่มระดับของกากน้ำตาล มีผลทำให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ใช้ระดับของกากน้ำตาล 3 และ 6 % จะมีค่าสูงกว่า (P<0.05) กลุ่มที่ไม่ใช้กากน้ำตาลในการหมัก (6.98, 7.37 และ 7.09 MJ/Kg DM ในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0, 3 และ 6 % ตามลำดับ) ทั้งนี้เพราะในกากน้ำตาลจะมีค่าพลังงานสูง สอดคล้องกับ Getachew et al. (2003) ที่รายงานว่าอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายสูงจะมีการย่อยสลายและเกิดผลผลิตแก๊สสูง

Table 3 Fermentation kinetics of cassava ethanol waste fermented

Item		a (ml)	b (ml)	c (%/hr)	d (ml)	² IVDMD(%)	³ IVOMD(%)	⁴ ME(MJ)
T1	¹ (a1b1c1)	-0.83 ^{BC}	42.54 ^G	1.117 ^a	43.81 ^{GH}	59.19 ^{ABC}	77.39 ^F	6.78 ^{EFGH}
T2	(a1b1c2)	2.54 ^A	43.69 ^G	0.083 ^b	46.23 ^{FG}	58.52 ^{ABC}	79.96 ^{CDEF}	6.98 ^{DEFGH}
T3	(a1b1c3)	2.80 ^A	42.47 ^G	0.090 ^b	45.27 ^{GF}	58.07 ^{ABC}	78.32 ^{DEF}	6.94 ^{DEFGH}
T4	(a1b2c1)	-0.96 ^{BCD}	42.72 ^G	0.087 ^b	43.67 ^{GF}	64.82 ^A	77.96 ^{EF}	6.56 ^H
T5	(a1b2c2)	-0.42 ^B	42.92 ^G	0.087 ^b	43.34 ^{GF}	57.98 ^{ABC}	78.13 ^{EF}	6.63 ^{GF}
T6	(a1b2c3)	-0.19 ^B	41.82 ^G	0.097 ^{ab}	42.24 ^F	61.39 ^{AB}	82.41 ^{ABCDE}	6.96 ^{DEFGH}
T7	(a2b1c1)	-0.50 ^B	44.55 ^{FG}	0.090 ^b	45.05 ^{GH}	47.63 ^{CD}	80.00 ^{CDEF}	6.74 ^F
T8	(a2b1c2)	1.78 ^A	47.58 ^{EF}	0.087 ^b	49.36 ^{EF}	46.48 ^D	78.29 ^{DEF}	7.28 ^{CDE}
T9	(a2b1c3)	0.27 ^B	42.80 ^G	0.117 ^a	44.31 ^{GH}	52.77 ^{BCD}	81.23 ^{BCDEF}	6.65 ^{GF}
T10	(a2b2c1)	-3.17 ^E	47.89 ^{DEF}	0.100 ^{ab}	51.0 ^{DE}	58.00 ^{ABC}	82.82 ^{ABC}	6.89 ^{EFGH}
T11	(a2b2c2)	-2.76 ^E	50.74 ^{CDE}	0.103 ^{ab}	53.51 ^{CD}	60.70 ^{AB}	82.23 ^{ABCDE}	7.24 ^{CDEF}
T12	(a2b2c3)	-2.28 ^{de}	49.52 ^{DE}	0.107 ^{ab}	51.80 ^{DE}	65.23 ^A	83.04 ^{ABC}	7.20 ^{CDEF}
T13	(a3b1c1)	-2.19 ^E	53.11 ^{BC}	0.120 ^a	56.30 ^{BC}	60.01 ^{AB}	85.23 ^{AB}	7.47 ^{BCD}
T14	(a3b1c2)	-1.96 ^{CDE}	60.17 ^A	0.100 ^{ab}	62.14 ^A	61.27 ^{AB}	82.67 ^{ABCD}	8.21 ^A
T15	(a3b1c3)	-0.94 ^{BCD}	53.25 ^{BC}	0.097 ^{ab}	54.24 ^{CD}	66.34 ^A	81.33 ^{BCDEF}	7.63 ^{BC}
T16	(a3b2c1)	-1.98 ^{CDE}	51.26 ^{CD}	0.100 ^{ab}	53.24 ^{CD}	58.55 ^{ABC}	81.59 ^{ABCDEF}	7.34 ^{CDE}
T17	(a3b2c2)	-2.23 ^{CDE}	56.16 ^B	0.103 ^{ab}	58.40 ^B	67.94 ^A	84.86 ^{AB}	7.87 ^{AB}
T18	(a3b2c3)	-0.07 ^B	48.49 ^{DE}	0.103 ^{ab}	48.76 ^{EF}	66.38 ^A	85.88 ^A	7.14 ^{CDEFG}
P-Value		<0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
SEM		0.46	1.12	0.01	1.09	3.53	1.34	0.16

ABCDEF^{GH} Value on the same column with different superscripts differed (P<0.01)

abc Value on the same column with different superscripts differed (P<0.05)

¹Treatment combinations : Factor A = cassava ethanol waste : cassava pulp (100:0 (a₁), 85:15 (a₂) and 70:30 (a₃)), Factor B = yeast fermented (without (b₁) and with (b₂)) and Factor C = molasses (0 % (c₁), 3 % (c₂) and 6 % (c₃))

² IVDMD = *in vitro* dry matter digestibility

³ IVOMD = *in vitro* organic matter digestibility

⁴ ME = Metabolizable energy

Table 4 Fermentation kinetics of cassava ethanol waste fermented by factor effects

Item	CEP:CP (A)			yeast (B)		molasses (C)			P-value						
	100:0	85:15	70:30	-	+	0	3	6	A	B	C	A*B	A*C	B*C	A*B*C
Gas Production															

a, ml	0.50 ^A	-1.11 ^B	-1.73 ^C	17.57	15.72	16.49	16.81	16.64	<0.01	0.10	0.97	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b, ml	42.69 ^C	47.18 ^B	53.74 ^A	11.18 ^B	17.13 ^A	14.99	14.14	13.34	<0.01	<0.01	0.51	<0.01	<0.01	0.42	<0.01
c, %/hr	0.09	0.10	0.10	36.58	35.79	40.46 ^A	35.10 ^B	32.99 ^C	<0.01	0.58	<0.01	0.32	0.07	0.17	0.04
d, ml	44.09 ^C	49.18 ^B	55.51 ^A	1.19 ^b	1.25 ^a	1.20	1.22	1.23	0.02	0.01	0.70	<0.01	<0.01	0.36	<0.01
¹ DMD, %	59.99 ^A	55.13 ^B	63.41 ^A	56.70 ^B	62.33 ^A	58.03	58.82	61.69	<0.01	0.01	0.33	<0.01	0.02	0.08	0.01
² IVOMD, %	79.03 ^C	81.27 ^B	83.59 ^A	80.49	82.10	80.83	81.02	82.03	<0.01	0.06	0.49	<0.01	<0.01	0.17	<0.01
³ ME, MJ	6.82 ^C	7.00 ^B	7.61 ^A	7.20	7.09	6.98 ^b	7.37 ^a	7.09 ^{ab}	<0.01	0.44	0.04	<0.01	0.19	<0.01	<0.01

ABC Value on the same column with different superscripts differed (P<0.01)

abc Value on the same column with different superscripts differed (P<0.05)

¹ DMD = *in vitro* dry matter digestibility

² IVOMD = *in vitro* organic matter digestibility

³ ME = Metabolizable energy

A = cassava ethanol waste : cassava pulp (100:0, 85:15 and 70:30); B = yeast fermented (without and with); C = molasses (0, 3 and 6 %)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลโดยการหมัก พบว่า การหมักกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อกากมันสำปะหลัง 100 : 0 ใช้ยีสต์ในการหมัก ร่วมกับกากน้ำตาล 0 และ 3% มีผลทำให้โปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่น เมื่อลดสัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลลงมีผลทำให้โปรตีนลดลง การใช้ยีสต์ในการหมักมีผลทำให้โปรตีนสูงกว่า กลุ่มที่ไม่ใช้ยีสต์ ศักยภาพในการผลิตแก๊สความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อลดสัดส่วนของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลลง การใช้ยีสต์ในการหมักจะสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตแก๊ส การใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 3% ทำให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่แตกต่างจากการใช้ที่ระดับ 6% แต่สูงกว่า

การใช้ที่ระดับ 0% ดังนั้นจึงควรหมักโดยใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล 3

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ท่าพระ จ.ขอนแก่น ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สัตว์ทดลอง และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ขอขอบคุณ บริษัทอุบลไบโอเอทานอล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากเอทานอลในการวิจัย และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกที่สนับสนุนแหล่งทุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กานดา พันสุรินทร์. 2545. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้มันสำปะหลัง และข้าวโพดในสูตรอาหารต่อระดับ พีเอช ปริมาณ จุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค/ไม่ก่อให้เกิดโรคที่ปลายลำไส้สุกรระยะรุ่น และมูลสุกรระยะขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เทอดศักดิ์ ประมวงค, ทิพย์วดี ประไพวงษ์ และสุนทร บุญมีมาก. 2557. ผลของกากเอทานอลจากมันสำปะหลังต่อผลผลิตน้ำมัน และองค์ประกอบของน้ำมันในโคนม. การประชุมทางวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 : เทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่อาเซียน. 23-25 กรกฎาคม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 324 น.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟีนีเพลบลิชชิง: กรุงเทพฯ. 473 หน้า.
- ผ่องศรี ศิวราศักดิ์. 2556. การผลิตเอทานอล.(สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2556) Available from : URL : <http://as.doa.go.th/fieldcrops/cas/eth/index.HTM>.
- วรางคณา แดนสีแก้ว และฉลอง วชิราภากร. 2557. ผลของการใช้กากเอทานอลหมักด้วยยีสต์ (*Saccharomyce cerevisiae*) และเชื้อรา (*Aspergillus niger*) ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อการย่อยได้และजनพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15 : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 28 มีนาคม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 585-593 น.
- วรารักษ์ จินตณวิทย์, สุกัญญา จิตตพรพงษ์, ฤทัยชนก มากระนิตย์, สุกัญญา ศรีมงคลงาม และณัฐรา วิวัฒน์วงศ์วนา. 2549. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย และยีสต์ในระหว่างการหมักกากมันสำปะหลัง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 : สาขาสัตว สาขาสัตวแพทยศาสตร์. 30 มกราคม -2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 131-137 น.
- วรารักษ์ จินตณวิทย์, สุกัญญา จิตตพรพงษ์, และอุทัย คันโธ. 2551. การศึกษาองค์ประกอบเศษเหลือจากการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนางานวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวจากกลกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์ และผลิต ภัณฑ์สัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.
- วรลักษณ์ คงจินตนา. 2556. การผลิตเอทานอลจากแกนข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ศุภชาติ ปานเนียม. 2553. งานวิจัยอย่างง่ายและใช้ได้จริง.สาส์นโคนม. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3:10-11.
- สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และวรารักษ์ จินตณวิทย์. 2552. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนางานวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันวจากกลกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2559. ผลิตภัณฑ์ยีสต์โปรตีน. (สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559) Available from : URL : <http://www.tistr.or.th/tistrblog/>.
- สิทธิศักดิ์ คำผา, ศรีบุญ เชื้อหลง, ธีระชัย ศิริอุเทน, สมมาศ อิฐรัตน์ และอุทัย ไครตดก. 2553. การใช้ผลิตภัณฑ์หัวมันสำปะหลังสดหมักยีสต์เป็นอาหารเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองลูกผสมเพื่อธุรกิจของฟาร์มเกษตรกรรายย่อย. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ) 38(1): 20-23.
- สมิต ยิ้มมงคล และสุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2559. การใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นอาหารสัตว์ (สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559) Available from : URL : http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/animal/11_2_animal/11_2animal.html
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis: Food composition; additives; Natural Contaminants. 17th ed.

Gaithersburg, Maryland.

- Boonnop, K., Wanapat, M., Ng-armnit, N., and Wanapat, S. 2009. Enriching nutritive value of cassava root by yeast fermentation. Dept of animal science, Khon Kaen, 40002 Thailand.
- Geatchew, G., Blummel M., Makkar H. P. S., and Becker K. 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritive quality of feed. A review. Anim. Feed Sci. Technol. 72(3-4): 216-218.
- Geatchew, G., P. H. Robins, E. J. Depeters and S. J. Taylor. 2003. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feed. Anim. Feed Sci. Technol. 111(1-4): 57-71.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, procedures and some applications). Agric. Handbook No. 379, ARS, ISDA, Washington DC.
- Kaewwongsa, W., Traiyakun, S., Yuangklang, C., Wachirapakorn, C., and Paengkoum, P. 2011. Protein enrichment of cassava pulp fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. J. Anim. Vet. Adv. 10(18): 2434-2440.
- Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28: 7-55.
- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. Agric. Sci. (Camb.) 93(1):217-222.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92(2):499-503.
- Schingoethe, D. J. 2006. Utilization of DDGS by Cattle. Pages 61-74 in Proc. 27th Western Nutr. Conf., Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw Hill Book Company, Inc.

ผลของไลโซเลซิดินในอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายอาหาร และการเจริญเติบโตของปลานิล

พอพงศ์ กาบเกสร¹ และบัณฑิต ยวงสร้อย^{1*}

¹ ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การเสริมไลโซเลซิดินระดับต่างๆ คือ 0.0125, 0.0250 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารปลานิล ที่มีการลดระดับโปรตีนลง 1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบด้วยอาหารควบคุมที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่เสริมไลโซเลซิดิน ทำการอนุบาลปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 4.15 ± 0.10 กรัม/ตัว ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง แบบเต็มอิ่ม เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า การเสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลานิลมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (67.61 ± 3.44) ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน (79.54 ± 2.17) และมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (0.84 ± 0.05) ดีที่สุด ($p < 0.05$) การเสริมไลโซเลซิดินทุกระดับทำให้ปลามีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) และการเสริมที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีน มีค่าที่ดีขึ้น และไม่แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม นอกจากนี้ทุกชุดการทดลองมีค่าโปรตีนสะสมในตัวปลา และปริมาณไขมันสะสมในช่องท้อง ที่ใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) แต่การเสริมที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ ปลานิลมีค่าดัชนีตับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การเสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ สามารถเสริมในอาหารที่มีการลดระดับโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สามารถช่วยให้ปลาเจริญเติบโตดี และส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพิ่มสูงขึ้น และเป็นแนวทางในการช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารปลาได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ไลโซเลซิดิน, ประสิทธิภาพการย่อย, การเจริญเติบโต, ปลานิล

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: bundyu@kku.ac.th

Effect of Dietary Lysolecithin on Nutrient Digestibility and Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Porpong Karbkesorn¹ and Bundit Yuangsoi^{1*}

¹ Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

Abstract

Supplementation of varying levels of lysolecithin in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets were reduced 1% of crude protein containing total protein 29% at 0, 0.0125, 0.0250 and 0.0375 % in comparison with control group (30% of crude protein) as a basal diet. The experiment was conducted to study the effects of lysolecithin on nutrient digestibility and growth performance in tilapia with an average body weight of 4.15 ± 0.10 g/fish. All fish were fed test diets twice a day to apparent satiation for 6 weeks. The results showed that lysolecithin supplementation at 0.0250 % increased significantly ($p < 0.05$) digestibility coefficient (67.61 ± 3.44), protein digestibility (79.54 ± 2.17) and lipase activity (0.84 ± 0.05). There were no differences in growth performance among treatments ($p > 0.05$). However, feed conversion ratio (FCR) and protein efficiency ratio (PER) were best ($p < 0.05$) for fish fed the diet supplemented with lysolecithin at 0.0250 %. Supplementation of lysolecithin in the diets did not significantly ($p < 0.05$) affect on protein gain (PG) in whole body and intraperitoneal fat, while hepatosomatic index increased significantly ($p < 0.05$) compared with the control group but had a lower of feed production cost than those of the control. The reduction of 1% crude protein and supplementation of 0.0250% Lysolecithin in fish diet has improved protein digestibility and feed conversion in fish related to decrease cost value of diet production.

Keywords: lysolecithin, digestibility, growth performance, Nile tilapia

*Corresponding author: bundyu@kku.ac.th

บทนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จัดเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ไขมันต่ำ เลี้ยงง่าย และเจริญเติบโตเร็ว การบริโภคปลานิลในประเทศไทยสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ของ

การบริโภคปลาทั้งหมด (Piumsombun, 2003) ในปี 2556 ผลผลิตปลานิลภายในประเทศมีผลผลิตสูงถึง 197,595 ตัน (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, 2558) สามารถพัฒนาการผลิตได้อย่างไม่จำกัด อาจส่งผลให้เกิดการแข่งขันทั้งในด้านปริมาณ คุณภาพ และราคา (วรรณชัย, 2546) จากข้อมูลดังกล่าวทำให้อาหารสัตว์น้ำมีบทบาทต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์

น้ำเป็นอย่างมาก ในด้านต้นทุนผันแปรของการเลี้ยง มีผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรโดยตรง (ทรงศักดิ์, 2551) ในปัจจุบัน หลักการการผลิตอาหารสัตว์น้ำที่ตินั้น เมื่อสัตว์น้ำได้รับอาหารแล้ว ทำให้มีผลการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำ และได้ผลตอบแทนกำไรสูงสุด เมื่อพิจารณาต้นทุนการอาหารสัตว์น้ำ ต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่มาจากปลาป่น ซึ่งวัตถุดิบอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ปกติสัตว์น้ำจะใช้โปรตีนส่วนที่เกินความต้องการในการเจริญเติบโต ไปเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งเป็นการใช้แหล่งโปรตีนที่มีราคาแพงอย่างไม่คุ้มค่า (Lovell, 1989) สัตว์น้ำจะใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อได้รับพลังงานจากส่วนประกอบของพลังงานที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein energy) คือ คาร์โบไฮเดรตและไขมัน (Nankervis *et al.*, 2000) จึงจะนำไปสู่การใช้โปรตีนสูงสุด หรือการสำรองโปรตีน (protein-sparing effect) (Tan *et al.*, 2007)

ไลโซเลซิดินเกิดขึ้นเมื่อเอนไซม์ฟอสโฟไลเปส A₂ (Phospholipase A₂) ทำปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ตรงตำแหน่งคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของฟอสฟาติดิลโคลีน (Phosphatidylcholine) หรือเลซิดิน (Kini, 1997) จากโครงสร้างของไลโซเลซิดิน พบว่า มีคุณสมบัติช่วยให้ไขมันแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กๆ (Emulsifying agent) สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำ ทำให้ง่ายต่อการย่อย และการดูดซึมไขมันได้ดีขึ้น การเติมสารอิมัลซิไฟเออร์จากภายนอกในกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (Emulsification) อาจช่วยให้ไขมันมีขนาดเล็กลง และมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ซึ่งทำหน้าที่ย่อยไขมันได้ดีขึ้น (kussaibati, 1982) ปัจจุบัน มีการเสริมไลโซเลซิดินจากภายนอก (Exogenous emulsifiers) ในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้ไขมันกระจายตัวได้ดีกว่าน้ำดี (Lennox *et al.*, 1968) ประสิทธิภาพการย่อยไขมันที่ดีในสัตว์น้ำ สามารถทำให้เพิ่มการใช้ประโยชน์จากไขมันได้มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณพลังงานในร่างกายเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ (เวียง, 2542) และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนก็จะดีขึ้นตามไปด้วย (Sena *et al.*, 1990; Orire and Sadiku, 2011) ดังนั้น การศึกษาผลของการเสริมไลโซเลซิดินในอาหารปลานิล ต่อประสิทธิภาพการย่อยสารอาหาร และการเจริญเติบโตของปลานิลสามารถใช้เป็นแนวทางปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์น้ำ ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดี และเพิ่มขีดจำกัดในการใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนและไขมันอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนสามารถลดต้นทุนในการผลิตอาหารได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design, CRD) โดยมี 5 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ (Replication) อาหารชุดควบคุมมีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และอาหารทดลองที่มีการลดระดับโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ และมีเสริมไลโซเลซิดินระดับที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่เสริมไลโซเลซิดิน (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารที่มีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ ไม่เสริมไลโซเลซิดิน

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารที่มีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ เสริมไลโซเลซิดิน 0.0125 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารที่มีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ เสริมไลโซเลซิดิน 0.0250 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารที่มีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ เสริมไลโซเลซิดิน 0.0375 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมปลาทดลอง

ทำการทดลองในปลานิลเพศผู้ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 4.16 ± 0.09 กรัม/ตัว ปรับสภาพปลาให้คุ้นเคยกับอาหารทดลอง เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยให้อาหารชุดควบคุม วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 16.00 น. จากนั้น ทำการคัดปลานิลให้มีขนาดใกล้เคียง กันในตู้กระจกความจุ 50 ลิตร อัตราการปล่อย 20 ตัว/ตู้ มีการให้อากาศ ตรวจวัดคุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดการทดลอง

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองและตัวปลานิล

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง และปลาก่อนเริ่มทำการทดลองรวมทั้งปลานิลหลังสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า โดยวิเคราะห์ตามวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990)

4. ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (*In vivo* nutrient digestibility)

เก็บมูลปลาหลังจากให้อาหารทดลองที่มีการเติมสารบ่งชี้ (โครมิกออกไซด์) ในสูตรอาหาร เข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากให้อาหาร 2 ชั่วโมง ทำการเก็บและรวบรวมมูลปลา ด้วยวิธี Water collection ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Boonyaratpalin and Phromkunthong

(2000) โดยใช้ถุงกรองขนาด 20 ไมครอน รองรับน้ำจากปลายสายยาง นำมูลที่รวบรวมได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโครมิกออกไซด์ในอาหารและมูลตามวิธีของ ประเสริฐ และคณะ (2525) และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันในมูล (AOAC, 1990) จากนั้น นำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพการย่อยสลายอาหารต่อไป

5. ศึกษาการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร

ให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง จนปลาอัมระเวลา 6 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักปลานิลโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลและนับจำนวนปลาทุก ๆ 2 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; WG; กรัม/ตัว), การเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (Average daily gain; ADG; กรัม/ตัว/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR; เปอร์เซ็นต์/วัน) ปริมาณการกินอาหาร (Feed intake; FI; กรัม/ตัว), อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) อัตราการรอดตาย (Survival rate; SR; เปอร์เซ็นต์) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทำการสุ่มตัวอย่างปลาจากทุกชุดการทดลอง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างปลา เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) โปรตีนเพิ่ม (Protein gain; PG) ทำการเก็บตับ และไขมันในช่องท้อง เพื่อประเมินค่าดัชนีตับ (Hepatosomatic index; HSI) และ ปริมาณไขมันสะสมในช่องท้อง (Intraperitoneal fat; IPF)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS version 9.1

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้และประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและไขมันของอาหาร

ปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และอาหารทดลองที่มีการลดระดับโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ และมีเสริมไลโซเลซิดินในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.0125, 0.0250 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหาร และประสิทธิภาพการ

ย่อยโปรตีนในอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินในอาหารที่ใช้ในการอนุบาลปลานิลนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารและประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูงที่สุด มีค่า 67.67 ± 3.44 และ 79.54 ± 2.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ Li *et al.* (2010) ที่รายงานว่า อาหารปลานิลที่ได้รับการเสริมไลโซเลซิดิน ที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ และประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของอาหาร สูงกว่าอาหารที่ไม่ได้เสริมไลโซเลซิดิน ($p < 0.05$) ในขณะที่ประสิทธิภาพการย่อยไขมันในอาหารทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $69.34 - 83.95$ เปอร์เซ็นต์ จากการสังเกต พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการย่อยไขมันสูงกว่าการเสริมไลโซเลซิดินระดับอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 83.95 ± 1.58 เปอร์เซ็นต์ ไลโซเลซิดินจัดเป็นสารมีขั้ว และไม่มีขั้วอยู่ในโมเลกุล เดียวกัน (amphipathic molecule) (พชร และคณะ, 2551) นอกจากนี้ และโครงสร้างของไลโซเลซิดินสามารถช่วยทำให้ไขมันแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กลง (emulsifying agent) ในกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) (Deuel, 1951) เป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันให้สัมผัสกับเอนไซม์ไลเปสได้มากขึ้น Lennox *et al.* (1968) ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการย่อยไขมันในอาหารดีขึ้น (Jones *et al.*, 1992) นอกจากนี้ การเสริมไลโซเลซิดินในอาหารสามารถทำให้เกิด micelles ขนาดเล็ก ซึ่งส่งผลให้มีการดูดซึมผ่านผนังเซลล์ได้ง่ายขึ้น (Reynier *et al.*, 1985)

กิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส

ผลการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ที่สกัดได้จากทางเดินอาหารทั้งหมดของปลานิล หลังจากการอนุบาลด้วยอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสจากทางเดินอาหารทั้งหมดของปลานิลทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่า 1.15 ± 0.07 , 1.18 ± 0.06 , 1.20 ± 0.08 , 1.14 ± 0.07 และ 1.16 ± 0.07 mU/mg protein⁻¹ ตามลำดับ ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในปลานิลที่ได้รับอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ปลานิลที่ได้รับอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0250 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.05 และ 0.80 ± 0.05 $\mu\text{mol } p\text{-nitrophenol h}^{-1}\text{mg protein}^{-1}$ ตามลำดับ จากการเสริมไลโซเลซิดินในอาหารปลานิล สามารถชี้ให้เห็นว่าปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากไขมันได้ดีขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่มีค่า

สูงขึ้นเมื่อมีการเสริมไลโซเลซิดินเพื่อตอบสนองต่อการใช้ย่อยของไขมัน (Fat hydrolysis) หลังจากไขมันผ่านกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (Singh *et al.*, 2009; Golding and Wooster, 2010)

การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากสารอาหาร

ปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และอาหารทดลองที่มีการลดระดับโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ และมีเสริมไลโซเลซิดินระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.0125, 0.0250 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และอัตราการรอด (SR) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุมที่ไม่เสริมไลโซเลซิดิน อย่างไรก็ตาม ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีอัตราแลกเนื้อต่ำสุด (1.35 ± 0.04) เมื่อเทียบกับปลานิลที่ได้รับอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินที่ระดับอื่นๆ ($p<0.05$) และมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเสริมไลโซเลซิดิน ในอาหารเลย Blarin and Haller (1982) รายงานว่าอัตราการแลกเนื้อที่ต่ำลงเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยอาหารที่สมบูรณ์ทำให้สามารถดูดซึมสารอาหารได้มากขึ้น Lennox *et al.* (1968) และ Zeisel (1990) รายงานว่า ไลโซเลซิดินสามารถช่วยเพิ่มระดับการย่อยและดูดซึมไขมันภายในลำไส้ ทำให้กรดไขมันมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ ที่ได้รับอาหารเสริมไลโซเลซิดิน ที่ระดับ 0.0250 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าดัชนีตับ (hepatosomatic index; HSI) สูงกว่าสูตรอาหารอื่นๆ ($p<0.05$) ค่าดัชนีตับมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับระดับของโปรตีนและพลังงานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการสะสมไกลโคเจน (glycogen) ในตับเพิ่มมากขึ้นจากอาหารที่มีพลังงานและไขมันที่สูง (Brown *et al.*, 1992) จากผลการทดลองซึ่งสอดคล้องกับ Li *et al.* (2010) รายงานว่า ในการเสริมไลโซเลซิดินในสูตรอาหารปลานิล มีน้ำหนักเฉลี่ย 5.35 ± 0.02 กรัม พบว่า สูตรอาหารที่เสริมไลโซเลซิดิน ที่ระดับ 0.0125 และ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลานิลมีค่าน้ำหนักเพิ่ม, อัตราการเจริญจำเพาะต่อวัน มีค่าดัชนีตับ และค่าดัชนีไขมันในช่องท้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ไม่เสริมไลโซเลซิดิน (ชุดควบคุม) ($p<0.05$) จากผลทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการลดระดับโปรตีน และมีการเสริมไลโซเลซิดินในสูตรอาหารปลานิล มีความเป็นไปได้ว่า ช่วยให้มีการนำกรดไขมันมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเพิ่มมากขึ้น ไลโซเลซิดินสามารถช่วยเพิ่มระดับการย่อย และดูดซึมไขมันในระบบทางเดินอาหาร ทำให้กรดไขมันที่ได้รับมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ Page and Andrew (1973) รายงานว่า ปลาที่ได้รับโปรตีนต่ำจะทำให้มีการ

เจริญเติบโตช้า เนื่องจากคุณภาพของโปรตีนหรือสัดส่วนของโปรตีนและพลังงานไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ สัดส่วนระหว่างระดับโปรตีน และไขมัน (น้ำมันปลา) ที่เหมาะสมในสูตรอาหารปลานิล (*O. niloticus*) ขนาด 8.05 ± 0.05 กรัม นั้น มีค่าเท่ากับ 30:10 เปอร์เซ็นต์ ที่ส่งผลให้ปลานิลมีอัตราการแลกเนื้อที่ต่ำลง, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ, ปริมาณการกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ที่สูงขึ้น ($p<0.05$) (Orire and Sadiku, 2011) นอกจากนี้ Sena *et al.* (1990) รายงานว่า สัดส่วนระหว่างระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในสูตรอาหารปลานิลแดง (*O.mossambicus* $\times$ *O.niloticus*) ขนาด 1.18 กรัม พบว่า อาหารที่มีระดับไขมัน 18เปอร์เซ็นต์ นั้นสามารถใช้ได้กับระดับโปรตีนในอาหาร 15, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยส่งผลให้ปลานิลมีการเจริญเติบโต, ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม มีรายงานในปลาหลายชนิด ที่พบว่าการเพิ่มระดับไขมันหรือพลังงานในอาหาร จะสามารถช่วยลดระดับโปรตีนในอาหารลงได้โดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำลดลง (protein sparing effect) (Tibaldi *et al.* 1996; Skalli *et al.* 2004; Vergara *et al.* 1996; Company *et al.* 1999; Santinha *et al.* 1999; Lupatsch *et al.* 2001)

จากการทดลอง พบว่า อาหารเสริมไลโซเลซิดิน ทั้ง 5 ระดับ ไม่มีผลต่อโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา ($p>0.05$) ระดับโปรตีนที่สะสมในตัวปลาขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กิน และการใช้ประโยชน์จากอาหารที่ปลาได้รับ จึงทำให้น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นปริมาณโปรตีนที่มีในเนื้อปลาก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย วิมล และกิจจา (2535) รายงานว่า ในการเลี้ยงลูกปลานิลแดงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน คือ 16.5, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า โปรตีนของตัวปลานิลแดง (น้ำหนักแห้ง) มีค่าเท่ากับ 89.86, 91.23 และ 91.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การศึกษานี้เป็นการลดโปรตีนลง 1เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และมีการเสริมไลโซเลซิดิน กลับทำให้การสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างจากปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ในสูตรอาหารที่เสริมไลโซเลซิดินทั้ง 5 ระดับ ที่โปรตีนระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 29 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการเสริมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ การประสิทธิภาพการใช้โปรตีนลดลง วุฒิพร และคณะ (2540) รายงานว่า เมื่อเกิดความสมดุลของสัดส่วนของโปรตีน และพลังงานในอาหาร ปลาจะใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน และใช้โปรตีนสำหรับการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในปลานิลพบว่า

อาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีน และไขมันที่เหมาะสม ส่งผลให้ปลาไนมีการเจริญเติบโต และมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่สูงขึ้น (De Silva *et al.*, 1991; Orire and Sadiku, 2011; and Sena *et al.*, 1990)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเสริมไลโซเลซิทินในอาหารของปลาไนในสูตรอาหารที่มีการลดระดับโปรตีนลง 1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีน 29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีการเสริมไลโซเลซิทินที่ระดับต่างๆ กัน คือ 0, 0.0125, 0.025 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุมที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีการเสริมไลโซเลซิทิน ทำการอนุบาลปลาไนน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 4.15 ± 0.10 กรัม/ตัว เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ปลาไนที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ 29 เปอร์เซ็นต์ และเสริมไลโซเลซิทินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปลาไนมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสดีที่สุด ส่วนอัตราแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้

โปรตีน ดีขึ้นโดยใกล้เคียงกับปลาไนที่ได้รับอาหารที่ได้รับอาหารชุดควบคุม ในขณะเดียวกันกับการเสริมไลโซเลซิทินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีผลทำให้ค่าดัชนีดัชนีในปลาไนสูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การเสริมไลโซเลซิทินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ในอาหารปลาไนที่มีการลดระดับโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณปลาป่น 6 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหารปลาไนได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2557 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

Table 1 Ingredients and chemical composition of experimental diets

Ingredients (%)	Levels of lysolecithin (%)				
	0	0	0.0125	0.0250	0.0375
	30% CP	29%CP	29%CP	29% CP	29% CP
Fish meal(60%CP)	33	27	27	27	27
Soybean meal (45%CP)	10	12	12	12	12
Rice bran	36	44	44	44	44
Corn meal	9	5	5	5	5
Soybean oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Fish oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
α -starch	5	5	5	5	5
Dicalcium phosphate	1	1	1	1	1
Vitamin-mineral premix ¹	1	1	1	1	1
Total	100	100	100	100	100
Proximate composition by analysis (% dry weight on basis)					
Moisture	8.78	7.74	7.91	8.24	8.49
Ash	11.38	10.78	10.41	10.98	10.92
protein	30.32	29.43	29.33	29.38	29.41
fat	12.81	12.76	12.67	13.05	12.25

fiber	1.06	0.96	0.97	0.94	0.95	Not e: ¹ Vita
Feed cost (baht/kg)	32.20	30.56	30.58	30.60	30.62	

min and mineral mixture provided the following per kg diet: vitamin A 1,130,000 IU, vitamin D3 1,043,170 IU, vitamin E 30,000 IU, vitamin K3 3.25 g, vitamin B1 12 g, vitamin B2 5 g, vitamin B6 30 g, vitamin B12 12 g, vitamin C 30 g, cholinechloride 5g, niacin 10 g, pantothenic acid 27 g, selenium 30 mg, calcium 30 g.

Table 2 The digestibility performances and enzyme activities of Nile tilapia fed diets Nile tilapia fed diets containing different level of Lysolecithin. (Mean $\pm$ SD)

Parameters	Levels of lysolecithin (%)					P-value
	0	0	0.0125	0.0250	0.0375	
	30% CP	29% CP	29% CP	29% CP	29% CP	
Digestibility coefficient	47.61 $\pm$ 3.63 ^c	59.20 $\pm$ 3.47 ^b	43.42 $\pm$ 3.77 ^c	67.61 $\pm$ 3.44 ^a	35.00 $\pm$ 2.78 ^d	0.0001
Protein digestibility	67.29 $\pm$ 1.94 ^c	74.23 $\pm$ 2.19 ^b	64.26 $\pm$ 2.37 ^c	79.54 $\pm$ 2.17 ^a	58.90 $\pm$ 1.74 ^d	0.0001
Lipid digestibility	77.62 $\pm$ 3.29	76.70 $\pm$ 0.14	75.62 $\pm$ 1.02	83.95 $\pm$ 1.58	69.34 $\pm$ 5.13	0.0654
Protease activity ¹	1.15 $\pm$ 0.07	1.18 $\pm$ 0.06	1.20 $\pm$ 0.08	1.14 $\pm$ 0.07	1.16 $\pm$ 0.07	0.2786
Lipase activity ²	0.64 $\pm$ 0.05 ^b	0.64 $\pm$ 0.04 ^b	0.71 $\pm$ 0.04 ^b	0.84 $\pm$ 0.05 ^a	0.80 $\pm$ 0.05 ^a	0.0001

Note Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

1 Expressed as increase in absorbance at 440 nm h⁻¹ mg protein⁻¹ (mU/mg protein⁻¹)

2 Expressed as increase in absorbance at 410 nm h⁻¹ mg protein⁻¹ (μ mol p-nitrophenol h⁻¹ mg protein⁻¹)

Table 3 Growth performance and feed utilization of tilapia fed with experimental diets for 6 weeks. (Mean $\pm$ SD)

Parameters	Levels of lysolecithin (%)					P-value
	0	0	0.0125	0.0250	0.0375	
	30% CP	29% CP	29% CP	29% CP	29% CP	
SGR	3.27 $\pm$ 0.16	3.32 $\pm$ 0.19	3.44 $\pm$ 0.09	3.30 $\pm$ 0.03	3.23 $\pm$ 0.0.11	0.3797
FCR	1.35 $\pm$ 0.17 ^b	1.39 $\pm$ 0.11 ^{ab}	1.41 $\pm$ 0.02 ^{ab}	1.35 $\pm$ 0.04 ^b	1.51 $\pm$ 0.07 ^a	0.0435
PG	0.24 $\pm$ 0.01	0.27 $\pm$ 0.02	0.26 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.01	0.24 $\pm$ 0.01	0.0552
PER	0.45 $\pm$ 0.05 ^a	0.49 $\pm$ 0.02 ^a	0.50 $\pm$ 0.04 ^a	0.49 $\pm$ 0.04 ^a	0.41 $\pm$ 0.08 ^b	0.0443
SR	97.50 $\pm$ 5.00	98.33 $\pm$ 2.89	98.75 $\pm$ 2.50	97.50 $\pm$ 2.89	93.75 $\pm$ 4.79	0.4139
HSI	1.15 $\pm$ 0.04 ^c	1.33 $\pm$ 0.14 ^{ab}	1.22 $\pm$ 0.02 ^{bc}	1.42 $\pm$ 0.07 ^a	1.38 $\pm$ 0.06 ^a	0.0052
IPF	0.91 $\pm$ 0.13	1.04 $\pm$ 0.54	1.33 $\pm$ 0.13	1.22 $\pm$ 0.36	1.31 $\pm$ 0.30	0.4860

Note Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

- จันทกานต์ นุชสุข, อรุณี อิงคากุล, อุทัยวรรณ โกวิทวาทิ และอรพินท์ จินตสถาพร. 2549. คุณลักษณะของเอนไซม์ย่อยอาหารในปลาสร้อย (Heligophagus leptorhynchus, Ng & Kottelat, 2000).. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- ทรงศักดิ์ จำปาหวะดี. 2551. อาหารและการใช้อาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่1 คณะสัตวแพทยศาสตร์ และสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. จังหวัดมหาสารคาม. 249หน้า.
- ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุญรัตน์ผลิน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ. 2525. อาหารปลา. สถาบันการประมงน้ำจืดกองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ 88 หน้า
- รุ่งกานต์ กล้าหาญ, นนทวิทย์ อารีย์ชน, เรืองวิญญ์พันธ์ และ อรุณีอิงคากุล. 2551. กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารในปลานิล (*Oreochromis niloticus*, L.) ที่ขนาดต่างๆ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงปีที่ 2 ฉบับที่ 2. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 33-44.
- วรรณชัย พรหมเกิด. 2546. ผลของแหล่งวัตถุดิบพืชต่อประสิทธิภาพการย่อยและการเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 133.
- วิมล จันทรโรทัย และ กิจจา ใจเย็น. 2535. การศึกษาชนิดของอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการเลี้ยงลูกปลานิลสีแดง.สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 11น.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง, วิมล จันทรโรทัย, นรินทร์ สงสีจันทร์ และนพพร มานะจิตต์. 2540. ระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อปลากดเหลืองขนาดปลานี้ว. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ 19(3): 327-335.
- เวียงเชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255หน้า.
- ศูนย์สารสนเทศกรมประมง. 2558. สถิติการประมงปี 2556. กรมประมง. (สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2558) Available from: URL: http://www.fisheries.go.th/it-stat/yearbook/data_2556/Yearbook/yearbook2013-1.7.pdf
- AOAC. 1990. Official method of analysis, 13 th Edition Association of Official Analytical Chemist. Washington. D.C., USA
- Balarin, J.D., and Haller, R.O. 1982. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In Muir, J.R., Roberts, R.J. (eds.). Recent and advance in aquaculture. Croom helm publisher, London, England. p. 267-355.
- Bezerra, A.R.G.F., Malafaia, P., Mancini, M.C., Bezerra, E.S. and Vieira, R.A.M. 2005. Kinetic parameters of the ruminal *in vitro* degradation of feedstuffs given to different ruminant species. Arq. Bras. Med. Vet. Zootech. 57 (4): 494-501.
- Boonyaratpalin, M., and Phromkunthong, W. 2000. Effects of Ronozyme VP treated rice bran and oil palm meal on growth of sex reversed *Tilapia nilotica*. The 6th Roche Aquaculture Conference Asia Pacific, Bangkok, Thailand, September 29.
- Brown, M., Nematipour, G.R. and Gatlin, D.M. 1992. Dietary protein requirement of juvenile sunshine bass at different salinities. Prog. Fish-Cult. 54: 148-156.

- Company, R., Calduch-giner, J.A., Perez-sanchez, J. and Kaushik, S.J. 1999. Protein sparing effect of dietary lipids in common dentex (*Dentex dentex*): a comparative study with sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquatic Living Resources 12: 23–30.
- De Silva, S.S., Gunasekera, R.M. and Shim, K.F. 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. Aquaculture 95: 305-318.
- De Silva, S.S., Rasanthi, M., Gunasekera and Shim, K.F. 1990. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. Department of Zoology. v, National University of Singapore, Singapore. 305-318.
- Furukawa, A., and Tsukahara, H. 1966. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 32:502-506.
- Golding, M. and Wooster, T.J. 2010. The influence of emulsion structure and stability on lipid digestion. Curr. Opin. Colloid Interface Sci. 15:90–101.
- Jones, D.B., Hancock, J.D., Harmon, D. and Walker, C.E. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. J. Anim. Sci., 70: 3473–3482.
- Lennox, A.M., Lough A.K. and Garton, G.A. 1968. Observations on the nature and origin of lipids in the small intestine of the sheep. British Journal of nutrition 22, 237-246.
- Li, H.T., Tian, L.X., Wang Y.D. and HU, Y.h. 2010. Effect of lysolecithin on growth performance, body composition and hematological indices of hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* ♂ × *Oreochromis niloticus* ♀). Journal of Dalian Fisheries University. SunYat-sen University. 7-44.
- Lim, C. and Dominy, W.G. 1989. Utilization of plant proteins by warm water fish. Paper Presented at the AOCS World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Food and Animal Feed-stuff, 2-7 october 1988, Singapore. ASA Technical Bulletin, Vol. 3AQ15 89-4. 13 p.
- Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostr and Reinhold, New York. 260 pp.
- Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D. and Pfeffer, E. 2001. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) Aquaculture 7: 71–80.
- Nankervis L., Matthews, S.J. and Appleford, P. 2000. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. Aquaculture 191:323-335.
- NRC. 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press. Washington, D.C.
- Markweg, H., Lang, M.S. and Wagner, F. 1995. Dodecanoic acid inhibition of lipase from *Acinetobacter* sp. OPA 55. Enz. Microb. Tech. 17: 512 – 516.
- Oire, A.M. and Sadiku, S.O.E. 2011. Protein sparing effects of lipids in the practical diets of *Oreochromis Niloticus* (Nile tilapia). Nig. J. Basic Appl. Sci. 19(1): 142-150.
- Page, J.M. and Andrew, J.W. 1973. Interaction of dietary level of protein and energy on channel catfish Chemists, Washington DC.
- Piumsombun, S. 2003. Analysis of demand for fish consumed at home in Thailand. Fisheries Gazette, 56: 113–121.
- Reynier, M.O., Lafont, H., Crotte, C., Sauve, P. and Gerolami, A. 1985. Intestinal cholesterol uptake: comparison between mixed micelles containing lecithin or lysolecithin. Lipids, 20: 145-150.

- Santinha, P.J.M., Medale, F., Corraze, G. and Gomes, E.F.S. 1999. Effects of the dietary protein/lipid ratio on growth and nutrients utilization in gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition*, 5: 147–156.
- Skalli, A., Hidalgo, M.C., Abellan, E., Arizcun, M. and Cardenete, G. 2004. Effects of the dietary protein/lipid ratio on growth and nutrient utilization in common dentex (*Dentex dentex* L.) at different growth stages. *Aquaculture* 235: 1–11.
- Singh, H., Ye, A., and Horne, D. 2009. Structuring food emulsions in the gastro intestinal tract to modify lipid digestion. *Prog. Lipid Res.* 48:92–100.
- Steve, B. 2012. Understanding dietary fats and oils: A scientific guide to their health effects. College of Word health. 238p.
- Stone, D.A.J. 2003. Dietary carbohydrate utilization by fish. *Reviews in Fisheries Science* 11: 337-369.
- Shiau, S.Y. and Lung, C.Q. 1993. No dietary vitamin B12 required for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 105A: 147 – 150.
- Tan, Q., Xie, S., Zhu, X., Lei, W. and Yang, Y. 2007. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid rations on growth and feed utilization in Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Gunther). *Journal of Applied Ichthyology* 23: 605-610.
- Tacon, A.G.J. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - a training manual. The essential-nutrients. GCP/RLA/075/ITA Field Document 2, FAO, Brasilia, Brazil 129 p.
- Tibaldi, E., Robaina, L., Izquierdo, M. and De La Higuera, M. 1996. Growth response of juvenile dentex (*Dentex dentex* L.) to varying protein level and protein to lipid ratio in practical diets. *Aquaculture* 139:91–99.
- Vergara, J.M., Robaina, L., Izquierdo, M. and De La Higuera, M. 1996. Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. *Fisheries Science*. 62: 624–628.
- Zeisel, S.H. 1990. Choline deficiency. *J. Nutr. Biochem.* 1: 332-34.

เศรษฐกิจพอเพียงกับการจัดการโซุ่ปทานของเกษตรกรผู้ปลูกผัก ตำบลเสือเต๊าะ อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม

เกศจิตต์ ขามคุลา^{1*}, มั่นนยา นันทสาร¹, ปริญา เปรมโต¹, นฤตล สวัสดิ์ศรี¹ และ มัสลิน ปูนอน¹

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการจัดการโซุ่ปทานผัก สภาพปัญหาและอุปสรรคของการผลิตผักในแต่ละห่วงโซุ่ปทาน รูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงที่เกิดขึ้นชุมชนและการพัฒนารูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงห่วงโซุ่ปทานของเกษตรกรผู้ปลูกผักจากการวิจัยมีผลการศึกษา ดังนี้

สภาพทั่วไปของเกษตรกรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร และส่วนใหญ่ทำนาควบคู่กับการปลูกผักและเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้ลักษณะการผลิตผักของเกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนและเหลือไว้สำหรับจำหน่าย

บริบทสภาพปัญหา พบว่า พื้นที่ตำบลเสือเต๊าะไม่มีแหล่งชลประทานและแหล่งน้ำที่เพียงพอ อีกทั้งการรวมกลุ่มการผลิต การแปรรูป และการจำหน่ายยังมีน้อย ปัจจัยการผลิตมีราคาสูง เกษตรกรขาดความรู้ในการแก้ปัญหาด้านศัตรูพืช ขาดมาตรฐาน การเก็บรักษาและการจัดการการตลาดที่ไม่เป็นระบบเท่าที่ควร

รูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงที่เกิดขึ้นชุมชน พบว่า เกษตรกรมีการปลูกพืชควบคู่กับการเลี้ยงสัตว์ และนำผลพลอยได้จากการเลี้ยงสัตว์มาใช้ในการปลูกพืช จากนั้นได้นำเศษพืชกลับไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ และได้รวมกลุ่มลงแขกปลูกพืช พร้อมทั้งเก็บเกี่ยวผลผลิตช่วยกัน เกษตรกรมีการรวมกลุ่ม ก่อตั้งศูนย์การผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับการผลิต และระบบเศรษฐกิจของชุมชน เกษตรกรได้รวมกลุ่มกันนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตผักมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับใช้ เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนต่อเนื่องอย่างยั่งยืน และก่อให้เกิดความคุ้มค่า กลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการปลูกผักแบบรุ่นต่อรุ่นจึงก่อให้เกิดการอนุรักษ์วิถีการดำรงอาชีพรวมไปถึงการสืบทอดภูมิปัญญาแบบไม่ได้ตั้งใจ

คำสำคัญ: เศรษฐกิจพอเพียง, การจัดการ, โซุ่ปทาน

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: ketjit-39@hotmail.com

Sufficiency Economy Philosophy with Supply Chain Management of Vegetable Farmers in Suer Thao, Chaing Yern District, Mahasarakarm Province

Ketjit Khamkula^{1*}, Mananya Nantasan¹, Parinya Premto¹, Narudol Sawassee¹
and Massalin Poonon¹

¹*Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

Abstract

The objectives of this study were to supply chain management, problems and opportunities of supply chain vegetables, supply chain system of community and Improve knowledge the economic supply chain. The results of this study showed that

The most farmers do paddy farming cooperate with growing vegetables and animal husbandry. The growing vegetable for eat and sale.

The problems and opportunities is this area not has irrigation for use to growing vegetables and Aggregation on more for Production, processing and sale. Factor of production has an expensive. The farmers nescience for problem-solving on pesticides, storage products and marketing system.

The economy supply chain system of community showed that the farmers simultaneously between growing vegetables and husbandry. That outgrowth of vegetable growing for a husbandry and outgrowth of husbandry for vegetable growing as well. The community there was gathering for growing and harvest. The farmers integration for fertilizer production for rotation of circle Production and value. The most farmers maintain to career paths and inherited wisdom unintentionally.

Keywords: Sufficiency Economy Philosophy, Management, Supply Chain

* Corresponding author: E-mail: ketjit-39@hotmail.com

พื้นที่เขตตำบลเสือเผ่น อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดมหาสารคาม ประกอบด้วย 16 หมู่บ้าน โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 45,282 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 28,301 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ทำการเกษตร จำนวน 25,917 ไร่ การประกอบอาชีพของประชากรพื้นที่ชุมชน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตรทั้งเลี้ยงสัตว์และปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกพืช อาทิ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง พืชผัก มะม่วง หม่อน กก ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส และพืชอื่นๆ เป็นต้น ในการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ในเขตชุมชนนี้อาศัยแหล่งน้ำธรรมชาติหนองน้ำสาธารณะ ได้แก่ ห้วยกระโทม บึง หนองน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้นเอง ได้แก่ ลำห้วย 3 สาย คือ ห้วยหินลาด ห้วยโคกสูง ห้วยทราย นอกจากนี้ยังมีฝายและหนองต่างๆ เป็นต้น ลักษณะดินในพื้นที่จะเป็น ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว และดินเหนียว ซึ่งเหมาะแก่การปลูก ข้าว มันสำปะหลัง ไม้ผล พืชผัก เป็นต้น (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรจังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2555) เกษตรกรตำบลเสือเผ่นส่วนใหญ่ประสบปัญหาทางการเกษตร ได้แก่ ปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำในการทำการเกษตร ปัญหาด้านการผลิต ขาดเทคโนโลยีใหม่ในการผลิตการผลิตไม่คุ้มค่าการดำเนินงานมีประสิทธิภาพต่ำโรคและแมลงระบาดต้นทุนการผลิตสูง ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ขาดเงินสนับสนุน ขาดพืชพันธุ์ดีในการใช้เพาะปลูก ปัญหาด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากสารเคมีต่างๆ ปัญหาขาดแรงงานในการเกษตร ขาดการจัดตั้งกลุ่มที่มีความเข้มแข็ง ขาดความรู้ในการจัดการและการประกอบอาชีพ เป็นต้น (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรจังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2555) นอกจากนั้นแล้วการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของชุมชนยังไม่มี การพัฒนา ให้เป็นไปตามอุปสงค์ของตลาดแต่เป็นการผลิตตามความเป็นอยู่ของชาวบ้านซึ่งไม่มีมาตรฐานเพียงพอ อีกทั้งกระบวนการกระจายผลผลิตยังไม่เป็นระบบซึ่งเป็นปัญหาที่เกษตรกรประสบอยู่ในปัจจุบัน จากปัญหาดังกล่าว ทำให้เกษตรกรในเขตพื้นที่นี้เกิดการสูญเสียซึ่งส่งผลกระทบต่อรายได้ทำให้ขาดสภาพคล่องในการบริหารจัดการเงินทุน โดยเฉพาะเกษตรกรผู้ปลูกผักที่เพาะปลูกผักในพื้นที่ตลอดทั้งปี

เศรษฐกิจพอเพียง เป็นรูปแบบที่สำคัญในการพัฒนาและการแก้ปัญหา โดยเฉพาะเมื่อเกิดวิกฤติปัญหาระดับชุมชน ภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์และการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ให้ประชาชนสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคง และยั่งยืน

เมื่อนำข้อมูลจากการศึกษามาวิเคราะห์จะเห็นว่าการเชื่อมโยงของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบห่วงโซ่อุปทานที่ขาดการวางแผนการผลิต การลดต้นทุนการผลิต การสร้างมูลค่าเพิ่ม การสร้างเครือข่าย โดยเฉพาะการสร้างกลุ่ม

เครือข่าย การมีส่วนร่วมการเรียนรู้ ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ (สุรัชย์ บุญเจริญ. 2556) จากปัญหาดังกล่าวทำให้ขาดรูปแบบระบบการปลูกผักที่มีความเข้มแข็งต่อการปรับตัวในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ในปัจจุบัน เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ โดย

ศึกษาจากข้อมูลภาคสนาม (แหล่งศึกษา) โดยสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มประชากรตัวอย่าง และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 30 ราย ตำบลเสือเผ่น อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดมหาสารคาม

ศึกษาจากข้อมูลเอกสาร โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสาร งานวิจัยต่างๆ บทความต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบและเป็นแนวทางในการศึกษา

แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

เศรษฐกิจพอเพียง หมายถึง ปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรชาวไทยมาโดยตลอดรวมถึงการพัฒนาและบริหารประเทศ ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของ ทางสายกลาง คำนึงถึง ความพอประมาณ ความมีเหตุผล การสร้างภูมิคุ้มกันที่ดีในตัว ตลอดจนใช้ความรู้ ความรอบคอบ และคุณธรรม ประกอบการวางแผน การตัดสินใจ และการกระทำ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** มีหลักพิจารณาอยู่ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2551)

1. กรอบแนวคิด เป็นปรัชญาที่ชี้แนะแนวทางการดำรงอยู่ และปฏิบัติตนในทางที่ควรจะเป็น โดยมีพื้นฐานมาจากวิถีชีวิตดั้งเดิมของสังคมไทย สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลา และเป็นการมองโลกเชิงระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มุ่งเน้นการรอดพ้นจากภัย และวิกฤตเพื่อความมั่นคง และความยั่งยืนของการพัฒนา

2. คุณลักษณะ เศรษฐกิจพอเพียงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติตนได้ในทุกระดับ โดยเน้นการปฏิบัติบนทางสายกลาง และการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน

3. คำนียาม ความพอเพียงจะต้องประกอบด้วย 3 คุณลักษณะ พร้อม ๆ กัน ดังนี้

3.1 ความพอประมาณ หมายถึง ความพอดีที่ไม่น้อยเกินไป และไม่มากเกินไปโดยไม่เบียดเบียนตนเอง และผู้อื่นเช่น การผลิตและการบริโภคที่อยู่ในระดับพอประมาณ

3.2 ความมีเหตุผล หมายถึง การตัดสินใจเกี่ยวกับระดับของความพอเพียงนั้น จะต้องเป็นไปอย่างมีเหตุผล โดยพิจารณาจากเหตุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนคำนึงถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกระทำนั้นๆ อย่างรอบคอบ

3.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดีในตัว หมายถึง การเตรียมตัวให้พร้อมรับผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆที่จะเกิดขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของสถานการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตทั้งใกล้และไกล

แนวคิดทฤษฎีห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) โดยสังเคราะห์ โลจิสติกส์และการจัดการซัพพลายเชน: กลยุทธ์เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มกำไร (ค่านาย อภิปรัชญาสกุล, 2550) หลักการจัดการ SUPPLY การจัดหาเชิงกลยุทธ์ (สาธิต พะเนียงทอง, 2552) การจัดการต้นทุนโลจิสติกส์ (Green Whitten and Inman, 2008)

การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain management) คือ การผสมผสานกระบวนการทางธุรกิจจากผู้จัดส่งวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิต หรืออุตสาหกรรม การผลิตจนไปสู่ผู้บริโภคโดยในกระบวนการเหล่านี้จะมีการส่งผ่านผลิตภัณฑ์และข้อมูลสารสนเทศควบคู่กันไปด้วย อันเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ก่อนที่จะถูกนำเสนอสู่ผู้บริโภค จะเห็นได้ว่าขอบข่ายของระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้นต้องครอบคลุมทั้งอุตสาหกรรม ซึ่งกว้างกว่าการพิจารณาเฉพาะภายในองค์กรดังที่กล่าวถึงในระบบลอจิสติกส์ (วิทยา สุหฤทธำรง, 2546)

การจัดการห่วงโซ่อุปทาน เป็นการนำกลยุทธ์ วิธีการ แนวปฏิบัติ หรือทฤษฎี มาประยุกต์ใช้ในการจัดการ การส่งต่อ วัตถุดิบ สินค้า หรือบริการจากหน่วยหนึ่งในห่วงโซ่อุปทาน ไปยังอีกหน่วยหนึ่งอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีต้นทุนรวมในห่วงโซ่อุปทาน ต่ำที่สุด และได้รับวัตถุดิบ สินค้า หรือการบริการตามเวลาที่ต้องการ พร้อมกันนี้ ยังมีการสร้างความร่วมมือกันในการแบ่งปันข้อมูล ข่าวสาร ไม่ว่าจะเป็นด้วยวิธีการใดก็ตาม เพื่อให้ทราบถึงความต้องการอันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการส่งต่อของวัตถุดิบ สินค้า หรือการบริการนี้ไปสู่การได้รับผลประโยชน์ร่วมกันของทุกฝ่าย (ธนิตย์ ไสรัตน์, 2550)

การวิจัยการประยุกต์และถ่ายทอดเทคนิคการบริหารจัดการ เพื่อการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผักปลอดสารพิษ ด้วยการวิเคราะห์บริบทชุมชนที่เป็นปัจจัยเสริม การค้นหาศักยภาพความพร้อมขององค์กรโดยใช้เทคนิค SWOT และค้นหาแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management Model – SCM Model) เพื่อพัฒนาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผักปลอดสารพิษทั้งนี้โดยใช่วิทยาการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (บุญทวารณ

วิงวอน, 2555) ทั้งนี้การนำระบบการบริหารจัดการโลจิสติกส์มาใช้ในการจัดการวางแผนการผลิต และพัฒนาห่วงโซ่อุปทานของสินค้า Otop (ผ้าย้อมสีธรรมชาติ) ในจังหวัดอุดรธานี เพื่อให้มีศักยภาพในการผลิตตลอดจนเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้น (อภิชาติ รัตนโกเมศ, 2552)

วีระ ภาคอุทัย และคณะ (2551) ศึกษาเรื่อง การศึกษารูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสด อำเภอจตุรัส จังหวัดชัยภูมิ ผลการศึกษาทำให้เกิดกลุ่มเกษตรกรที่ผลิตพริกปลอดภัยจำนวน 2 กลุ่มใน อำเภอมีสมาชิกทั้งหมด 59 ราย อยู่ในอำเภอเกษตรสมบูรณ์ 34 รายและอำเภอจตุรัส 25 ราย สามารถผลิตพริกปลอดภัยออกสู่ตลาดในรูปแบบพริกสด 122.97 ตัน และพริกแห้ง 5.91 ตัน โดยกลุ่มเกษตรกรที่ผลิตพริกสดอยู่ในอำเภอเกษตรสมบูรณ์ มีกำไรสุทธิจากการขายพริกสด 10,011.71 บาทต่อไร่ สูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการเกือบ 2 เท่าตัว ส่วนกลุ่มเกษตรกรที่ผลิตพริกแห้ง ซึ่งอยู่ในอำเภอจตุรัส มีกำไรสุทธิเพียง 569.53 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการ ประมาณ 2 เท่าเช่นกัน เกษตรกรในอำเภอจตุรัสมีกำไรสุทธิต่ำกว่าเกษตรกรในอำเภอเกษตรสมบูรณ์มาก เพราะเกิดโรคระบาดและประสบภัยธรรมชาติค่อนข้างรุนแรงเกษตรกรส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้เทคโนโลยีที่โครงการนำไปฝึกให้และประสงค์จะเข้าร่วมโครงการพริกปลอดภัยต่อไปอีก ซึ่งฤดูกาลปลูกพริกต่อไป เกษตรกรจะต้องมีการจัดการการผลิต ให้เชื่อมโยงกับตลาดและผู้บริโภค โดยต้องมีแนวคิดในการลดต้นทุนการผลิต และการตัดสินใจในกระบวนการผลิตอย่างอิสระบนพื้นฐานทางด้านข้อมูลการตลาด ซึ่งเจ้าหน้าที่รัฐเป็นผู้นำเสนอ

สุรัช บุญเจริญ (2556) ศึกษาการพัฒนาแบบเศรษฐกิจพอเพียงห่วงโซ่อุปทานวัว อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า บริบทสภาพปัญหาด้านพื้นที่ พบว่าอาชีพเกษตรกรผู้เลี้ยงวัว ลดน้อยลงและจำนวนวัวก็ลดน้อยลงในแต่ละปี ในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนวัวเหลือ เพียง 19,629 ตัว ในปี พ.ศ. 2555 มีจำนวนวัว เหลือเพียง 7,052 ตัว ก่อนปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนวัวมากถึง 38,500 ตัว ผลกระทบจากการบุกรุกป่าทำลาย ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แหล่งต้นน้ำที่เป็นแหล่งอาหารของวัวถูกทำลาย การละทิ้งอาชีพเกษตรกรผู้เลี้ยงวัวในชุมชนไปใช้แรงงานในเมืองหลวง ผลการวิจัย ยังพบว่าปัญหาของเกษตรกรในการเลี้ยงวัว มีองค์ประกอบ 5 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านปัจจัยการผลิต ร้อยละ 1.64 2) ด้านเงินทุน ร้อยละ 6.56 3) ด้านแหล่งจำหน่าย ร้อยละ 3.27 4) ด้านความรู้วิชาการร้อยละ 6.56 และ 5) ด้านการบริหารจัดการร้อยละ 81.97 ผลการวิจัย การพัฒนารูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงห่วงโซ่อุปทานวัว อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ โดยผ่านกระบวนการสร้างการ

เรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ร่วมพัฒนา เชื่อมต่อของหน่วยหรือจุดต่างๆในการผลิต การแปรรูป การจัดส่ง และจำหน่าย ได้รูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงโซ่อุปทานวิสาหกิจชุมชนได้รูปแบบการดำเนินงานทดแทนจากมูลวัว ได้ผลผลิตปุ๋ยหมักจากมูลวัวและเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตร 3) ได้แปรรูปอาหารวัวจากต้นกระถิน ที่เป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในชุมชน และ 4) ได้อนุรักษ์ประเพณีและวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงกับวิถีชีวิตในการสืบทอดมรดก ภูมิปัญญาและเศรษฐกิจพอเพียง

บุญทวรรณ วิงวอน (2555) ศึกษาการจัดการห่วงโซ่อุปทานของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผักปลอดสารพิษของอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง พบว่า วิสาหกิจชุมชนถือเป็นกลไกฐานรากที่สำคัญหนึ่งของการพัฒนาท้องถิ่น ขณะเดียวกันพบว่า วิสาหกิจชุมชนมักพบปัญหาด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ทำให้ไม่สามารถพัฒนาและดำเนินกิจการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยการประยุกต์และถ่ายทอดเทคนิคการบริหารจัดการ เพื่อการพัฒนา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผักปลอดสารพิษ ด้วยการวิเคราะห์บริบทชุมชนที่เป็นปัจจัยเสริม การค้นหาศักยภาพความพร้อมขององค์กรโดยใช้เทคนิค SWOT และค้นหา รูปแบบ การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management Model – SCM Model) เพื่อพัฒนา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผักปลอดสารพิษ โดยใช้วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปฏิบัติ การแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research – PAR) พื้นที่ตัวอย่างในการ วิจัยคือ กลุ่มวิสาหกิจผักปลอดสารพิษบ้านจำ หมู่ที่ 6 ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ประชากรกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยตัวแทนเทศบาลตำบล กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ของตำบลปงยางคก สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และเครือข่ายที่ดำเนิน การขับเคลื่อนวิสาหกิจจำนวน 20 ท่าน รวมทั้งพัฒนาการอำเภอห้างฉัตร และผู้มีส่วนได้เสียทั้งภายในและภายนอกชุมชน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย การศึกษาเอกสาร การสำรวจ การสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่มย่อย การจัดเวที ประชาคม รวมทั้งใช้การสังเกต การจดบันทึกเป็นเอกสาร เสียงและภาพ เพื่อรวบรวม ข้อมูลเชิงประจักษ์ การวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีการประมวลจำแนกและเปรียบเทียบ เชื่อมข้อมูลตามกรอบแนวคิดการศึกษาวิจัย ผลการวิจัย พบว่า วิสาหกิจชุมชนผัก ปลอดสารพิษบ้านจำ หมู่ที่ 6 ตำบลปงยางคก มีบริบทชุมชนที่เป็นปัจจัยหนุนเสริม ที่ดีใน 7 ด้าน ทั้งด้านผู้นำชุมชน สภาพเศรษฐกิจของท้องถิ่น ด้านสังคม ท่าเลที่ตั้ง ด้านการมีส่วนร่วมของหน่วยงานภาครัฐท้องถิ่นและสถาบันการศึกษา ด้าน การ ประชาสัมพันธ์ประสานงาน และด้านการสืบสาน

วัฒนธรรมชุมชน และจากการ วิเคราะห์ศักยภาพความพร้อมพบว่า วิสาหกิจชุมชนผักปลอดสารพิษมีจุดแข็งมากมาย หลายด้าน รวมทั้งมีโอกาสดี โดยเฉพาะในระดับจังหวัดมีนโยบายมุ่งส่งเสริมให้เป็นจังหวัดผักปลอดสารพิษ แต่มีจุดอ่อนและปัญหาอุปสรรคที่สำคัญ คือ ขาดการบริหารจัดการเชิงรุก และยังไม่มีแผนในการแก้ปัญหาอุปสรรคทางด้านดินฟ้าอากาศ และภัยธรรมชาติ ทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหาย ไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย และจากการใช้การมีส่วนร่วมของชุมชนในการถ่ายทอดและประยุกต์ใช้เทคนิคด้านการจัดการ ห่วงโซ่อุปทานกับวิสาหกิจชุมชน ทำให้ได้รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ที่ส่ง ผลให้สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีกระบวนการคิด วิเคราะห์การทำงานแบบมีส่วนร่วม เกิดการวางแผนเป็นระบบตั้งแต่ก่อนการดำเนินการปลูกผักปลอดสารพิษ มีการ ดำเนิน การตามแผน และทำการควบคุมปรับปรุงการดำเนินงานตามสภาพแวดล้อม และ ความต้องการของลูกค้า ผ่านการประชุมกลุ่ม โดยยึดเป้าหมายของวิสาหกิจเป็นที่ตั้ง

กลุ่มประชากรตัวอย่าง

ประชากรตัวอย่าง และประชากรที่เข้าร่วมการวิจัย ประกอบด้วย กลุ่มผู้ปลูกผักบ้านเสือเผ่น หมู่ที่ 6 และบ้านเสือเผ่นพัฒนา หมู่ที่ 15 ตำบลเสือเผ่นอำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 30 ราย

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน โดยศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และเอกสารที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงาน ลงพื้นที่สำรวจแหล่งวิจัยเบื้องต้น ประสานงานกับหัวหน้าชุมชนและตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกผัก ซึ่งแบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ศึกษาบริบทพื้นที่เป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สภาพทั่วไป รวมทั้งสภาพปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกผัก ในพื้นที่ตำบลเสือเผ่น จำนวน 2 หมู่บ้านที่ได้ปลูกผักเป็นหลัก ได้แก่ บ้านเสือเผ่น หมู่ที่ 6 และบ้านเสือเผ่นพัฒนา หมู่ที่ 15
2. ลงสำรวจพื้นที่เพื่อพบปะกับเกษตรกรผู้ปลูกผัก และสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการเบื้องต้น
3. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบสอบถาม) โดยแบบสอบถามประกอบด้วย 1) บริบทพื้นที่และสภาพชุมชน 2) สภาพทั่วไปของเกษตรกร 3) รายได้ 4) โครงสร้างพื้นฐานการผลิต 5) สภาพทั่วไปของครัวเรือนเกษตรกร 6) การกักขัง 7) ลักษณะการผลิตผัก 8) ต้นทุนและรายได้ 9) การเพิ่มมูลค่าและการลดต้นทุน 10) การจัดการโซ่อุปทานผักจากต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ 11) สภาพปัญหาและอุปสรรค

4. ลงพื้นที่สำรวจและบันทึกข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก

5. รวบรวมข้อมูล แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ สรุป ประเมินผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการประมวลและจำแนกข้อมูลตามประเด็นการตั้งคำถามตามวัตถุประสงค์และโจทย์ของการวิจัย และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้ร้อยละ และแปรผลให้เป็นตารางเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

บริบทพื้นที่และสภาพชุมชน

ตำบลเสือเผ่น ตั้งอยู่ทิศเหนือของอำเภอเชียงยืน มีอาณาเขตติดต่อกับตำบลทุ่ง อำเภอชื่นชม, ตำบลกระนวน อำเภอคำชะอี, ตำบลเสือเผ่นมีเนื้อที่ทั้งหมด 28,301 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ทำการเกษตรจำนวน 25,919 ไร่ สภาพป่าไม้ของตำบลเสือเผ่น พบว่าเป็นป่าไม้ขนาดใหญ่ และเล็กสลับกัน ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าสาธารณะ ได้แก่ โคกหนองเม็ก โคกขี้เหล็ก สำหรับแหล่งน้ำที่ใช้ในการทำการเกษตรนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่อาศัยแหล่งน้ำ 2 ประเภท คือ แหล่งน้ำธรรมชาติหนองน้ำสาธารณะ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น

สภาพทั่วไปของเกษตรกร

ตำบลเสือเผ่นมีเนื้อที่ทั้งหมด 28,301 ไร่ ซึ่งใช้เป็นที่ทำการเกษตร จำนวน 25,919 ไร่ โดยครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครอง 3 - 4 ไร่ จากพื้นที่ถือครองดังกล่าวเป็นพื้นที่ทำการเกษตร 2 - 3 ไร่ เกษตรกรใช้พื้นที่ทางการเกษตรสำหรับปลูกพืช และทำนา เสร็จจากฤดูทำนาเกษตรกรนิยมปลูกผัก สำหรับการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงไว้บริโภคในครัวเรือน และขาย

รายได้จากภาคเกษตรและแรงงานในครัวเรือน

เกษตรกรส่วนใหญ่มีรายรับจากภาคการเกษตรเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 10,000 - 20,000 บาท แต่มีบางส่วนที่มีรายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 30,000 - 35,000 บาทต่อเดือน สำหรับแรงงานภาคการเกษตรส่วนใหญ่ใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก แต่มีบางครัวเรือนที่อาศัยแรงงานภายนอกครัวเรือน

การประกอบอาชีพของชุมชน

ประชากรในพื้นที่มีอาชีพหลัก คือ อาชีพการเป็นเกษตรกร และมีบางครัวเรือนที่ผู้นำครอบครัวมีอาชีพเสริมคือการรับจ้างทั่วไป

โครงสร้างพื้นฐานการผลิต

เกษตรกรตำบลเสือเผ่นส่วนใหญ่เลี้ยงชีพด้วยการทำนา ปลูกพืช และเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้ชุมชนมีโรงสีขนาดเล็กเพื่อแปรรูปข้าวเปลือก และยังมีโรงผลิตปุ๋ยอินทรีย์/ชีวภาพ เพื่อใช้ในการปลูกพืช เพื่อการอุปโภค บริโภค และจำหน่าย

สภาพทั่วไปของครัวเรือนเกษตรกร

เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 61 - 70 ปี และมีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษา ครัวเรือนเกษตรกรมีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ยจำนวน 7 คนต่อครัวเรือน

การกู้ยืมเงินของเกษตรกร

เกษตรกรส่วนใหญ่ดำเนินการผลิตสินค้าทางการเกษตรโดยใช้เงินลงทุนของตนเองทั้งสิ้น และไม่มีหนี้สินที่เกิดจากการนำมาลงทุนในการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร

ลักษณะการผลิตผัก

เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกผักเพื่อบริโภคและเหลือไว้สำหรับจำหน่าย รองลงมาได้แก่ การปลูกผักเพื่อจำหน่ายและบริโภคควบคู่กันและส่วนน้อยปลูกไว้สำหรับจำหน่ายอย่างเดียว ทั้งนี้เกษตรกรนิยมปลูกผักหลากหลายชนิดสลับหมุนเวียนในพื้นที่แปลงนาหลังฤดูทำนาและบางส่วนจัดสรรแปลงปลูกผักโดยไม่ได้ปลูกในแปลงนาเพราะจะได้ปลูกผักตลอดทั้งปี สำหรับชนิดผักที่เกษตรกรนิยมปลูกได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง แตงกวา มะเขือเทศ ผักกาด กะหล่ำดอก ฟักทอง หอม ถั่วฝักยาว พริก สลัด ชিং ข่า และถั่วพู เป็นต้น

เกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่สำหรับปลูกผักโดยเฉลี่ย 1 ไร่ ปลูกโดยอาศัยพื้นที่ว่างเปล่าตามคันนาควบคู่พื้นที่ปลูกหลักสำหรับแรงงานที่ใช้ในการปลูกผัก ส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในครัวเรือนเป็นหลัก รองลงมาได้แก่ แรงงานเครื่องจักร (รถไถนาเดินตาม) ส่วนแรงงานคนในครัวเรือนโดยเฉลี่ยที่ใช้คือจำนวน 2 คนต่อครัวเรือน

เกษตรกรส่วนใหญ่ทำการเตรียมแปลงปลูกโดยการปรับปรุงสภาพแปลงปลูก เช่น การปลูกพืชบำรุงดิน การใช้ปุ๋ยคอก และดินมาร์ล หว่านเพื่อปรับสภาพดิน เป็นต้น จากนั้นทำการไถยกแปลงเว้นร่องน้ำ วัตรระยะให้เหมาะสมเพื่อการจัดการที่ง่ายขึ้น

เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมซื้อเมล็ดพันธุ์ผักมาเพาะเองโดยเกษตรกรจะมีแปลงเพาะกล้าเป็นของตนเอง และดูแลจนกระทั่งย้ายลงปลูกในแปลง เกษตรกรทำการย้ายปลูกผักแต่ละชนิดในเวลาใกล้เคียงกัน ลงในแปลงปลูก โดยแบ่งชนิดผักตามแปลงที่เตรียมไว้ จากนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่บำรุงผักโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ควบคู่กับปุ๋ยเคมี และส่วนน้อยที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

สำหรับการจำหน่ายผักส่วนใหญ่เกษตรกรจำหน่าย
ผักในรูปแบบของการขายส่งควบคู่กับการขายปลีก ลักษณะ
ปริมาณการขายส่งของเกษตรกรจะบรรจุใส่ถุงๆ ละ 5
กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม และบรรจุผักใส่ถุงตามชนิดและ
ปริมาณการขายในลักษณะขายปลีก สำหรับสถานที่จำหน่าย
ผักของเกษตรกร ได้แก่ สถานที่จำหน่าย ณ บริเวณแหล่ง
ผลิต (โดยมีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อ ณ แหล่งผลิต) ในตัว
จังหวัดขอนแก่น และในตัวจังหวัดมหาสารคาม

ต้นทุนและรายได้จากการผลิตผัก

เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิตผักโดยเฉลี่ย จำนวน
23,201.46 บาท/ไร่ โดยเป็นต้นทุนเงินสด จำนวน
17,564.97 บาท/ไร่ และไม่เป็นเงินสด จำนวน 5,636.49
บาท/ไร่ ต้นทุนผันแปรในการผลิตเฉลี่ย จำนวน 23,026.21
บาท/ไร่ ซึ่งเป็นต้นทุนผันแปรเงินสด จำนวน 17,564.97
บาท/ไร่ และไม่เป็นเงินสด จำนวน 5,461.24 บาท/ไร่ และ
เป็นต้นทุนคงที่ในการผลิตเฉลี่ย จำนวน 175.25บาท/ไร่
ทั้งนี้เป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 9.73 บาท

สำหรับรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตผักโดยเฉลี่ย
ในปีที่ผ่านมาของเกษตรกรมีราคาเฉลี่ยต่อกิโลกรัมจำนวน
16.67 บาท เกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายผักโดยเฉลี่ย
ต่อครัวเรือน จำนวน 38,919.78 บาท และเป็นรายได้สุทธิ
15,718.32 บาทต่อไร่ เป็นรายได้เหนือต้นทุนเงินสดจำนวน
21,354.81 บาท/ไร่ และเป็นกำไรสุทธิเฉลี่ย 6.94 บาท/
กิโลกรัม

การลดต้นทุนการผลิตผักของเกษตรกร

เกษตรกรส่วนใหญ่มีการดำเนินการในด้านการเพิ่ม
มูลค่าผลผลิตผัก และการลดต้นทุนการผลิต เช่น มีการ
ปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ผัก การปรับปรุงคุณภาพดิน/น้ำ ก่อน
การผลิต การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพแทนปุ๋ยเคมีที่มี
ราคาแพง การปลูกแบบระบบผสมผสาน

การจัดการโซ่อุปทานผักจาก ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลาย น้ำ

เกษตรกรส่วนใหญ่ได้ดำเนินการทางด้านการห่วง
โซ่อุปทานตลอด จากต้นน้ำ กลางน้ำ ไปยังปลายน้ำ
ดังต่อไปนี้

การจัดการโซ่อุปทานต้นน้ำ

การจัดการด้านโซ่อุปทานต้นน้ำของเกษตรกรส่วน
ใหญ่นั้นเกษตรกรได้ดำเนินการทางด้านการผลิต และการ
จัดการผลผลิตจากการแปรรูป และเกษตรกรได้ดำเนินการ

เข้าร่วมกลุ่มการปลูกผักของชุมชนเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าใน
การจัดซื้อวัสดุและวัตถุดิบในการปลูก

การจัดการโซ่อุปทานกลางน้ำ

การจัดการด้านโซ่อุปทานกลางน้ำของเกษตรกร
ส่วนใหญ่ได้ดำเนินการทางด้านการลดต้นทุนในแต่ละ
ขั้นตอนการผลิต รวมไปถึงการดำเนินกิจกรรมการเพิ่มมูลค่า
แก่ผลผลิตผัก รวมไปถึงการรวมกลุ่มการจำหน่ายผักให้แก่
พ่อค้าคนกลางเพื่อป้องกันการเกิดความไม่เป็นธรรมของ
ราคาผักที่เกษตรกรจะได้รับ

การจัดการด้านโซ่อุปทานปลายน้ำ

การจัดการด้านโซ่อุปทานปลายน้ำของเกษตรกร
ส่วนใหญ่ได้ดำเนินการจำหน่ายสินค้าด้วยตนเองเป็นหลัก
โดยมีพ่อค้าคนกลางและผู้บริโภคทยอยมารับซื้อถึงที่ รวมไปถึง
มีการเลือกกลุ่มผู้บริโภคและเลือกตลาดสำหรับ
จำหน่ายผลผลิตเอง รวมไปถึงการกำหนดราคาสินค้าเองโดย
เกิดจากการรวมกลุ่มตั้งราคาสินค้ากันเองเพื่อต่อรองกับ
พ่อค้าคนกลาง

สภาพปัญหาและอุปสรรค

สภาพปัญหาและอุปสรรคทั่วไปของเกษตรกร

ทั้งนี้ตำบลเสื่อเผายังมีปัญหาในเรื่องทรัพยากร
โครงสร้างพื้นฐานหลักในการผลิต คือ ไม่มีโครงการ
ชลประทาน และแหล่งน้ำทางการเกษตรไม่เพียงพอ การ
รวมกลุ่มเพื่อแปรรูปผลผลิตยังมีจำนวนน้อย ส่วนมากยังเป็น
ลักษณะต่างคนต่างทำอยู่

สภาพปัญหาและอุปสรรคห่วงโซ่อุปทานผักก่อนการเก็บ เกี่ยว

ลักษณะสภาพปัญหาและอุปสรรคด้านห่วงโซ่
อุปทานผักก่อนการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกร ตำบลเสื่อเผา พบ
เจอ ได้แก่

1. ปัญหาเรื่องน้ำในการเพาะปลูกที่มีไม่เพียงพอ
เนื่องจากตำบลเสื่อเผาไม่มีคลองน้ำชลประทาน น้ำส่วนใหญ่
ที่ใช้ในการเพาะปลูกมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำ
ที่สร้างขึ้นเองซึ่งแหล่งน้ำเหล่านี้ต้องอาศัยน้ำฝน แต่ในบางปี
ฝนแล้ง ฝนตกไม่ถูกต้องตามฤดูกาลจึงทำให้ไม่มีน้ำสำรองใน
การเพาะปลูก
2. ปัญหาเรื่องการจัดการวัชพืชในแปลงปลูก
เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในเรื่องการจัดการวัชพืชใน
แปลงผัก ทำให้ผลผลิตเจริญเติบโตที่ไม่สมบูรณ์
3. ปัญหาเรื่องการใช้ปุ๋ยบำรุงพืชที่มีราคาแพง
ส่วนใหญ่เป็นการใช้ปุ๋ยเคมี
4. ปัญหาเรื่องโรคพืช เกษตรกรขาดความรู้ในเรื่อง
การจัดการโรคพืช ทำให้เกิดการระบาดเป็นผลที่ยาวนาน

และระบาดติดต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืชได้ตลอดทั้งปี

5. ปัญหาเรื่องศัตรูพืช ศัตรูของพืชผักที่เกษตรกรพบ อาทิ หนอนกระทู้ เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง ไล่เดือนฝอย มด เป็นต้น

6. ปัญหาด้านแรงงาน การขาดแรงงานในครัวเรือน เนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่ที่เป็นวัยหนุ่มสาวเข้าไปรับจ้างทำงานในตัวเมืองและต่างจังหวัด

7. ปัญหาการเก็บเกี่ยวพืชผักที่เกิดจากแรงงานที่ไม่เชี่ยวชาญในการเก็บเกี่ยวจึงทำให้ผลผลิตบอบช้ำ

ปัญหาและอุปสรรคห่วงโซ่อุปทานผักหลังการเก็บเกี่ยว

ลักษณะสภาพปัญหาและอุปสรรคด้านห่วงโซ่อุปทานผักหลังการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกร ตำบลเสื่อเฒ่าพบเจอ ได้แก่

1. ปัญหาด้านการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควร ทำให้ผลผลิตเกิดการเน่าเสียหาย

2. ปัญหาด้านการขนส่งผลผลิตจากแหล่งผลิตไปยังแหล่งจำหน่ายที่ไม่ค่อยสะดวก ทั้งทางด้านระยะทางในการขนส่ง ยานพาหนะในการขนส่ง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ไม่คุ้มค่า

3. ปัญหาด้านการจัดการการตลาดที่ไม่เป็นระบบ และขาดการแนะนำ สนับสนุน ส่งเสริม ข้อมูลข่าวสารด้านการตลาดเท่าที่ควร

4. ปัญหาการไม่มีแหล่งจำหน่ายสินค้าที่แน่นอน

5. ปัญหาด้านราคาที่ผันผวนเนื่องจากในบางฤดูกาลมีสินค้าชนิดเดียวกันล้นตลาด

6. ปัญหาด้านผลตอบแทนที่ไม่สม่าเสมอ

7. ปัญหาด้านการแปรรูปสินค้าที่เกิดจากการล้นของสินค้าในท้องตลาด

รูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงที่เกิดในชุมชน

จากการศึกษารูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงที่เกิดในชุมชนเกษตรกรผู้ปลูกผัก ตำบลเสื่อเฒ่า อำเภอเขียงยืน จังหวัดมหาสารคาม พบว่า

1. เกษตรกรผู้ปลูกผัก และเกษตรกรทั่วไปของตำบลเสื่อเฒ่า มีการรวมกลุ่มกันผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเกษตร ทั้งนี้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนั้นบางส่วนได้มาจากวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากการผลิตทางการเกษตร เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืชที่เหลือจากการตัดแต่งและการคั่วหึ่ง เป็นต้น

2. เกษตรกรนิยมปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ควบคู่กัน ผลพลอยได้จากการเลี้ยงสัตว์คือปุ๋ยจากมูลสัตว์เพื่อนำมาใช้ในการปลูกพืช และลดต้นทุนค่าใช้จ่าย

3. เกษตรกรผู้ปลูกผัก และเกษตรกรตำบลเสื่อเฒ่าส่วนใหญ่นิยมปลูกพืชแบบผสมผสาน และเลี้ยงสัตว์ควบคู่กับการปลูกพืช

4. เกษตรกรผู้ปลูกผักมีการรวมกลุ่มผลิตและช่วยเหลือกันในการผลิต เช่น การลงแขกเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีการหมุนเวียนแรงงานตามความเหมาะสม

5. เกษตรกรผู้ปลูกผักมีการรวมกลุ่ม และก่อตั้งศูนย์การผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้การผลิตรวม และระบบเศรษฐกิจของชุมชน

6. เกษตรกรได้รวมกลุ่มกันนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตผักมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับใช้ในการผลิตผักต่อไป เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนต่อเนื่องอย่างยั่งยืน และก่อให้เกิดความคุ้มค่า

7. กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการปลูกผักแบบรุ่นต่อรุ่น ทั้งนี้จึงก่อให้เกิดการอนุรักษ์วิถีการดำรงอาชีพ รวมไปถึงการสืบทอดภูมิปัญญาแบบไม่ได้ตั้งใจ

วิจารณ์ผลการวิจัย (Discussion)

จากผลการศึกษา บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกผัก หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง พ่อค้าและผู้บริโภค ซึ่งแต่ละกลุ่มควรมีบทบาทดังต่อไปนี้

เกษตรกร (ควรมีบทบาท) ดังนี้

1. บทบาทการผลิตผักให้ได้มาตรฐาน เกษตรกรต้องมีการเพิ่มพูนความรู้เพื่อผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพและมาตรฐานตามที่ลูกค้าต้องการ เพื่อเกษตรกรจะได้มีรายได้ที่สูงขึ้นและมีลูกค้าเพิ่มมากขึ้น

2. บทบาทการวางแผนการผลิต เกษตรกรต้องมีการวางแผนการผลิตผักให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจ และมีการวางแผนเตรียมผลิตผัก เพื่อให้ง่ายต่อการดูแลรักษา และง่ายต่อการจัดการการผลิต

3. บทบาทการรวมกลุ่ม เกษตรกรที่ปลูกผักควรมีการรวมกลุ่มให้มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อสามารถต่อรองกับพ่อค้าคนกลาง และขอความช่วยเหลือกับหน่วยงานภาครัฐได้ง่ายขึ้น และเพื่ออำนวยความสะดวกให้พ่อค้าคนกลางเข้ามารับซื้อผักในปริมาณที่มากพอกับความต้องการได้ง่ายขึ้น

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (ควรมีบทบาท) ดังนี้

1. บทบาทการออกแนะนำส่งเสริม หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องวางแผนการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรผู้ปลูกในสิ่งที่เกษตรกรต้องการความช่วยเหลือ และรวมทั้งการให้ความรู้ในเรื่องการจัดการจัดหาทุนในการปลูกผัก และความรู้เรื่องการลดต้นทุนการผลิตผัก รวมทั้งการตลาด การแปรรูปสินค้า เป็นต้น

พ่อค้า (ควรมีบทบาท) ดังนี้

1. บทบาทการขายปัจจัยการผลิต พ่อค้าไม่ควรมุ่งหวังกำไรมากเกินไปเนื่องจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของเกษตรกรแพงขึ้น ส่งผลให้กำไรที่เกษตรกรได้รับน้อยลงหรืออาจทำให้ผู้บริโภคซื้อสินค้าราคาแพงขึ้น

2. บทบาทการแนะนำข้อมูลสินค้า พ่อค้าควรมีการแนะนำสินค้าที่ถูกต้องแก่ลูกค้า (เกษตรกร) เช่น การใช้สารเคมีกำจัดแมลง และศัตรูพืชอื่นๆ สูตรปุ๋ยที่สอดคล้องกับชนิดและระยะของพืช และแนะนำสินค้าที่มีคุณภาพแก่ลูกค้า เป็นต้น

ผู้บริโภค (ควรมีบทบาท) ดังนี้

1. บทบาทการสะท้อนข้อมูลกลับแก่ผู้ผลิต ผู้บริโภคควรแสดงความต้องการของตนเองด้วยการสะท้อนความต้องการนั้นแก่พ่อค้า ผู้ผลิต และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม

สรุปผลการวิจัย

การจัดการโซ่อุปทานผัก

การจัดการด้านโซ่อุปทานต้นน้ำของเกษตรกรส่วนใหญ่เกษตรกรได้ดำเนินการทางด้านการผลิต และการจัดการแปรรูปผลผลิต ทั้งนี้เกษตรกรได้ดำเนินการเข้าร่วมกลุ่มการปลูกผักของชุมชนเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการจัดซื้อวัสดุและวัตถุดิบในการปลูก การจัดการด้านโซ่อุปทานกลางน้ำของเกษตรกรส่วนใหญ่ได้ดำเนินการทางด้านการลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนการผลิต รวมไปถึงการดำเนินการกิจกรรมการเพิ่มมูลค่าแก่ผลผลิตผัก รวมไปถึงการรวมกลุ่มการจำหน่ายผักให้แก่พ่อค้าคนกลางเพื่อป้องกันการเกิดความไม่เป็นธรรมของราคาผักที่เกษตรกรจะได้รับ

สำหรับการจัดการด้านโซ่อุปทานปลายน้ำของเกษตรกรส่วนใหญ่ได้ดำเนินการจำหน่ายสินค้าด้วยตนเองเป็นหลัก มีการเลือกกลุ่มผู้บริโภคและเลือกตลาดสำหรับจำหน่ายผลผลิตเอง รวมไปถึงการกำหนดราคาสินค้าเองโดยเกิดจากรวมกลุ่มตั้งราคาสินค้ากันเองเพื่อต่อรองกับพ่อค้าคนกลาง

สภาพปัญหาและอุปสรรค

สภาพปัญหาและอุปสรรคทั่วไปของเกษตรกร

ตำบลเสือเผ่น ไม่มีโครงการชลประทาน และแหล่งน้ำทางการเกษตรเพียงพอ การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรจึงยังไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด การรวมกลุ่มเพื่อแปรรูปผลผลิตยังมีจำนวนน้อย ส่วนมากยังเป็นลักษณะต่างคนต่างทำ

สภาพปัญหาและอุปสรรคห่วงโซ่อุปทานผักก่อน

การเก็บเกี่ยว ได้แก่ ปัญหาเรื่องน้ำในการเพาะปลูกที่มีไม่เพียงพอ เกษตรกรขาดความรู้ในเรื่องการจัดการวัชพืชในแปลงผัก ปัญหาเรื่องการใช้ปุ๋ยบำรุงพืชที่มีราคาแพง เกษตรกรขาดความรู้ในเรื่องการจัดการโรคพืช ปัญหาเรื่องศัตรูพืช ปัญหาด้านแรงงาน การขาดแรงงานในครัวเรือน และปัญหาการเก็บเกี่ยวพืชผัก ทำให้เกิดการบอบช้ำของผลผลิต

ปัญหาและอุปสรรคห่วงโซ่อุปทานผักหลังการ

เก็บเกี่ยว ได้แก่ ปัญหาด้านการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควร ปัญหาด้านการขนส่งผลผลิตจากแหล่งผลิตไปยังแหล่งจำหน่าย ปัญหาด้านการจัดการการตลาดที่ไม่เป็นระบบ และขาดการแนะนำ สนับสนุน ส่งเสริม ข้อมูลข่าวสารด้านการตลาด ปัญหาการไม่มีแหล่งจำหน่ายสินค้าที่แน่นอน ปัญหาด้านราคาที่ผันผวนเนื่องจากมีสินค้าชนิดเดียวกันล้นตลาด ปัญหาด้านผลตอบแทนที่ไม่สม่ำเสมอ ปัญหาด้านการแปรรูปสินค้าที่เกิดจากการล้นของสินค้าในท้องตลาด

รูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงที่เกิดในชุมชน

1. เกษตรกร มีการรวมกลุ่มกันผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเกษตร ทั้งนี้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนั้นบางส่วนได้มาจากวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากการผลิตทางการเกษตร

2. เกษตรกรลดต้นทุนค่าใช้จ่ายโดยการนำมูลสัตว์มาทำเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการปลูกพืช

3. เกษตรกรนิยมปลูกพืชแบบผสมผสาน และเลี้ยงสัตว์ควบคู่กับการปลูกพืช

4. เกษตรกรผู้ปลูกผักมีการรวมกลุ่มผลิตและช่วยเหลือกันในการผลิต

5. เกษตรกรผู้ปลูกผักมีการรวมกลุ่ม และก่อตั้งศูนย์การผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับการผลิต และระบบเศรษฐกิจของชุมชน

6. เกษตรกรได้รวมกลุ่มกันนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตผักมาเป็นวัตถุดิบในการปุ๋ยชีวภาพสำหรับใช้ในการผลิตผัก เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนต่อเนื่องอย่างยั่งยืน และก่อให้เกิดความคุ้มค่า

7. กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการปลูกผักแบบรุ่นต่อรุ่นจึงก่อให้เกิดการอนุรักษ์วิธีการดำรงอาชีพ รวมไปถึงการสืบทอดภูมิปัญญาแบบไม่ได้ตั้งใจ

อภิปรายผล

บริบทชุมชน

บริบทชุมชนของตำบลเสือเผ่นสามารถส่งเสริมการพัฒนาแบบเศรษฐกิจพอเพียงโซ่อุปทานผัก เนื่องจากเป็น

ชุมชนที่ประกอบไปด้วย ชุมชน ทำเลที่ตั้ง สังคม ประเพณี วัฒนธรรม ความเชื่อมโยง และการมีส่วนร่วม ที่เป็นปัจจัยส่งเสริมบริบทชุมชนให้เกิดความยั่งยืน ทั้งยังประกอบกับชุมชนมีความเข้มแข็งและสามารถปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมได้

รูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงโซ่อุปทานผัก

ลักษณะรูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงโซ่อุปทานผักของเกษตรกร คือ เกษตรกรมีการวางแผนการผลิต การลดต้นทุนการผลิต มีการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า รวมไปถึงมีการติดต่อเชื่อมโยงจุดสำคัญของโซ่อุปทาน อีกทั้งยังมีการจัดส่งและจำหน่ายผลผลิตอย่างต่อเนื่อง

นวัตกรรมชุมชน

ลักษณะนวัตกรรมของชุมชนเกิดจากการรวมกลุ่มเพื่อก่อเกิดรายได้และให้เกิดความคุ้มค่าของเงินทุน โดยการ

รวมกลุ่มนำผลพลอยได้ที่เกิดจากการปลูกพืช และการเลี้ยงสัตว์มาผลิตปุ๋ยชีวภาพ และได้ก่อตั้งศูนย์ผลิตปุ๋ยชีวภาพในชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งคณะนักวิจัย และเกษตรกรผู้ให้ข้อมูล และโครงการจะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากขาดแหล่งทุนสนับสนุน ซึ่งโครงการวิจัยฯ นี้ได้รับทุนอุดหนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

- คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2550). โลจิสติกส์และการจัดการซัพพลายเชน : กลยุทธ์สำหรับลดต้นทุนและเพิ่มกำไร. ดวงกมลสมัย. กรุงเทพมหานคร.
- ธนิต โสรัตน์. (2550). การประยุกต์ใช้โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, ประชุมทอง พรินต์ติ้ง กรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 68-72.
- บุญทวรรณ วิงวอน. (2555). การจัดการห่วงโซ่อุปทานของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผักปลอดสารพิษของ อำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. ปีที่ 4 (ฉบับที่ 4) มีนาคม – เมษายน 2555.

- วิทยา สุหฤทธดำรง. (2546). วิธีแห่งลอจิสติกส์และโซ่อุปทาน. (พิมพ์ครั้งที่ 1) อี.ไอ สแควร์ พับลิชชิง. กรุงเทพมหานคร.
- วีระ ภาคอุทัย. (2551). การศึกษารูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสด อำเภอจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพมหานคร.
- สาธิต พะเนียงทอง. (2552). หลักการจัดการ SUPPLY การจัดหาเชิงกลยุทธ์. สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.
- สุรัชย์ บุญเจริญ. (2556). การพัฒนารูปแบบเศรษฐกิจพอเพียงโซ่อุปทานวัว อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. ปีที่ 5 (ฉบับที่ 4) มีนาคม – เมษายน 2556.
- สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2551). การประยุกต์ใช้หลักเศรษฐกิจพอเพียง. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร.
- สำนักงานส่งเสริมการเกษตรจังหวัดมหาสารคาม. (2555). วันที่สืบค้น 14 พฤษภาคม 2557, เว็บไซต์ [http:// www.mahasarakham .doe.go.th](http://www.mahasarakham.doe.go.th)
- อภิชาติ รัตนโกเมศ. (2552). การนำระบบการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานมาใช้กับกลุ่มผู้ผลิตสินค้า OTOP ประเภทเครื่องนุ่งห่ม (ผ้าย้อมสีธรรมชาติ) จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. ปีที่ 1 (ฉบับที่ 5) พฤษภาคม - มิถุนายน 2552.
- Green, K. W., Whitten, D. W., & In man, R. A. (2008). "The impact of logistics performance on organizational performance in a supply chain context" Supply Chain Management: An International Journal, 13(4): 317-327.

อิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล^{1*} และ ตรีนัฐ โพธารส²

¹สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหารในธุรกิจเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

²คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ. องครักษ์ จ. นครนายก 26120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสัดส่วนของสารให้ความหวานและวัตถุดิบหลักที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพชนิดใหม่ และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากกระบวนการผลิตของกล้วยกรอบและข้าวแต๋น โดยศึกษาผลของสัดส่วนน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัป 3 ระดับ ได้แก่ 1:2, 1:1 และ 2:1 ต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นและเกาะตัวกันได้ดี ในขณะที่การเพิ่มกลูโคสไซรัปทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากขึ้นและความกรอบลดลง สัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเท่ากับ 2:1 หรือ 20% และ 10% ตามลำดับ เมื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเศษกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋นในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง 3 ระดับ ได้แก่ 1:3, 1:1 และ 3:1 พบว่าการเพิ่มปริมาณกล้วยกรอบทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง แตกร่วนง่ายขึ้น โดยสัดส่วนที่เหมาะสมของเศษกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋นในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เท่ากับ 1:3 หรือ 12.5% และ 37.5% ตามลำดับ คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบปานกลาง ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่พัฒนาได้มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เกลือ และคาร์โบไฮเดรต โดยประมาณของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 5.31%, 4.73%, 16.80%, 7.46%, 0.37% และ 65.33% ตามลำดับ

คำสำคัญ : คุณภาพ, สารให้ความหวาน, เศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น, ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: hataakira@hotmail.com / โทรศัพท์ 054-466666 ต่อ 3447

Effect of ingredients on qualities of snack bar from broken banana chip and rice crackers

Hataitip Nimitkeatkai^{1*} and Treesin Potaros²

¹*Division of Food Safety in Agri-Business, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand*

²*Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University (Ongkharak), Nakhornnayok 26120, Thailand*

Abstract

This research studied the optimum ratio of sweetener and major ingredients in the production of snack bar from broken banana chip and rice crackers to develop a new healthy product and add value to the by-product from the banana chip and rice cracker manufacturing process. The effects of ration of sugar to glucose syrup on physical quality and sensory evaluation were studied by varying into 3 levels 1:2, 1:1 and 2:1. The results showed that increasing of sugar content increase the hardness and cohesiveness of snack bar, while increasing of glucose syrup content resulting in sticky product with lower crispness. The optimum ratio of sugar to glucose syrup for snack bar was 2:1 or 20% sugar and 10% glucose syrup, respectively. Then, the optimum ration of banana chip to rice cracker on the quality of snack bar was studied by varying into 3 levels 1:3, 1:1 and 3:1, the results showed that increasing of banana chip content decrease the hardness and became brittleness. The optimum ratio of banana chip to rice cracker for snack bar was 1:3 or 12.5% banana chip and 37.5% rice cracker, respectively. The average overall liking scores from sensory evaluation is at moderate level. Chemical compositions of snack bar developed from broken banana chip and rice crackers include moisture, protein, fat, fiber, ash and carbohydrate were 5.31%, 4.73%, 16.80%, 7.46%, 0.37% and 65.33%, respectively.

Keywords: Quality, sweetener, broken banana chip and rice crackers, snack bars

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

ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (Stick bars) เป็นขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที สะดวกในการพกพา เป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการ สามารถรับประทานเป็นอาหารเช้าหรือทดแทนมื้อใดมื้อหนึ่งในแต่ละวันได้ (ศิริภัทร์ และคณะ, 2551) ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น ทำให้ขนมขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งได้รับความนิยมลดลง ในทางกลับกันกระแสการบริโภคขนมขบเคี้ยวจากผักและผลไม้ได้รับความนิยมสูงขึ้น (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2555) ดังนั้นขนมขบเคี้ยวที่แปรรูปจากผักและผลไม้จึงเป็นสินค้าที่น่าสนใจและยังมีช่องว่างให้ผู้ประกอบการ SMEs เข้ามาเติมเต็มต่อยอดธุรกิจได้ (SMELeader, 2558)

ผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบเป็นสินค้า OTOP ขึ้นชื่อของจังหวัดพะเยา มีลักษณะบางกรอบ มีรสชาติที่กลมกล่อมหอมกลิ่นกล้วย จึงเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบเกิดเศษเหลือ คือเศษกล้วยเนื่องจากการแตกหักไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.11, 2546) ประมาณ 10% ในแต่ละวัน (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์) ซึ่งเศษเหลือเหล่านี้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่นเดียวกับกระบวนการผลิตข้าวแต๋นซึ่งเกิดเศษเหลือเนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดการแตกหักไม่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.36, 2546) ด้วยเหตุนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษเหลืดังกล่าวโดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ que เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหาร โดยเสริมธัญพืช ได้แก่ งา และเมล็ดฟักทอง เป็นต้น

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สัดส่วนของสารให้ความหวาน ได้แก่ กลูโคสไซรัป ซูโครส และ ไฮฟรุกโทส-ไซรัป มีผลต่อความแข็งและความหวานของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร (ปาริสุทธิ์, 2550) นอกจากนี้ ศิริภัทร์ และคณะ (2551) ยังพบว่าสัดส่วนของส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ แก้วช้ทุเรต คอนเฟล็ก โปรตีนเกษตร และผักผลไม้ผสมแผ่น มีอิทธิพลต่อคุณภาพและคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญชาติและผักผลไม้ผสม

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของระดับสารให้ความหวาน ได้แก่ น้ำตาลและกลูโคสไซรัป และสัดส่วนของเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น ต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพชนิดใหม่ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยกรอบและข้าวแต๋น

1. กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

การผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น ได้ดัดแปลงสูตรและกรรมวิธีการผลิตมาจากสุธิดา (2553) ประกอบด้วยเศษกล้วยกรอบ และเศษข้าวแต๋น (บดให้มีขนาดประมาณ 2.5 mm) เมล็ดฟักทอง งา ลูกเกด น้ำตาล และกลูโคสไซรัป โดยนำส่วนผสมต่างๆ ที่จะทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำสะอาด นำมาให้ความร้อนจนเดือดเป็นฟองละเอียด ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ผสมส่วนผสมที่เหลือให้เข้ากัน และนำไปขึ้นรูปเป็นแท่งขนาด 3x5x1.5 cm³ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

2. การพัฒนาสูตรขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

2.1 ศึกษาผลของสัดส่วนสารให้ความหวานต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เมื่อใช้ระดับของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัป 3 ระดับ ได้แก่ 1:2, 1:1 และ 2:1 คิดเป็น 30% ของส่วนผสมทั้งหมด โดยมีปริมาณส่วนผสมแห้งคงที่ในอัตราส่วนต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 2:1 นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งดังข้อ 1

ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า water activity (Rotronic รุ่น HygroLab c1) วัดความแข็งและความเปราะแตกบริเวณกลางชิ้น โดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT plus โดยใช้หัวกดแบบ three-point bending ความเร็วในการกด 1 mm/s กดจนกระทั่งแผ่นตัวอย่างผลิตภัณฑ์แตกออกจากกัน แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดใช้อ้างอิงเป็นค่าความแข็งของตัวอย่าง ส่วนระยะทางที่ตัวอย่างต้านแรงกดก่อนที่จะแตกหักใช้อ้างอิงเป็นค่าความเปราะแตก ทำการทดสอบ 3 ซ้ำกับตัวอย่างต่างชิ้นกัน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความเข้มในคุณลักษณะด้านรสหวาน ความเหนียว และความกรอบ ด้วยวิธีการชิมแบบสเกลเชิงเส้นตรง ความยาว 10 cm ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน ซึ่งคัดเลือกจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกการให้คะแนนความเข้มในแต่ละคุณลักษณะ และสามารถบอกความเข้มตามสเกลดังกล่าวได้ โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบและตัวอย่างอ้างอิงของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์

2.2 ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋นสำหรับขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ใช้สูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อ 2.1 มาศึกษาสัดส่วนของเศษกล้วย

กรอบและข้าวแต่นที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ 3 ระดับ วางแผนการทดลองแบบ CRD ได้แก่ 1:3, 1:1 และ 3:1 คิดเป็น 50% ของส่วนผสมทั้งหมด โดยมีสัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปที่ นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งดังข้อ 2.1

วัดค่าทางกายภาพได้แก่ a_w ความแข็งและความเปราะแตก ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาจากสี ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale (1: ไม่ชอบมากที่สุด, 3: ไม่ชอบปานกลาง, 5: บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ, 7: ชอบปานกลาง, 9: ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 17-45 ปี

วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19

2.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่พัฒนาได้

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่ได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด จากการศึกษาในข้อ 2.2 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้าใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1) ผลของสัดส่วนสารให้ความหวานต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้ง

จากการศึกษาสัดส่วนสารให้ความหวาน 3 ระดับ ได้แก่ 1:2, 1:1 และ 2:1 ต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต่น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 1 และ 2

จากตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต่นมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.38-0.46 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอาหารประเภทแห้ง มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในการเจริญ ของจุลินทรีย์ในระดับต่ำ จึงปลอดภัยจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เก็บรักษาได้เป็นเวลานาน เพราะส่วนประกอบของสารให้ความหวานที่ให้พลังงานได้แก่ น้ำตาลซูโครส และกลูโคสไซรัป นอกจากให้ความหวานแล้ว ยังให้ความหนืด เนื้อสัมผัสและความรู้สึกใน

ปาก สามารถจับและรวมตัวกับน้ำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงความชุ่มชื้นและยังเป็นการป้องกันการเสื่อมเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา โดยการลดค่า a_w (สุวรรณ, 2543)

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีสัดส่วนของสารให้ความหวานแตกต่างกัน

น้ำตาล: กลูโคสไซรัป	a_w	ความแข็ง (g force)	ความเปราะ (mm)
1:2	0.38 ± 0.01^b	971.3 ± 54.5^b	14.9 ± 1.0^{ns}
1:1	0.38 ± 0.01^b	1552.2 ± 126.1^a	14.7 ± 1.3^{ns}
2:1	0.46 ± 0.01^a	1668.7 ± 409.8^a	14.7 ± 1.3^{ns}

หมายเหตุ ตัวอักษร a-b ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการทดลองพบว่า เมื่อสัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปที่ระดับ 2:1 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w สูงกว่าที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลูโคสไซรัปหรือแอสแซ ที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง เป็น น้ำเชื่อมกลูโคสที่มีค่า dextrose equivalent ต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส จึงมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ ทำให้มีโอกาสเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มาก (ปาริสุทธิ์ และคณะ, 2550) เป็นผลให้ค่า a_w ลดลงเมื่อสัดส่วนของกลูโคสไซรัปเพิ่มสูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านความแข็งพบว่า ชุดทดลองที่มีสัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปเท่ากับ 1:2 มีค่าความแข็งต่ำกว่าที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าความแข็งเท่ากับ 971.3 g ในขณะที่ระดับ 1:1 และ 2:1 มีค่าความแข็งเท่ากับ 1668.7 g และ 1552.2 g ตามลำดับ เนื่องจากกลูโคสไซรัปมีค่า dextrose equivalent มีความหนืดสูง เมื่อใช้ในสัดส่วนที่สูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียว ในขณะที่การใช้น้ำตาลในสัดส่วนที่สูงจะให้ลักษณะของการติดแน่นของผลิตภัณฑ์มากกว่า ทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (สุวรรณ, 2543) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาริสุทธิ์ และคณะ (2550) ที่พบว่าในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งจากข้าวกล้องและสมุนไพร ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วนมากขึ้น มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านการเกาะตัวกันมีแนวโน้มลดลง อาจเป็นผลมาจากค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้ในการทดลองนี้มีความแปรปรวน (SD) สูงเนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมีจำนวนน้อย ในขณะที่สัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปไม่มีผลต่อความเปราะแตกของผลิตภัณฑ์ ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 2 พบว่า การเพิ่มสัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปมีผลทำให้คะแนนความเข้มข้นในคุณลักษณะด้านรสหวานสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลูโคสไซรัปมีระดับความหวานเพียง 0.8 เท่าของน้ำตาล (สุวรรณ, 2543) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการประเมินคุณลักษณะด้านความหวานในผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของสารให้ความหวานแตกต่างกัน ($P>0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวและความกรอบ ให้ผลเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัป เป็น 2:1 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวต่ำกว่าและความกรอบสูงกว่าที่ระดับ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เนื่องจากกลูโคสไซรัปมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (ปาริสุทธิ์ และคณะ, 2550) หากใช้ในปริมาณที่สูงเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียวนุ่ม กรอบน้อย มีความโค้งงอมาก

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีสัดส่วนของสารให้ความหวานแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	น้ำตาล:กลูโคสไซรัป		
	1:2	1:1	2:1
รสหวาน	6.8 ± 0.8^{ns}	6.4 ± 0.6^{ns}	7.2 ± 0.5^{ns}
ความเหนียว	7.0 ± 0.7^a	6.4 ± 0.6^{ab}	6.0 ± 0.7^b
ความกรอบ	5.8 ± 0.4^b	6.2 ± 0.5^{ab}	6.8 ± 0.5^a

หมายเหตุ ตัวอักษร a-b ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของข้อมูลในแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จะเห็นได้ว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีความสอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงเลือกใช้สัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปที่ 2:1 มาพัฒนาต่อไป เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการเกาะตัวกันได้ดี และมีความกรอบมากกว่าชุดทดลองอื่น

2) สัดส่วนที่เหมาะสมของเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋นสำหรับขนมขบเคี้ยวชนิดแห้ง

จากการศึกษาสัดส่วนของกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋น 3 ระดับ ได้แก่ 1:3, 1:1 และ 3:1 โดยใช้สัดส่วนของสารให้ความหวานที่เหมาะสมจากการทดลองแรก นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 3 และ 4

จากการวัดคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 3 พบว่า ค่า a_w ของทุกชุดทดลอง อยู่ในช่วง 0.44-0.49 และพบความแตกต่างทางสถิติของค่า a_w ($P<0.05$)

ในผลิตภัณฑ์เนื่องจากสัดส่วนของวัตถุดิบกล้วยกรอบและข้าวแต๋นที่แตกต่างกัน

สัดส่วนของกล้วยกรอบและข้าวแต๋น มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งและความเปราะแตกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยเมื่อสัดส่วนของข้าวแต๋นเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งสูงขึ้น ในขณะที่ความเปราะแตกลดลง เนื่องจากข้าวแต๋นมีลักษณะโค้งงอ จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้ำเชื่อมมากกว่าเศษกล้วยกรอบซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นแบนบาง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเกาะตัวกันดีกว่า ซึ่งการวัดแบบ three-point bending เป็นการวัดค่าความแข็งที่เกิดจากการเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์ (ศิริภัทร์ และคณะ, 2551)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีสัดส่วนของกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋นแตกต่างกัน

กล้วยกรอบ:ข้าวแต๋น	a_w	ความแข็ง (g force)	ความเปราะ (mm)
1:3	0.44 ± 0.00^b	1382.2 ± 231.1^a	16.6 ± 0.7^b
1:1	0.43 ± 0.01^b	1197.1 ± 205.2^b	16.1 ± 1.1^b
3:1	0.49 ± 0.00^a	1170.2 ± 211.2^b	19.1 ± 1.8^a

หมายเหตุ ตัวอักษร a-b ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีสัดส่วนของกล้วยกรอบและข้าวแต๋นแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	กล้วยกรอบ:ข้าวแต๋น		
	1:3	1:1	3:1
สี	7.53 ± 0.90	7.27 ± 1.08	7.37 ± 1.00
ลักษณะปรากฏ	7.37 ± 0.93	7.10 ± 1.12	7.17 ± 0.99
กลิ่นรส	7.37 ± 1.22	7.17 ± 1.05	7.40 ± 0.97
เนื้อสัมผัส	7.20 ± 1.21	7.13 ± 1.46	6.90 ± 1.45
ความชอบรวม	7.53 ± 1.14	7.37 ± 1.13	7.30 ± 1.21

หมายเหตุ ไม่มีความแตกต่างของข้อมูลในแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋น เท่ากับ 1:3 สูงที่สุด อย่างไรก็ตามไม่พบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะอยู่ในช่วงชอบปานกลาง (6.90-7.53)

จากการทดลองดังกล่าว พบว่าการเพิ่มปริมาณข้าวแต๋นมีผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงเลือกใช้สัดส่วนของกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋น เท่ากับ 1:3 มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวอัดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น

3) องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น

ผลการศึกษาค่าคุณภาพทางเคมีของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋นที่พัฒนาได้ พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ $5.31 \pm 2.25\%$, โปรตีน $4.73 \pm 0.62\%$, ไขมัน $16.80 \pm 0.06\%$, โยอาหาร $7.46 \pm 1.90\%$, เถ้า $0.37 \pm 0.05\%$ และคาร์โบไฮเดรต $65.33 \pm 4.88\%$ โดยประมาณของน้ำหนักแห้ง

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่พัฒนาได้มีวัตถุดิบหลักคือข้าวแต๋น จึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง โดยมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณน้อย ส่วนไขมันที่พบมาจากกระบวนการผลิตกล้วยกรอบและข้าวแต๋นที่มีการทอดในน้ำมัน อย่างไรก็ตามในกล้วยและข้าวมีวิตามินและเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ส่วนใหญ่มีแป้งเป็นวัตถุดิบหลักให้สูงขึ้นได้ เช่นเดียวกับที่มีการเสริมใยบัวบกทั้งต้นสดบดในปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักและใยด้วยใยบัวบกแห้งบดร้อยละ 10 โดยน้ำหนักในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวพองกรอบจากแป้งข้าวโพดบดหยาบผสมปลายข้าวหอมมะลิบด พบว่าทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (นันทิยา, 2552) จึงเป็นไปได้ว่า

สารสำคัญในกล้วยและข้าวมีศักยภาพในการนำไปใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวได้

สรุปผลการวิจัย

สัดส่วนของสารให้ความหวานมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและเกาะตัวกันได้ดี ในขณะที่การเพิ่มกลูโคสไซรัปทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากขึ้นและความกรอบลดลง โดยสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเท่ากับ 2:1 หรือ 20% และ 10% ตามลำดับ

การเพิ่มปริมาณกล้วยกรอบทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงลดลง แตกร่วนง่ายขึ้น โดยสัดส่วนที่เหมาะสมของเศษกล้วยกรอบต่อข้าวแต๋นในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เท่ากับ 1:2 หรือ 12.5% และ 37.5% ตามลำดับ คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยการอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้การสนับสนุนทุนและวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- นันทิยา ภวภูตานนท์. 2552. การผลิตขนมขบเคี้ยวพองกรอบเสริมบัวบกโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปาริสุทธิ์ สงทิพย์. 2550. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปาริสุทธิ์ สงทิพย์, กมลวรรณ แจ่มชัด และไพศาล วุฒิจำนงค์. 2550. การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความหวานในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งการข้าวกล้องและสมุนไพร. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550: 547-553.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 11. 2546. กล้วยทอดกรอบ. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 36. 2546. ข้าวแต๋น. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สุวรรณ สุภิมารส. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 15-37 น.
- สุจิตา กิจจาวรเสถียร. 2553. ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใยบัวบกอัดแท่ง. วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

คหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 101 หน้า.

ศิริภัทร์ จันทร์อร่าม, กมลวรรณ แจ่มชัด และอนุวัตร แจ่มชัด. 2551. อิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญชาติและผักผลไม้ผสม. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551: 579-587.

ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย. 2555. ผักผลไม้อบแห้ง คู่ค้าและคู่แข่งอาเซียนที่น่ามอง. (สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559) Available from: URL: <http://www.kasikornresearch.com/TH/Pages/Default.aspx>.

SMELeader. 2558. ผักและผลไม้แปรรูป...โอกาสจับเทรนด์ความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพ (Start-up business). (สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559) Available from: URL: <http://www.smeleader.com/ผักและผลไม้แปรรูป-start-up-business/>.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis 16th ed. Association of Official Analytical Chemist. Virginia.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลารมควันจากปลาเบ็ดเตล็ดที่จับได้จากกว๊านพะเยา

ตรีสินธุ์ โพธาราส¹ และหทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล²

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ¹

ตำบลอรัญญิก อำเภอบางบาล จังหวัดนครนายก 26120

สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหารในธุรกิจเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา²

บทคัดย่อ

ปลาช่อนและปลาแป้นแก้ว เป็นปลาเบ็ดเตล็ดที่จับได้จากกว๊านพะเยา มูลค่าต่ำ ไม่นิยมบริโภค ทำให้เน่าเสียจำนวนมาก เป็นการใช้ทรัพยากรประมงไม่คุ้มค่า การแปรรูปผลิตภัณฑ์สามารถเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากปลาเบ็ดเตล็ด และสร้างรายได้เสริมให้ชาวประมง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสูตรและสภาวะการแปรรูปที่เหมาะสม ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปลาช่อนรมควัน และปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน ผลสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด พบว่า ส่วนใหญ่พิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ จากรสชาติ รองลงมาคือ ความนิยมในการบริโภค ช่วงเทศกาลงานสำคัญ และ ประโยชน์ต่อสุขภาพ ผู้บริโภคมักซื้อผลิตภัณฑ์ที่ตลาดสดมากที่สุด โดยนิยมนำไปประกอบอาหารโดยการทอด รองลงมาคือปรุงรส พร้อมรับประทาน และส่วนใหญ่ตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดหากมีจำหน่าย ในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาช่อนรมควัน ประกอบด้วย น้ำเกลือ 1% น้ำตาลทราย 0.5% อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน ประกอบด้วย น้ำเกลือ 2% น้ำตาลทราย 0.5% อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง จากนั้นทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลิตภัณฑ์สามารถ เก็บในสภาวะสุญญากาศได้อย่างน้อย 6 สัปดาห์ โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ปลาแห้ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ทั้งสองเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มรายได้และพัฒนาคุณภาพชีวิตชาวประมง

คำสำคัญ กว๊านพะเยา ปลาช่อนรมควัน ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบ คุณภาพชีวิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์

* ผู้เขียนให้ติดต่อ E-mail: Treesin2556@yahoo.com

The Product Development of Smoked Trash Fish Harvested from Kwan Pha Yao

Treesin Potaros¹ and Hataithip Nimitkeatkai²

Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University¹

Abstract

Ray finned fish and Siamese glassfish, from Kwan-Pha-Yao was under-utilization, low market value, and almost discarded as waste. Food processing is the way to achieve good quality, safety and long storage shelf life, leading to increment of product value and money incomes. The objective of our research was to formulate products of dried smoked Ray finned fish and crispy dried smoked Siamese glassfish. The result from surveying indicated that most of consumers chose product due to its taste. Other included favour, festival, and healthy. The most distributed channel was from fresh market. Cooking method primarily appeared as deep-fried, and other was secondary as seasoning. If these two products is available, most of them make decision to consume. Concerning to product development, the result was shown that the best formula of dried smoked Ray finned fish was composed of 1% sodium chloride (NaCl) solution, 0.5% sugar, drying temperature at 70 °C, for 7 hours. That of crispy Siamese glassfish was composed of 2% NaCl solution, 0.5% sugar, drying temperature at 70 °C, for 7 hours. These products in vacuum packaging were well stored at least 6 weeks (shelf life) with microorganism level under standard level. Finally, these two processing smoked fish will be an alternative way for fisher-man to increase incomes and develop quality of life.

Keywords: Kwan-Pha-Yao, Dried smoked for Ray finned fish, Crispy dried smoked Siamese glassfish, Quality of life, Product development

*Corresponding author E-mail: Treesin2556@yahoo.com

บทนำ

กว๊านพะเยาเป็นทะเลสาบน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดของภาคเหนือ และเป็นแหล่งจับสัตว์น้ำที่สำคัญของจังหวัดพะเยา ปลาเศรษฐกิจต่างๆที่จับได้ เช่น ปลาดุก ปลาเทโพ ปลานิล สามารถนำไปจำหน่ายได้ ส่วนปลาเบ็ดเตล็ดบางชนิด เช่น ปลาแป้นแก้ว ปลาซำ มีราคาถูก สามารถจำหน่ายในปริมาณน้อยกว่าปริมาณที่จับได้ ทำให้ปลาเน่าเสีย ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ต้องทิ้งไป ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรประมงอย่างไม่คุ้มค่า และเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ (ณัฐฤดี และ กัญญาณัฐ, 2556) รวมทั้ง

ปัญหาความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศน์ของกว๊านพะเยา ส่งผลให้มีปริมาณและชนิดของพันธุ์ปลาลดลง ซึ่งกระทบต่อวิถีการดำเนินชีวิตและการเลี้ยงชีพของชาวประมงพื้นบ้านที่อาศัยอยู่รอบๆกว๊านพะเยาทั้ง 14 ชุมชน ทำให้ชาวประมงจำนวนมากเปลี่ยนการประกอบอาชีพประมงเป็นการใช้แรงงานในจังหวัดพะเยาและอื่นๆ

ปลาซำ (Ray finned fish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Labiobarbus siamensis* (กรมประมง, 2558) หรือที่เรียกกันตามท้องถิ่นว่าปลามะลิเลื้อย ปลาคูยลาม ปลาสร้อยลูกกล้วย เป็นปลาน้ำจืด พบได้ตามลุ่มน้ำในประเทศไทย มีมูลค่าการซื้อขายในตลาดที่ดีพอสมควร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

ความต้องการของตลาด แต่ราคาซื้อขายก็ยังไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่นๆ

ปลาแป้นแก้ว (อังกฤษ: Siamese glassfish; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Parambassis siamensis*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดเล็กชนิดหนึ่ง ในวงศ์ปลาแป้นแก้ว (Ambassidae) นิยมอยู่รวมกันเป็นฝูงในแหล่งน้ำทั่วไป พบกระจายพันธุ์ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย มักจับได้ในปริมาณที่เยอะมาก โดยใส่แสงไฟล่อเพื่อให้ปลามากินแมลงบนผิวน้ำ นิยมใช้บริโภคกันในท้องถิ่น และเลี้ยงกันเป็นปลาสวยงามเพื่อประโยชน์ทางการค้า โดยการฉีดสีเข้าไปในตัวปลาเป็นสีส้มต่างๆ โดยมีชื่อเรียกเฉพาะว่า "ปลาเรนโบว์" หรือ "ปลาสายรุ้ง"

สัตว์น้ำเป็นอาหารที่เน่าเสียได้ง่าย การแปรรูปสัตว์น้ำจึงมีความจำเป็น เพื่อรักษาคุณภาพสัตว์น้ำและเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษา วิธีการแปรรูปมีหลายวิธีได้แก่ การตากแห้ง การรมควัน การทอด โดยการตากแห้งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของอาหารให้อยู่ในระดับที่ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ (ค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 มีความชื้นต่ำกว่า 15%) โดยการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบ อาจเติมเกลือหรือน้ำตาลเพื่อช่วยในการลดค่า a_w และเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ (คณาจารย์ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, 2558) ส่วนการรมควันมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่นหอม ทำให้สีของผลิตภัณฑ์น่ารับประทาน ทำให้เนื้อนุ่ม และเก็บถนอมอาหารได้นานขึ้น ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ และป้องกันการเหม็นหืนจากปฏิกิริยา oxidation (นงนุช, 2538; Erlanson, 1980; Pigott and Tucker, 1990) โดยการรมควันแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การรมควันเย็น ที่อุณหภูมิต่ำ (10-35 องศาเซลเซียส) ไม่ทำให้โปรตีนของผลิตภัณฑ์ตกตะกอน (Pigott and Tucker, 1990) และการรมควันร้อนที่อุณหภูมิสูง (85-115 องศาเซลเซียส) หรือใช้เวลานานพอที่ทำให้โปรตีนในผลิตภัณฑ์ตกตะกอน (Erlanson, 1980) ส่วนการทอดคือการนำชิ้นอาหารใส่น้ำมันขณะร้อน ทำให้น้ำมันในอาหารระเหยกลายเป็นไอน้ำมันจะเข้าแทนที่รูพรุนในผิวนอกของอาหารเกิดเป็น boundary film อาหารที่ทอดต้องได้รับความร้อนเพียงพอที่จะทำให้ลายจุลินทรีย์ (วลัย และคณะ, 2551)

ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการพัฒนาต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากปลาเบ็ดเตล็ดโดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปลาขำรมควัน และปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน เพื่อเป็นการสร้างอาชีพเสริมและรายได้เพิ่มให้กับกลุ่มชาวประมง

ตามหลักคิดที่ว่าพอกกลุ่มชาวประมงมีอาชีพ มีรายได้ที่พอเลี้ยงตนเองและครอบครัว มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ก็จะตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมให้สมบูรณ์ เพราะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมนี้เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญที่ทำให้คุณภาพชีวิตของพวกเขาดีขึ้น ทำให้พวกเขาหาวิธีการรักษาสมดุลระหว่างการใช้ประโยชน์กับการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงในอนาคตต่อไป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรและสภาวะการแปรรูปที่เหมาะสมของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาขำรมควัน และปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทานเพื่อเป็นต้นแบบและทางเลือกในการประกอบอาชีพเสริมให้กับกลุ่มชาวประมงพื้นบ้านบริเวณกวนพะเยา

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปลาขำรมควัน และผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบ ดังต่อไปนี้

1. การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาขำรมควันสำรวจผู้บริโภคจำนวน 50 คน และผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบ จำนวน 65 คน ในแต่ละกลุ่มสำรวจ มีรายได้ระหว่างน้อยกว่า 8,000 บาท/เดือน ถึง มากกว่า 50,000 บาท/เดือน โดยสำรวจผู้บริโภคในบริเวณตลาดสดและห้างสรรพสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ด้วยการออกแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการบริโภคปลาแห้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ปลาขำรมควัน นำปลาทั้งตัวมาตัดหัวควักไส้ แล่แบบปึกสี่เหลี่ยม ทำความสะอาด แล้วต้มปลาในน้ำเกลือ (ประกอบด้วยเกลือและน้ำตาลทราย 0.5%) ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 1% และ 2% ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส, 5 นาที ต่อมานำปลาลงบนชั้นปลาทั้งสองด้านให้ทั่วถึง จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส, 30 นาที นำชิ้นปลามาควั่นเย็นอีกครั้งและนำกลับไปอบต่อจนครบระยะเวลา 5, 7 และ 9 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบ นำปลาทั้งตัวล้างทำความสะอาด ต้มน้ำเกลือ (ประกอบด้วยเกลือและน้ำตาลทราย 0.5%) นำไปพ่นควันเย็น แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 7 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส, 10 นาที แล้วนำไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส, 30 นาที ทั้งให้ผลิตภัณฑ์เย็น

วัดค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ของผลิตภัณฑ์ปลาทั้งสองชนิด

3. การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

โดยนำสูตรจากข้อ 2 ที่มีค่า a_w ระหว่าง 0.50 – 0.70 มาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีทดสอบความชอบโดยให้คะแนน 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained panelist) จำนวน 30 คน วางแผนการทดลอง แบบ Factorial in RCBD

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่าง Duncan new multiple range test วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 19

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

นำสูตรที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดจากข้อ 3 มาขยายขนาดการผลิตแล้วบรรจุสถานะสุญญากาศ โดยบรรจุในถุง PA/LDPE ความหนา 80 ไมครอน บรรจุลงละ 100 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส

สุ่มตัวอย่างปลารมควันมาประเมินผลคุณภาพด้านประสาทสัมผัส การทดสอบด้านเนื้อสัมผัส วัดความแข็งและความเปราะแตกบริเวณกลางชิ้น โดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT plus ความเร็วในการกด 1 mm/s กดจนกระทั่งแผ่นตัวอย่างผลิตภัณฑ์แตกออกจากกัน แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดใช้อ้างอิงเป็นค่าความแข็งของตัวอย่าง ส่วนระยะทางที่ตัวอย่างต้านแรงกดก่อนที่จะแตกหักใช้อ้างอิงเป็นค่าความเปราะแตก การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ Total plate count, ยีสต์ และรา ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 6, 2549) ทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาช่ารมควัน

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

Volume 13 Number 2 July – December 2016 209

จากการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคจำนวน 50 คน เป็นเพศหญิง 28 คน และเพศชาย 22 คน พบว่า ส่วนใหญ่ของเพศหญิง (68%) และเพศชาย (50%) มีรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 8,000 บาท และ 8,000 – 15,000 บาท ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่เลือกบริโภคผลิตภัณฑ์จากระชาตเป็นหลัก ส่วนเหตุผลรองลงมาได้แก่ ความนิยมในการบริโภค ช่วงเทศกาลสำคัญ และประโยชน์ต่อสุขภาพ ในด้านสถานที่จำหน่าย พบว่าเพศหญิง ซื้อผลิตภัณฑ์ที่ตลาดสดมากที่สุด (46%) ร้านขายของใกล้บ้าน งานเทศกาลอาหารหรือ OTOP (18%) ซูเปอร์มาร์เก็ต (11%) และผู้ผลิตโดยตรง (7%) ส่วนเพศชาย ซื้อที่ตลาดสดมากที่สุด (55%) งานเทศกาลอาหารหรือOTOP (18%) ผู้ผลิตโดยตรง (14%) ซูเปอร์มาร์เก็ต (9%) และร้านขายของใกล้บ้าน (4%) สำหรับปริมาณการซื้อแต่ละครั้ง พบว่าเพศหญิง ซื้อครั้งละ 250 – 500 กรัม มากที่สุด (68%) และ 500 – 1,000 กรัม (21%) ในขณะที่เพศชายซื้อครั้งละ น้อยกว่า 250 กรัม มากที่สุด (45%) และ 500 – 1,000 กรัม (32%) ในด้านลักษณะการบริโภค พบว่าเพศหญิง นิยมนำไปทอดมากที่สุด (72%) และปรุงรสพร้อมรับประทาน (14%) ส่วนเพศชายนำไปทอด (64%) ปรุงรสพร้อมรับประทานและเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร (18%) และในส่วนของความเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์ปลาช่ารมควัน พบว่าเพศหญิง และเพศชาย ตอบว่าบริโภคมากที่สุด (57 และ 64%) ไม่แน่ใจ (32 และ 27%) และไม่บริโภค (11 และ 9%) ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาช่ารมควัน

เตรียมผลิตภัณฑ์ตามสูตรทั้งหมด 6 สูตร ดังนี้
สูตรที่ 1: น้ำเกลือ 1% ระยะเวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง
สูตรที่ 2: น้ำเกลือ 1% ระยะเวลาอบแห้ง 7 ชั่วโมง
สูตรที่ 3: น้ำเกลือ 1% ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง
สูตรที่ 4: น้ำเกลือ 2% ระยะเวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง
สูตรที่ 5: น้ำเกลือ 2% ระยะเวลาอบแห้ง 7 ชั่วโมง
สูตรที่ 6: น้ำเกลือ 2% ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง

เมื่อทำการวัดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 6 สูตร (ตารางที่ 1) พบว่าค่า a_w ของทุกสูตรมีค่าระหว่าง 0.50 – 0.70 ตามที่กำหนดไว้ จึงนำสูตรทั้งหมด ไปทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปลาช่ารมควันพร้อมรับประทานต่อไป

ตารางที่ 1 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาช่ารมควันสูตรต่างๆ

ปริมาณ	ระยะเวลาอบแห้ง		
โซเดียม	5 ชั่วโมง	7 ชั่วโมง	9 ชั่วโมง
คลอไรด์			

วารสารเกษตรพระวรุณ

1%	0.68±0.01 ^a	0.63±0.02 ^b	0.62±0.03 ^b
2%	0.65±0.02 ^{ab}	0.63±0.01 ^b	0.58±0.02 ^c

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ยกกำลังที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3. ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบด้วย วิธี 9 -point hedonic scale ซึ่งใช้คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ 1-9 (1 = ความชอบน้อยที่สุด - 9 = ความชอบมากที่สุด) ในการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควัน ทั้ง 6 สูตร โดยผู้ทดสอบจากมหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 30 คน แสดงดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ได้คะแนนด้าน สี รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม มากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสูตร

4. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ภายหลังการนำผลิตภัณฑ์ตามสูตรที่ 2 ซึ่งมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด มาขยายขนาดการผลิตแล้วบรรจุที่สภาวะสุญญากาศ ในถุง PA/LDPE ความหนา 80 ไมครอน บรรจุถุงละ 100 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส ได้ทำการสุ่มตัวอย่างปลารมควันมาประเมินผลคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 9- point hedonic scale ของผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควันสูตรต่างๆ

สูตรที่	คุณลักษณะ				
	สี	รสชาติ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	5.60±0.65 ^c	5.70±0.72 ^e	6.20±0.78 ^c	5.80±0.82 ^c	5.70±0.95 ^e
2	8.12±1.39 ^a	7.36±1.22 ^a	8.12±1.39 ^a	8.32±1.25 ^a	8.44±1.14 ^a
3	5.9±0.85 ^b	6.10±0.83 ^c	4.85±0.95 ^e	4.70±0.83 ^e	4.90±0.83 ^f
4	5.0±1.25 ^e	6.00±1.05 ^d	6.50±1.12 ^b	5.20±1.24 ^d	6.60±1.32 ^d
5	5.7±0.75 ^c	5.80±0.93 ^e	6.50±0.85 ^b	6.80±0.95 ^b	6.90±0.99 ^c
6	5.20±	6.30±	6.0±	5.80±	7.60±

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559

Volume 13 Number 2 July - December 2016

0.96 ^d	1.13 ^b	1.01 ^d	1.35 ^c	1.27 ^b
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ยกกำลังที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ Total plate count, ยีสต์ และรา ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 6, 2549) ทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควัน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหาร เท่ากับ $8.58 \pm 1.23\%$ $45.16 \pm 2.11\%$ $8.21 \pm 1.03\%$ $17.72 \pm 0.77\%$ และ $1.73 \pm 0.16\%$ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ส่วนผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา 6 สัปดาห์ ได้แก ปริมาณ Total plate count, ยีสต์ และรา ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าความทึบ รวมทั้งค่าความแข็ง และความเปราะของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4-5

5. ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบ

จากการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคจำนวน 65 คน เป็นเพศหญิง 40 คน และเพศชาย 25 คน พบว่า ส่วน

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของปลาช่อดรมควันและผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควัน

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ปลาสด	ผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควัน
ความชื้น	47.68±0.69	8.58±1.23
โปรตีน	32.52±1.34	45.16±2.11
ไขมัน	8.49±0.46	8.21±1.03
เถ้า	12.32±0.36	17.72±0.77
ใยอาหาร	1.46±0.33	1.73±0.16

ตารางที่ 4 ปริมาณ Total plate count, ยีสต์ และราของผลิตภัณฑ์ปลาช่อดรมควันระหว่างการเก็บรักษา 0-6 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	Total plate count (CFU/g)	ยีสต์ (CFU/g)	รา (CFU/g)
0	8.9×10^2	ND	<10
2	9.1×10^2	ND	<10
4	9.2×10^2	ND	<10
6	1.4×10^3	ND	<10

วารสารเกษตรพระวรุณ

หมายเหตุ: ND = not detectable

ใหญ่ของเพศหญิง (47%) และเพศชาย (44%) มีรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 8,000 บาท และ 8,000 – 15,000 บาท ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่เลือกบริโภคผลิตภัณฑ์จากระบบเป็นหลัก ส่วนเหตุผลรองลงมาได้แก่ ความนิยมในการบริโภค ช่วงเทศกาลสำคัญ และประโยชน์ต่อสุขภาพ ในด้านสถานที่จำหน่าย พบว่าเพศหญิง ซื้อผลิตภัณฑ์ที่ตลาดสดมากที่สุด (40%) ซูเปอร์มาเก็ต (22%) ร้านขายของใกล้บ้าน (20%) งานเทศกาลอาหาร หรือ OTOP (13%) และผู้ผลิตโดยตรง (5%) ส่วนเพศชาย ซื้อที่ตลาดสดมากที่สุด (40%) ซูเปอร์มาเก็ต (22%) ร้านขายของใกล้บ้าน (20%) งานเทศกาลอาหารหรือ OTOP (13%) ผู้ผลิตโดยตรง (5%) และ สำหรับปริมาณการซื้อแต่ละครั้ง พบว่าเพศหญิงซื้อครั้งละ 500 – 1,000 กรัม มากที่สุด (50%) และเพศชายซื้อครั้งละ 250-500 กรัม มากที่สุด (60%) ในด้านลักษณะการบริโภค พบว่าเพศหญิง นิยมนำไปทอด มากที่สุด (64%) และ ปิ้งรสพร้อมรับประทาน (26%) ส่วนเพศชาย นำไปทอด (56%) ปิ้งรสพร้อมรับประทาน (28%) และในส่วนของความเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรวมควันทอดกรอบ พบว่า เพศหญิงและเพศชายตอบว่าบริโภคมากที่สุด (62 และ 68%) ไม่แน่ใจ (18 และ 24%) และไม่บริโภค (20 และ 8%) ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าความหืน ค่าความแข็ง (Hardness) และความเปราะ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ปลาชาวมควัน ระหว่างการเก็บรักษา 0-6 สัปดาห์

ค่าที่วัด	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
	0	2	4	6
ความชื้น (%)	8.58 ± 0.55 ^a	8.63 ± 0.35 ^a	8.00 ± 0.68 ^a	8.21 ± 0.49 ^a
a_w	0.65 ± 0.37 ^a	0.66 ± 0.43 ^a	0.63 ± 0.31 ^a	0.64 ± 0.46 ^a
ความหืน (mg MAD /1,000 g)	1.58 ± 0.25 ^b	2.01 ± 0.13 ^a	2.07 ± 0.31 ^a	2.20 ± 0.16 ^a
ความแข็ง (g force)	4990.10 ± 586.72 ^b	5316.90 ± 312.44 ^b	4869.34 ± 116.50 ^b	7365.18 ± 397.18 ^a
ความเปราะ (mm)	3.64 ± 0.49 ^b	3.64 ± 0.60 ^b	5.11 ± 0.88 ^a	5.47 ± 0.85 ^a

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ยกกำลังที่ต่างกัน ในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

Volume 13 Number 2 July – December 2016 211

6. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาแป้นรวมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน

เตรียมผลิตภัณฑ์ตามสูตรทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 น้ำเกลือ 1% ระยะเวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง

สูตรที่ 2 น้ำเกลือ 1% ระยะเวลาอบแห้ง 7 ชั่วโมง

สูตรที่ 3 น้ำเกลือ 2% ระยะเวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง

สูตรที่ 4 น้ำเกลือ 2% ระยะเวลาอบแห้ง 7 ชั่วโมง

7. ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรวมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่า สูตรที่ 4 ได้คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัส สูงสุด คือ 7.42 ± 0.94 , 7.36 ± 1.55 และ 8.00 ± 0.88 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนที่ได้แตกต่างจากสูตรที่ 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของสูตรที่ 4 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 8.36 ± 0.63 ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 6) จึงนำผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4 ไปศึกษาต่อไป

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาแป้นแก้วรวมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่			
	1	2	3	4
สี	6.64 ± 1.39 ^b	7.00 ± 1.24 ^{ab}	6.50 ± 1.45 ^b	7.42 ± 0.94 ^a
ลักษณะปรากฏ	6.57 ± 1.55	6.50 ± 1.29	6.29 ± 1.77	6.86 ± 1.03
รสชาติ	5.07 ± 2.02 ^c	6.64 ± 1.34 ^{ab}	6.07 ± 1.64 ^b	7.36 ± 1.55 ^a
เนื้อสัมผัส	4.21 ± 1.58 ^d	6.86 ± 1.41 ^b	5.71 ± 2.13 ^c	8.00 ± 0.88 ^a
ความชอบโดยรวม	5.43 ± 1.83 ^c	6.57 ± 1.28 ^b	6.14 ± 1.29 ^{bc}	8.36 ± 0.63 ^a

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ยกกำลังที่ต่างกัน ในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4 พบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ และไฟเบอร์ เท่ากับ $1.72 \pm 0.35\%$, $48.51 \pm 1.66\%$, $29.77 \pm 0.23\%$, $16.56 \pm 0.03\%$ และ $1.68 \pm 0.02\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

วารสารเกษตรพระวรุณ

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของปลาแป้นแก้วสดและผลิตภัณฑ์รมควัน

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ปลาสด	ปลารมควัน
ความชื้น	48.48 ± 2.18	1.72 ± 0.35
โปรตีน	32.36 ± 1.01	48.51 ± 1.66
ไขมัน	7.83 ± 1.40	29.77 ± 0.23
เถ้า	9.11 ± 0.34	16.56 ± 0.03
ใยอาหาร	1.02 ± 0.04	1.68 ± 0.02

8. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันพร้อมรับประทาน

ภายหลังการสุ่มตัวอย่างปลารมควันมาประเมินผลคุณลักษณะทางกายภาพ เช่น ค่าสี ค่า a_w ค่าความชื้น ค่าความแข็ง ค่าความเปราะรวมทั้งคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ Total plate count, ยีสต์ และรา ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 6, 2549) ทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลแสดงดังตารางที่ 8-10

ตารางที่ 8 ค่าสี L^* a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควัน ทอดกรอบพร้อมรับประทานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	L^*	a^*	b^*
0	43.52 ± 1.78 ^b	1.16 ± 0.35	13.77 ± 1.25
2	43.60 ± 0.06 ^b	1.84 ± 0.91	13.14 ± 2.55
4	43.68 ± 1.67 ^b	1.23 ± 0.34	14.51 ± 2.04
6	40.72 ± 0.02 ^a	1.39 ± 0.30	14.27 ± 2.86

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ยกกำลังที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย (Discussion)

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ปลาซาบแห้งรมควันทั้งหมด 6 สูตร ซึ่งกำหนดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ให้มีค่าระหว่าง 0.50 – 0.70 เพราะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่า

ตารางที่ 9 ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าความชื้น ค่าความแข็ง (Hardness) และความเปราะ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 6 สัปดาห์

ค่าที่วัด	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)
-----------	----------------------------

	0	2	4	6
ความชื้น (%)	1.72 ± 0.83 ^a	1.84 ± 0.98 ^a	1.88 ± 0.68 ^a	1.89 ± 0.84 ^a
a_w	0.59 ± 0.45 ^a	0.60 ± 0.65 ^a	0.61 ± 0.58 ^a	0.61 ± 0.54 ^a
ความหืน (mg MAD /1,000 g)	2.04 ± 0.11 ^b	2.04 ± 0.19 ^b	2.26 ± 0.15 ^{ab}	2.37 ± 0.17 ^a
ความแข็ง (g force)	2361.12 ± 257.58 ^b	2380.46 ± 53.55 ^b	2217.70 ± 85.47 ^b	2695.43 ± 136.66 ^a
ความเปราะ (mm)	2.27 ± 0.92 ^b	2.28 ± 0.09 ^b	6.87 ± 0.59 ^a	6.42 ± 1.94 ^a

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่ยกกำลังที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 ปริมาณ Total plate count, ยีสต์ และรา ของผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทานระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	Total plate count (CFU/g)	ยีสต์ (CFU/g)	รา (CFU/g)
0	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND
4	ND	ND	<10
6	ND	ND	<10

หมายเหตุ: ND = not detectable

เสีย ยีสต์และรา ไม่สามารถเจริญได้ เมื่อค่า a_w ต่ำกว่า 0.70 (นิธิยา, 2557) ปรากฏว่าทั้ง 6 สูตรนั้น มีค่า a_w อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ ซึ่งความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์และกลูโคสนั้นมีความสามารถทำให้ค่า a_w ลดลง เพราะเกลือโซเดียมคลอไรด์และกลูโคสจะแทรกซึมเข้าไปเพื่อจับกับกล้ามเนื้อปลา ขณะเดียวกันความชื้นภายในเนื้อปลาจะซึมผ่านออกมาภายนอก ทำให้เนื้อปลาเกิดการสูญเสียความชื้น (dehydration) ออกมาภายนอก เมื่อได้รับความร้อนจากการอบแห้งที่ช่วงเวลาต่างๆ ทำให้ความชื้นบริเวณผิวหน้าของเนื้อปลาระเหยไป จึงส่งผลให้ค่า a_w มีปริมาณลดลง Rizo *et al.* (2013) และ Bras and Rui (2010)

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* a^* b^* ของเนื้อปลา เพราะ การกระเจิงแสง (light scattering) และความโปร่งแสง (transparency) ของเนื้อปลาลดลง ซึ่งเกิดจากการสูญเสียความชื้น โดยค่า L^* และค่า a^* จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อเนื้อปลาที่มีความชื้นลดลง (Bra and Rui, 2010) ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้

คะแนนความชอบรวม สูตร 2 มากที่สุด เพราะ ผลิตภัณฑ์ปลาซาร์มควันนี้มีสีสวยงาม มีกลิ่นควัน รสชาติอร่อย มีรสเค็มเหมาะสม และเนื้อสัมผัสที่กรอบตรงกับความชอบของผู้ทดสอบ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์ปลาซาร์มควัน พบว่ามีปริมาณเถ้า เท่ากับ $17.72 \pm 0.77\%$ เพราะผลิตภัณฑ์ปลาซาร์มควันมีส่วนของกระดูกหลังอยู่ด้วย จึงทำให้มีแคลเซียมและฟอสฟอรัส รวมทั้งมีปริมาณใยอาหาร เท่ากับ $1.73 \pm 0.16\%$ นับว่าผลิตภัณฑ์นี้มีส่วนประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ในการเสริมปริมาณแคลเซียม ฟอสฟอรัสและใยอาหารได้

ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าความหืนมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา Lipid oxidation เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปลาซาร์มควันสัมผัสกับแสงจากภายนอก ทำให้ไขมันที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การวัดปริมาณmalondialdehyde (MAD) ที่เกิดขึ้น เพราะสาร MAD เป็นสารที่แสดงระดับของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากไขมัน Hwang *et al.* (2012) ดังนั้นการเพิ่มสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หรือการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการสัมผัสแสงได้ จะช่วยชะลอการเกิดภาวะหืน ซึ่งเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อพิจารณาความแข็งและค่าความเปราะ พบว่า ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการอบแห้งทำให้โปรตีนในเนื้อปลาเกิดการเสื่อมสภาพและการลดลงของ hydration ของโปรตีนในเนื้อปลา

ส่วนผลการวิเคราะห์ Total plate count ยีสต์ และรา นั้น พบว่าปริมาณ Total plate count มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 6 มีปริมาณเท่ากับ 1.4×10^3 CFU/g ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ ไม่เกิน 1.0×10^4 CFU/g (มผช.6, 2546) ทั้งนี้ในกระบวนการรมควัน ใช้ควันเย็นซึ่งมีสาร phenol และ carbonyl เป็นองค์ประกอบ สารphenol ในควันเย็นมีปริมาณระหว่าง 9.9-11.1 mg/ml ส่งผลให้ cytoplasmic membranes ของแบคทีเรียแตกและทำให้ intracellular fluids ที่อยู่ภายในไหลออกมา ส่วนสารประกอบ carbonyls มีอยู่ในควันเย็นประมาณ 2.6-4.6% จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ใน cytoplasm และ cytoplasmic membrane ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Lingbeck *et al.*, 2014)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน จำนวน 4 สูตร พบว่าสูตรที่ 4 ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด ซึ่งได้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าคุณลักษณะด้านอื่นๆ เท่ากับ 8.00 ± 0.88 และแตกต่างจากสูตรอื่นๆ

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะสูตรนี้ใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 7 ชั่วโมง และใช้น้ำเกลือ 2% ซึ่งทำให้ปลาแป้นแก้วที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณความชื้นต่ำ เมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีโดยในระหว่างการทอดนี้ความชื้นจะระเหยออกมาที่ผิวหน้าของเนื้อปลา ในขณะที่เดียวกันน้ำมันจะเข้าไปแทนที่ในเนื้อปลา ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ และ สามารถเคี้ยวได้หมดทั้งตัว (ลักขณา, 2556) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วฯ พบว่ามีปริมาณของไขมัน เท่ากับ $29.77 \pm 0.23\%$ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ปลาสดเค็มทอดกรอบ อุณหภูมิทอด 170 C, 15 นาที ซึ่งมีเท่ากับ 33.05% (วารุณี และคณะ, 2547) เพราะหลังจากทอดได้น้ำมันผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วฯ ไปอบด้วยลมร้อน อุณหภูมิ 85 C, 30 นาที เพื่อลดการดูดซึมน้ำมันในเนื้อปลา โดยความร้อนจะช่วยในการระเหยน้ำและลดปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วฯลดการอมน้ำมัน (วรพรรณ และคณะ, 2552) ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีการอมน้ำมันมากกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ทอดอาหารจะอยู่ระหว่าง 160-200 องศาเซลเซียส (นิธิยา และ ไพโรจน์, 2547) การศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าค่าความชื้น a_w และ MAD มีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะเกิดปฏิกิริยา Lipid oxidation เนื่องจากผลิตภัณฑ์ฯได้สัมผัสกับแสงระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้ค่าความแข็งและความเปราะมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ Total plate count และยีสต์ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตรวจไม่พบ Total plate count กับรา ส่วนยีสต์ ตรวจไม่พบในสัปดาห์ที่ 0 และ 2 สัปดาห์ที่ 4 และ 6 มีปริมาณ <10 CFU/g เพราะในขั้นตอนการทอดด้วยน้ำมันใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ด้วยความร้อนสูงระดับนี้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในปลาแป้นแก้วฯ จึงทำให้ปริมาณ Total plate count รา และยีสต์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 6, 2546)

เมื่อเปรียบเทียบกับราคาสินค้าปลารมควันอบแห้งที่มีรูปแบบคล้ายกัน เช่น ปลาซาร์มควัน ซึ่งราคาจำหน่าย 300 บาท/กิโลกรัม หรือปลาซาร์มควัน ราคาจำหน่าย 190 บาท/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ปลาซาร์มควันอบแห้งและผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทานสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้สูง มีโอกาสที่จะพัฒนาต่อยอดให้กับกลุ่มชาวประมงในกวิานพะเยา ประกอบเป็นอาชีพเสริมอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการสร้างรายได้เพิ่ม ทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิต เมื่อคุณภาพชีวิตดี

แล้ว จะก่อให้เกิดจิตสำนึกที่ดีในการทำประมง เกิดการทำประมงอย่างมีความรับผิดชอบต่อสังคมและยั่งยืนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริโภคเลือกผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากรสชาติมากที่สุด ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ปลาช่อนคั่ว สูตรที่ 2 ประกอบด้วย น้ำเกลือ 1% น้ำตาลทราย 0.5% อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด และผลิตภัณฑ์ปลาแป้นแก้วรมควันทอดกรอบพร้อมรับประทาน สูตรที่ 4 ประกอบด้วย น้ำเกลือ 2% น้ำตาลทราย 0.5% อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง แล้วนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด สามารถเก็บ

ในสภาวะสุญญากาศได้อย่างน้อย 6 สัปดาห์ โดยปริมาณ Total plate count ยีสต์ และรา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนการวิจัยโครงการวิจัยมุ่งเป้า กลุ่มเรื่องสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลง แผนงานวิจัย การบริหารจัดการทรัพยากรประมงในกัวนพะเยาเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์เชิงอนุรักษ์อย่างยั่งยืนในระยะที่ 2 ชื่อโครงการ การวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากปลาเบ็ดเตล็ดที่จับได้จากกัวนพะเยา

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2558. รายชื่อปลาไทย. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เข้าถึงจากออนไลน์ได้เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2558; <http://www.fisheries.go.th/if-udonthani/web2/index.php?option=com>
- คณาจารย์ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง. 2558. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐวุฒิ ฤทธิ และ กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์. 2556. ประสิทธิภาพเครื่องมือข่ายในก๊วนพะเยา. ปัญหาพิเศษ. สาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยพะเยา. (เอกสารยังไม่เผยแพร่)
- นงนุช รักสกุลไทย. 2538. กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นิธิยา รัตนพานนท์ และ ไพโรจน์ วิริยจรี. 2547. เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2557. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเคียนส์
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 6. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแห้ง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม
- ลักขณา พิทักษ์. 2556. การศึกษาการลดปริมาณน้ำมันในกล้วยทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศโดยการอบด้วยไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- วารุณี สุวรรณจงสถิต, จินตนา อุปติสสกุล, จิราวรรณ แยมประยูร และ กมลวรรณ แจ้งชัด. 2547. การปรับปรุงกรรมวิธีการทอดและอายุการเก็บรักษาของปลาสดเค็มทอดกรอบ. เรื่องเติมการประชุมการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. หน้า: 315-322.
- วรพรรณ บัญชาจารย์รัตน์, วรางคณา สมพงษ์ และ สมโภช พจนพิมล. 2552. การศึกษากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบ. เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. หน้า: 297-304
- วลัย หุตะโกวิท, บุษรา สร้อยระย้า, ชญาภัทร์ สุทธิมิตร, น้อมจิตต์ สุธิบุตร, นพพร สกุลยืนยงกุล, เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และ ธนภพ ไสตรโยม. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาน้ำจืดเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- Bras, A. and Costa, R. 2010. Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species. J of Food Eng. 100: 490-495.
- Erlandson, K. 1980. Home smoking and curing 2nded. Barrie & Jenkins, London.
- Hwang, C., Lin, C.M., Kung, H.F., Huang, Y.L., Hwang, D.F., Su, Y.C. and Tsai, Y.H. 2012. Effect of salt concentrations and drying methods on the quality and formation of histamine in dried milkfish (*Chanos chanos*). J. of Food Chem. 135: 839-844.
- Lingbeck, J.M., Cordero, P., Bryan, C.A.O., Johnson, M.G., Ricke, S.C. and Crandall, P.G. 2014. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. J. of Meat Science 97: 197-206.
- Piggott, G.M. and Tucker, B.W. 1990. Seafood: Effect of technology on nutrition. Marcel Dekker Inc. New York.
- Rizo, A., Fuentes, A., Fernandez-Segovia, Masot, I.R. and Alcaniz, M. 2013. Development of a new salmon salting-smoking method and process monitoring by impedance spectroscopy. LWT-Food Science and Tech. 51: 218-224.

แอปพลิเคชันสำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางด้านการเกษตร

อรรควุธ แก้วสีขาว* สิทธิโชค พรรคพิทักษ์ และกนกกลดา ท้าวไทยชนะ

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ มีการบูรณาการร่วมกับการพัฒนาอุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Smartphone) เพื่อระบุตำแหน่งบนโลก (Location Based Service) และบริการด้านตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์และกำหนดเส้นทาง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) พัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ต่างๆเกี่ยวกับการเกษตรบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (2) พัฒนาการแสดงผลแผนที่จากการบริการแผนที่ผ่านเครือข่าย เมื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่การเกษตร จากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านระบบเทคโนโลยีการทำงานสนามและการให้บริการข้อมูลด้านตำแหน่ง และการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ Android Studio ร่วมกับฐานข้อมูล SQLite และการเรียกใช้บริการจาก Google Maps API ในการแสดงผลบนสมาร์ทโฟน สามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ได้ 6 กลุ่ม ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานเกษตรกร, เพิ่มข้อมูล, ลบข้อมูล, ส่งออกข้อมูล, แสดงผลแผนที่ดิจิทัล, ผลจากการพัฒนาแอปพลิเคชันจะสามารถลดขั้นตอนในการจัดเก็บข้อมูลและลดปัญหาของข้อมูลสูญหายและนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงประหยัดเวลาและประหยัดงบประมาณในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : เทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แผนที่ดิจิทัล สมาร์ทโฟน

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

The Development Application for Spatial Information Agriculture on Android

Auckawut Kaewseekao^{*}, Sittichok Punpitak and Kanoklada Taothaichana

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

Abstract

Nowadays, Geospatial technologies are combined with development of smartphone device for speculated area led to Location Based Service such as geographic coordinate and route. Objectives of this research are (1) To develop applications for collecting the position of area on the agricultural on a mobile device working on android OS (2) To develop the display of maps from the mapping services through the network on the application. This research results found that the application development for spatial information Agriculture on Android from the onsite technological System reviews and location based service (LBS). This application used the android studio and SQLite. This application display on smartphone with Google Maps API with the application develop to have six groups: basic data and information for farmers, edit data, delete data, report data, data base and display Digital Map. The research results found that it is useful to reduce the steps of information location and solve the problems of the data lose. Additionally, it can use to manage the agricultural areas, Moreover, it helps to save time and budget to field away purposefully.

Keywords : Geospatial Technologies, Digital Map, Android OS, Smartphone

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

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มีการบูรณาการร่วมกันระหว่างการพัฒนาอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ เพื่อระบุตำแหน่งบนพื้นทำให้เกิดนวัตกรรม

Location Based Service (LBS) ซึ่งเป็นการให้บริการด้านตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และการกำหนดเส้นทาง โดยผ่านอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ (Manav, Anupam, 2013) เช่น โทรศัพท์มือถือ, แท็บเล็ต และยังส่งผลให้เกิดการทำงานทางด้านภูมิสารสนเทศ ในรูปแบบใหม่ที่ทำางผ่านทาง

อุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ โดยทำการรับ-ส่งข้อมูลการสื่อสารแบบไร้สาย เช่น การจัดเก็บค่าพิกัดของข้อมูลจากภาคสนาม โดยอาศัยระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม การจัดเก็บข้อมูลต่างๆ และแสดงผลผ่านทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ดังนั้นถ้ามีการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศที่สามารถปฏิบัติงานได้บนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ ส่งผลให้การทำงานในการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่การเกษตร จากเดิมที่ใช้แผนที่กระดาษเปลี่ยนมาเป็นแผนที่ในรูปแบบดิจิทัลที่มีขนาดกะทัดรัดในระบบการแสดงผล เนื่องจากในอดีตมีลักษณะการทำงานเป็นแบบการวาดพื้นที่การเกษตร รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลจะบันทึกลงในแผ่นกระดาษ ทำให้เกิดความล่าช้าและความผิดพลาดของข้อมูลเชิงตำแหน่งได้ง่าย เพราะการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางการเกษตรมีความสำคัญต่อหน่วยงานภาคการเกษตรเป็นอย่างมากเพื่อเน้นการทำงานภาคสนามในการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ และสามารถทำให้องค์กรหรือหน่วยงานทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่การเกษตรได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดการพัฒนาแผนที่ในรูปแบบดิจิทัลที่มีขนาดกะทัดรัดแสดงผลบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ ที่สามารถเก็บข้อมูลได้จริง บันทึกข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และมีความถูกต้องเชิงพื้นที่มากขึ้น ซึ่งการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่การเกษตรบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อแสดงผลบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ให้สะดวกและประหยัดเวลาในการเก็บข้อมูล และผลลัพธ์ที่ได้ส่งผลให้ข้อมูลมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นลดขั้นตอนในการทำงาน และเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ได้ง่ายขึ้นผ่านทางอุปกรณ์

ขอบเขตการศึกษา

1. ขอบเขตเนื้อหาที่จะศึกษา

1.1 พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางการเกษตรบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลภาคสนามในรูปแบบจุดเท่านั้น

1.2 พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางการเกษตรบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่โดยใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1.3 พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางการเกษตรที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่

ข่ายที่สามารถสนับสนุนการให้บริการข้อมูลแผนที่ในรูปแบบของแผนที่ในลักษณะ Web Map Service นอกเหนือจากแผนที่ Google Map

1.4 ข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบการทำงานของระบบสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่การเกษตรใน การทำโปรแกรมนี้นี้ได้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับภาคการเกษตร ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- พิกัดทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ (Lat ,Long)
- ชื่อ-สกุล
- ขนาดพื้นที่
- ชื่อหมู่บ้าน
- ชื่อตำบล
- ชื่ออำเภอ
- ชื่อจังหวัด
- ข้อมูลภาพถ่ายที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่การเกษตรกรรม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. Location Based Service

LBS หรือ Location Based Service การให้บริการทางด้านข้อมูลตำแหน่งหรือค่าพิกัดของตำแหน่งที่อยู่ ผ่านทางอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือ, PDA หรืออุปกรณ์อื่น รวมถึงข้อมูลต่างๆ ที่ผู้ใช้ร้องขอจากผู้ให้บริการ ในอดีตการให้บริการตำแหน่งที่อยู่นี้ ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะในการเชื่อมต่อกับดาวเทียม เช่น เครื่องรับสัญญาณ GPS เมื่อความนิยมในการให้บริการทางด้านข้อมูลตำแหน่ง และการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication) ทำให้เทคโนโลยีด้านตำแหน่งและการให้บริการข้อมูลตำแหน่ง ถูกนำมาใช้บนโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์พกพาต่างๆ (Peng, Tao, Qin, et al,2016)

2.2 ระบบเทคโนโลยีการทำงานภาคสนาม

ระบบเทคโนโลยีการทำงานสนาม (Onsite Technological System) เป็นการนำข้อมูลไปใช้ในภาคสนามซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากในการดำเนินการขององค์กร เพื่อการตรวจสอบ และปรับปรุงข้อมูล (Data Maintenance) ที่สำคัญอย่างยิ่ง คือการให้บริการลูกค้า (Customer Service) เมื่อต้องใช้ข้อมูลแผนที่ เนื่องจากแผนที่เป็นข้อมูลที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ การนำข้อมูลติดตัวไปในภาคสนามจึงเป็นภาระมากกว่า ทั้งในเรื่องของการจัดเตรียม และบางครั้งอาจจะมีเหตุให้ต้องใช้ข้อมูลที่ไม่ได้จัดเตรียมมา การใช้ระบบ Wireless Internet กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กอย่างเช่น PDA จะช่วยแก้ปัญหา

ดังกล่าวได้อย่างสิ้นเชิง เป็นการทำงานในลักษณะที่เรียกว่า Real Time Decision Support Data Delivery ระบบงานดังกล่าวมีชื่อว่า Onsite Technology ได้แก่ระบบการสื่อสารแบบไร้สาย, ระบบคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Handheld Computer Technology), ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (GIS Internet Technology) และระบบเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อสนับสนุนการทำงานแบบไร้สาย (ธราณิศ,2556)

2.3 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นระบบปฏิบัติการบนโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์พกพา ประเภท Open Source องค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในแอนดรอยด์ก็ล้วนแต่เป็น Open Source ทั้งสิ้น เช่น Linux Kernel, SQLite, WebKit ซึ่งทำให้แอนดรอยด์ ได้เปิดโอกาสให้นักพัฒนาสามารถทำการแก้ไข ปรับปรุงและเพิ่มเติมส่วนต่างๆภายในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์หรือพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ต่างๆได้ โดยที่ภาษาที่ใช้พัฒนา เนื่องจากแอนดรอยด์ นั้นมี Dalvik Virtual Machine ที่ใช้สำหรับการ run-time เป็นของตัวเอง ส่วนการควบคุมอุปกรณ์ (hardware) ต่างๆนั้นสามารถทำได้โดยผ่าน Java Libraries ที่ทาง Google ได้พัฒนาขึ้น ในการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้หรือ GUI (Graphic User Interface) นั้น จะ ใช้ ภาษา XML เพื่อสร้างองค์ประกอบต่างๆของ GUI โดยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่ทำงานแบบฝังตัวโดยใช้โครงสร้างเดียวกันกับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ซึ่งใช้ลินุกซ์เคอร์เนล (Linux Kernel) เป็นแกนหลักในการทำงาน และคุณสมบัติของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เนื่องจากการที่แอนดรอยด์ เป็น Open Source ส่งผลให้ มีความอิสระในการตั้งค่าการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้หรือนักพัฒนาโปรแกรมซึ่งตัวของแอนดรอยด์(Lantz, Theodoros,2013) ซึ่งสามารถสนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชันของโครงการวิจัยได้ เนื่องจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็น Open Source ในการพัฒนาจึงไม่มีค่าใช้จ่ายและลิขสิทธิ์สำหรับนักพัฒนาและมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง

สำหรับอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ หรือ สมาร์ทโฟนที่รองรับสำหรับแอปพลิเคชันนี้ สามารถใช้กับสมาร์ทโฟนที่รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ส่วนประสิทธิภาพในการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับสเปคของแต่ละเครื่อง การนำอุปกรณ์มาใช้งานสำหรับเจ้าหน้าที่ ควรเลือกสมาร์ทโฟนที่มีความสามารถในการทำงานของเครื่องในระดับปานกลางซึ่ง

ราคาอยู่ที่ไม่เกิน 10,000 บาท ก็สามารถใช้งานกับแอปพลิเคชันนี้ได้แล้ว

2.4 การให้บริการข้อมูลแผนที่ผ่านเครือข่าย (Internet Map Server) (อนุสรณ์,2551)

การให้บริการแผนที่ผ่านเครือข่ายเป็นการให้บริการข้อมูลแผนที่หรือข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ผ่านระบบเครือข่ายและอินเทอร์เน็ตโดยมีองค์กรกำหนดมาตรฐานที่ใช้ในการให้บริการข้อมูลแผนที่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตคือ OGC(Open Geospatial Consortium)

โดยงานวิจัยนี้มีมาตรฐานการให้บริการข้อมูลที่เลือกอยู่สองมาตรฐานคือ WMS (Web Map Service) และ WFS (Web Feature Service)

2.4.1 Web Map Service (WMS)

การให้บริการข้อมูลแผนที่ผ่านเครือข่ายที่ผลลัพธ์ของการร้องขอข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ภาพ(Image) พร้อมทั้งข้อมูลพิกัดแผนที่ซึ่งรองรับรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพต่างๆเช่น PNG, GIF, JPEG หรือข้อมูลเวกเตอร์ (Ming-Hsing,2004) ในรูปแบบของ SVG กระบวนการขั้นแรกที่จะต้องเกิดขึ้นก่อน จะเป็นการสอบถามไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ให้บริการข้อมูลว่ามีข้อมูลให้บริการบ้างและมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร ตลอดจนทำการกำหนดข้อตกลงต่างๆ ในการร้องขอข้อมูลระหว่างผู้ขอบริการและผู้ให้บริการ โดยผู้ใช้จะได้ผลลัพธ์จากการร้องขอในรูปแบบของเอกสาร XML ซึ่งจะบรรยายรายละเอียดต่างๆของข้อมูลให้บริการ

2.4.2 Web Feature Service (WFS)

การให้บริการในรูปแบบของข้อมูลเชิงคุณลักษณะทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบของข้อมูล Feature ที่สามารถเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลแผนที่ได้ โดยการสอบถามไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ให้บริการข้อมูลเวกเตอร์ว่ามีข้อมูลเวกเตอร์ใดให้บริการบ้างและมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร ตลอดจนทำการกำหนดข้อตกลงต่างๆ ในการร้องขอข้อมูลเวกเตอร์ระหว่างผู้ขอบริการและผู้ให้บริการ โดยผู้ใช้จะได้ผลลัพธ์จากการร้องขอในรูปแบบของเอกสาร XML สามารถที่จะเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลระหว่าง Server กับ ผู้ใช้บริการได้

การออกแบบและการพัฒนาแอปพลิเคชัน

3. การออกแบบระบบของแอปพลิเคชัน

3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของโปรแกรม

จากการศึกษา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและวิเคราะห์การพัฒนาแอปพลิเคชันดังนี้

3.1.1 สร้างเครื่องมือสำหรับการทำงานโดยเฉพาะ และอยู่ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับอุปกรณ์พกพา เคลื่อนที่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เข้ามาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการบริหารจัดการและจัดเก็บข้อมูล

3.1.2 การแสดงผลของชุดข้อมูลจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดพิกัดของพื้นที่ภาคการเกษตรกับแผนที่ดิจิทัลให้กับผู้ใช้งาน กล่าวคือจะสามารถทราบได้ว่าพิกัดตำแหน่งของพื้นที่ภาคการเกษตรว่าอยู่ส่วนไหนของแผนที่

3.1.3 โปรแกรมและโครงสร้างข้อมูลต้องเอื้ออำนวยให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปสร้างและจัดเก็บชุดข้อมูลภาคการเกษตรให้อยู่ในรูปแบบระบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศได้

3.2 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน

ระบบสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางด้านการเกษตรในส่วนของการออกแบบการทำงานโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลภาคสนามตลอดจนทำหน้าที่ในการสนับสนุนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม แอปพลิเคชันจะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS พร้อมทั้งระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Latitude, Longitude) บนพื้นหลักฐาน WGS 84 เนื่องจากค่าที่ได้ง่ายต่อการนำมาใช้งาน และเป็นมาตรฐานสากลเมื่อผู้ใช้ทำการบันทึกตำแหน่งพร้อมทั้งข้อมูลอื่นๆ แอปพลิเคชันทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางด้านการเกษตรนั้นจะมีส่วนประกอบที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

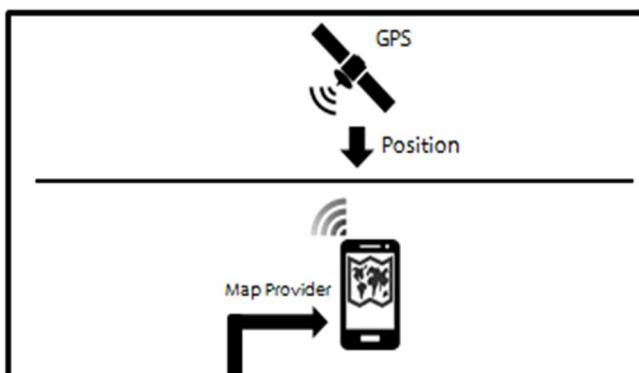
ฐานข้อมูลโปรแกรมสำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ทางด้านการเกษตร ใช้โปรแกรมบริหารจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ โปรแกรม SQLite เป็นฐานข้อมูลขนาดเล็กนิยมใช้ในการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Yong, Jie, Jianping and Suyan, 2009) รายละเอียดโครงสร้างข้อมูลตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดตารางข้อมูลเกี่ยวกับภาคการเกษตร

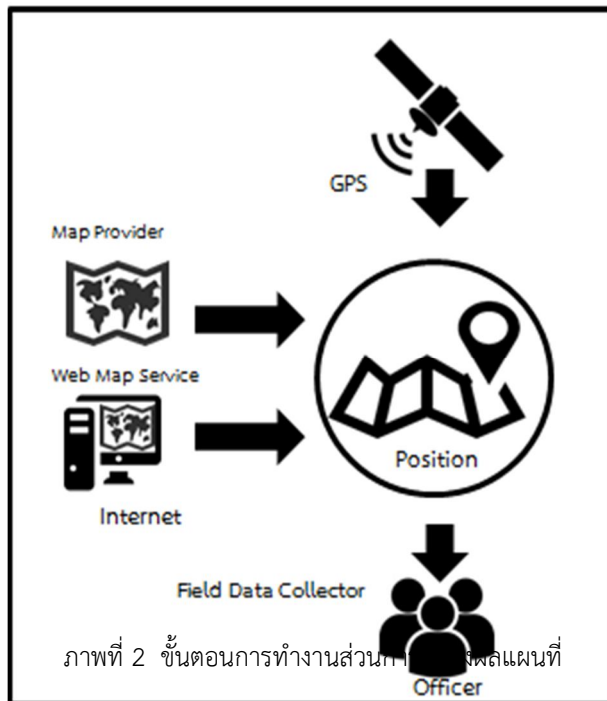
Field	Type	Remark
lat	Double	พิกัดละติจูด
long	Double	พิกัดลองจิจูด
name	Varchar	ชื่อ-สกุล เกษตรกร
Space	Varchar	ขนาดพื้นที่
num_village	Varchar	ชื่อหมู่บ้าน
h_number	Varchar	บ้านเลขที่
moo	Varchar	หมู่ที่
tambon	Varchar	ตำบล
aumphur	Varchar	อำเภอ
province	Varchar	จังหวัด

3.4 การออกแบบการและพัฒนาระบบการแสดงผลแผนที่

วารสารเกษตรพระวรุณ



เป็นการออกแบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลแผนที่ผ่านทางหน้าจอบนอุปกรณ์จากผู้ให้บริการแผนที่และสามารถซ้อนทับกับแผนที่จากบริการแผนที่ผ่านเครือข่ายที่ผู้เก็บข้อมูลภาคสนามร้องขอ พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้เก็บข้อมูลลงบนแผนที่โดยสามารถแสดงขั้นตอนการทำงานเบื้องต้นดังภาพที่ 2



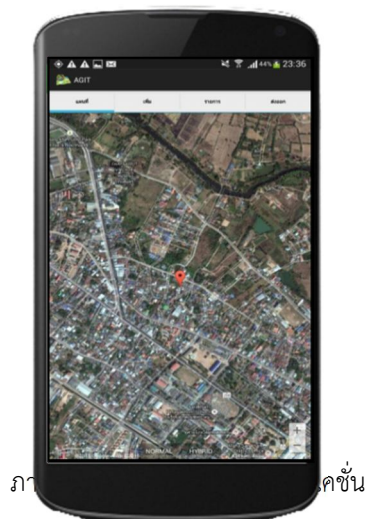
การทำงานในส่วนของการแสดงผลแผนที่ มีลักษณะของการทำงานเพื่อแสดงผลแผนที่ของผู้ให้บริการจากผู้ให้บริการสากล จากภาพที่ 2 สามารถแบ่งการออกแบบและพัฒนาเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนการแสดงผลแผนที่จากผู้ให้บริการแผนที่, ส่วนการแสดงผลแผนที่จากบริการแผนที่ผ่านเครือข่ายและส่วนการระบุตำแหน่งบนแผนที่โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาดังต่อไปนี้

3.4.1 การพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในส่วนของการแสดงผลแผนที่จะเป็นส่วนเมนูหลักของโปรแกรมประยุกต์โดยทำการพัฒนาอยู่ในแฟ้มเอกสาร main.xml ที่เก็บรวบรวมคำสั่งภาษา XML ที่ใช้ในการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ โดยแฟ้มเอกสาร main.xml ถือเป็นหน้าต่างการทำงานหลักของส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรมประยุกต์กล่าวคือส่วนการแสดงผลแผนที่ผ่านทางหน้าจอของอุปกรณ์เป็นหน้าต่างหลักที่เชื่อมโยงกับการทำงานส่วนอื่น ซึ่งสามารถแสดงผลคำสั่งของแฟ้มเอกสาร main.xml ในรูปแบบของ Graphic Layout ได้ดังภาพที่ 3

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

Volume 13 Number 2 July – December 2016 298



3.4.2. การพัฒนาส่วนแสดงผลแผนที่

แผนที่จาก Google นั้นเป็น Application Program Interface หรือ API ของบริษัท Google Inc. ที่จัดเตรียมให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถเรียกใช้งานเพื่อทำการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของการพัฒนาระบบแผนที่บนอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา คือการขออนุญาตใช้งานส่วนการแสดงผลแผนที่จาก Google Map API การขออนุญาตใช้งานส่วนการแสดงผลแผนที่ Google

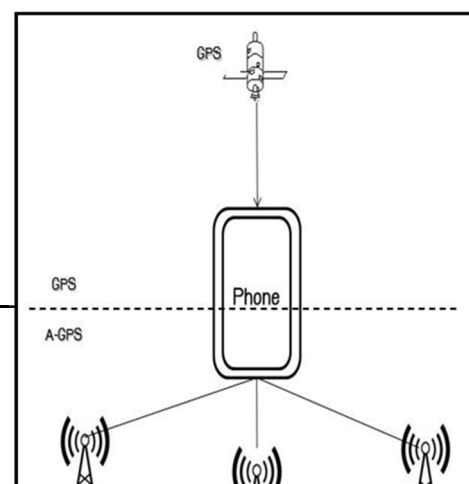
เนื่องจากการเรียกใช้งานแผนที่จาก Google จะต้องมีการเรียกข้อมูลแผนที่ผ่านอินเทอร์เน็ตจะต้องทำการขออนุญาตให้โปรแกรมประยุกต์สามารถเรียกใช้งานอินเทอร์เน็ตได้

งานวิจัยนี้มีการใช้งานชั้นข้อมูลแผนที่ ที่ Google Map API มีให้บริการซึ่งประกอบไปด้วยชั้นข้อมูลแผนที่จำนวนทั้งหมด 3 ชั้นข้อมูลคือ

- 1) ชั้นข้อมูลแผนที่ถนน Google Street
- 2) ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม Google
- 3) ชั้นข้อมูลแผนที่สภาพการจราจร Google Traffic

3.4.3. การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งบนแผนที่

การระบุตำแหน่งของอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ตโฟน ค่าพิกัดที่ได้จากวิธีการระบุตำแหน่งมีอยู่ 2 วิธีการคือ การระบุตำแหน่งจากเสาสัญญาณโทรศัพท์มือถือ (A-GPS) และการระบุตำแหน่งค่าพิกัดจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วิธีการกำหนดตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือ

ค่าพิกัดที่ได้รับจากวิธีการกำหนดตำแหน่งจะเกิดขึ้น 2 กรณี คือ

- 1) กรณีที่ 1 ค่าพิกัดจะได้จาก GPS ในกรณีที่ผู้ใช้เปิดเครื่องรับสัญญาณจากอินเทอร์เน็ต
- 2) กรณีที่ 2 ถ้าผู้ใช้ไม่ได้ทำการเปิดเครื่องรับสัญญาณ GPS แต่เปิดสัญญาณอินเทอร์เน็ตการแสดงผลตำแหน่งของอุปกรณ์ร่วมกับแผนที่จะต้องทำการขออนุญาตใช้งานระบบการกำหนดตำแหน่งจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ผลการศึกษา

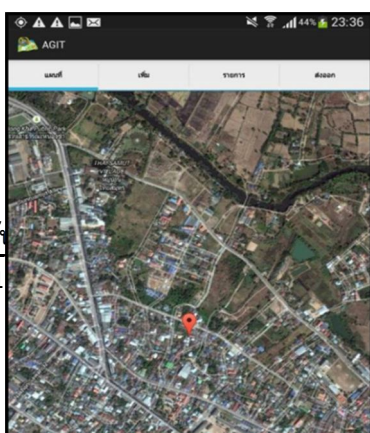
1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่การเกษตรบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้มีการสร้างหน้าจอการใช้งานขึ้นมาทั้งหมดสี่เมนูประกอบไปด้วยเมนูแผนที่ เมนูเพิ่มข้อมูล เมนูรายงานข้อมูล และเมนูส่งออกข้อมูล และมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- รองรับการแสดงผลข้อมูลแผนที่จาก Google
- บันทึกข้อมูลตำแหน่งจากแผนที่
- บันทึกข้อมูลรายละเอียดตามฟอร์มที่กำหนด
- สามารถบันทึกข้อมูลภาพถ่ายต่อข้อมูล 1 ตำแหน่ง
- สามารถแก้ไขและลบข้อมูลที่เลือกได้

1.1 หน้าจอแสดงแผนที่

เป็นหน้าที่จะทำให้สามารถทราบได้ว่าพื้นที่การเกษตรอยู่ส่วนใดของแผนที่ โดยแผนที่ได้มาจากการให้บริการแผนที่ของ Google สามารถกำหนดตำแหน่ง ในรูปแบบค่าพิกัดได้จากระบบรับสัญญาณ GPS ในอุปกรณ์สมาร์ทโฟน จึงทำให้ได้ตำแหน่งของพื้นที่นั้นๆ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงแผนที่

1.2 หน้าจอบันทึกข้อมูล

หน้าจอบันทึกข้อมูล สามารถเพิ่มจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล งานวิจัยนี้ได้ทดสอบการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่โดยเจ้าหน้าที่การเกษตร โดยขั้นตอนการทำงานให้เลือกที่เมนูเพิ่ม”หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่างให้ผู้จัดเก็บทำการบันทึกข้อมูล ดังภาพที่ 6 เป็นการสุ่มลงพื้นที่เก็บบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่การเกษตร ของเจ้าหน้าที่การเกษตร ของเกษตรกรอำเภอกันทรวิชัย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์

เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงในเชิงกายภาพของพื้นที่การเกษตรกรรมในพื้นที่ต่าง ๆ ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกนี้จะแสดงในรูปแบบของจุด (Point) บนแผนที่ดิจิทัลเท่านั้น และการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ วางแผน และบริหารจัดการพื้นที่การเกษตรกรรม ได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

แผนที่	เพิ่ม	รายการ	ส่งออก
ละติจูด	16.3241001		
ลองจิจูด	103.2001562		
ชื่อ-สกุล	นายเหวียน ทองสุข		
ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่)	20		
ชื่อหมู่บ้าน	บ้านโคกพระ		
บ้านเลขที่	94		
หมู่ที่	1		
ตำบล	โคกพระ		
อำเภอ	กันทรวิชัย		
จังหวัด	มหาสารคาม		
เพิ่มข้อมูล			

1.3 แสดงหน้าจอรายงานผล

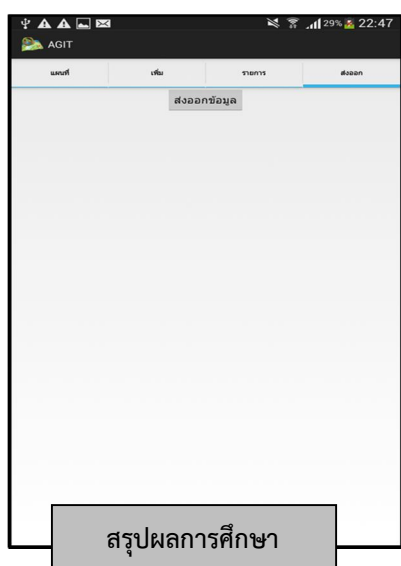
แสดงหน้าจอรายงานผล จะแสดงผลรายการข้อมูลการเกษตรที่เจ้าหน้าที่ได้สุ่มลงพื้นที่เก็บข้อมูลทั้งหมด ดังภาพที่ 7 การเก็บข้อมูลของแอปพลิเคชันนั้นขึ้นอยู่กับขนาดความจุของอุปกรณ์แต่ละเครื่องด้วยเมื่อข้อมูลเต็มความจุเครื่อง จะไม่สามารถบันทึกข้อมูลต่อได้เจ้าหน้าที่ต้องนำข้อมูลออกจากเครื่องก่อนถึงจะบันทึกต่อได้



เลขที่	ชื่อ	รายการ	ข้อมูล
ละติจูด : 16.4564152	ลองจิจูด : 103.5442082	ชื่อ-สกุล : คำรง อุจอม	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 30
ละติจูด : 16.4957296	ลองจิจูด : 103.4644151	ชื่อ-สกุล : ทองคำ พลดี	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 10
ละติจูด : 16.5091131	ลองจิจูด : 103.5216961	ชื่อ-สกุล : สมัย ทองศรี	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 20
ละติจูด : 16.1931456	ลองจิจูด : 103.2971917	ชื่อ-สกุล : พนมศิลา ลามูล	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 22
ละติจูด : 16.4957296	ลองจิจูด : 103.4644151	ชื่อ-สกุล : นางทองสา แสงพันธ์	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 15
ละติจูด : 15.2111087	ลองจิจูด : 102.6122305	ชื่อ-สกุล : นายพิยศ หงษ์จำนง	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 20
ละติจูด : 15.0012452	ลองจิจูด : 102.2130052	ชื่อ-สกุล : นายสะอาด ศรีรินทร์	ขนาดพื้นที่แปลง (ไร่) : 32

1.4 แสดงหน้าจอส่งออกข้อมูล

แสดงหน้าจอส่งออกข้อมูล จะแสดงการส่งออกของข้อมูล โดยข้อมูลที่ถูกระบุจะถูกเก็บไว้ในตัวเครื่อง และส่งออกข้อมูลแบบไร้สายเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลออนไลน์ ดังภาพที่ 8



งานวิจัยนี้สามารถใช้งานในการเก็บข้อมูลได้จริง แอปพลิเคชันสามารถบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่การเกษตร โดยเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูลพื้นฐาน พิกัดตำแหน่ง (Latitude, Longitude) ภาพถ่ายของพื้นที่ และสามารถแก้ไขข้อมูลเมื่อเกิดความผิดพลาดได้อย่างง่าย และรวดเร็ว มีความถูกต้องทางด้านตำแหน่งเชิงพื้นที่มากขึ้นเนื่องจากได้ใช้เทคโนโลยี Location Based Service (LBS) ซึ่งเป็นการให้บริการด้านตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ ช่วยลดขั้นตอนในการจัดเก็บข้อมูล และยังสามารถลดปัญหาการสูญหายหรือสูญหายของข้อมูลสำหรับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร เจ้าหน้าที่ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลได้ตลอดเวลา และสามารถดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ คุกกี้ขณะทางกายภาพของพื้นที่ แอปพลิเคชันช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน ประหยัดเวลา และประหยัดงบประมาณในการลงพื้นที่เพื่อจัดเก็บข้อมูลจำนวนมาก และเจ้าหน้าที่หน่วยงานเกษตรสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการตัดสินใจในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อหน่วยงานและเกษตรกรมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันครั้งต่อไป ควรต้องพัฒนาระบบบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Web-based GIS) เพื่อทำการรองรับข้อมูลที่เกิดขึ้นจำนวนมากจากแอปพลิเคชัน โดยการพัฒนาเว็บไซต์ที่รองรับข้อมูลจากแอปพลิเคชันโดยนำข้อมูลส่งผ่านเทคโนโลยีแบบไร้สายมาเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นในเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นก็นำข้อมูลที่ได้นำมาแสดงผลร่วมกับแผนที่ที่ดิจิทัลโดยใช้บริการของแผนที่ Google map เป็นชั้นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบนี้จะแสดงบนคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต ทุกระบบปฏิบัติการเพื่อให้ง่ายต่อการแสดงผลข้อมูลแก่เจ้าหน้าที่ เกษตรกร บุคคลอื่นๆ ที่สนใจ รวมถึงให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ธราณิศ ประเสริฐศรี.การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิออนไลน์สนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม ด้วยเทคโนโลยี
เว็บเซอร์วิสและแอนดรอยด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชา ระบบสารสนเทศภูมิทาง
วิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2556.

อนุสรณ์ สวัสดิ์. การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยคอมพิวเตอร์พกพา. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหาร
สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2551.

Lantzios Theodoros, Koykoyris George and Salampasis Michail. (2013). FarmManager: An Android
Application for the Management of Small Farms. Procedia Technology, 8, 587-592.

Manav Singhal, Anupam Shukla. (2012).Implementation of Location based Services in Android
using GPS and Web Services. IJCSI International Journal of Computer Science, 2, 237-242

Ming-Hsiang Tsou. (2004). Integrated Mobile GIS and Wireless Internet Map Servers for Environment
Monitoring and Management. Cartography and Geographic Information Science, 31, 153-
165.

Peng, Tao, Qin Liu, Dacheng Meng, and Guojun Wang. (2016). Collaborative trajectory privacy
preserving scheme in location-based services. Information Sciences.

Yongbin Yan, Jia Yu, Jianping Wu, and Suyan Ma. (2009).Design and Implementation of A Mobile GIS
for Field Data Collection. World Congress on Computer Science and Information
Engineering, 233-241.

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย

อัคร จิตจักร*, สุอารีย์ นครพันธุ์, พนิดา บุระคำ และ อรอนงค์ บุตรศรีจันทร์

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย (2) เพื่อรวบรวมข้อมูลพันธุ์ข้าวต่างๆ ในประเทศไทย และ (3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย โดยการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการ Windows 7 เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ภาษา PHP, Ajax, Java Script, HTML การสร้างระบบฐานข้อมูลใช้ภาษา SQL การประเมินประสิทธิภาพของระบบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจากผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญ โดยวิธีการทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) ผลการศึกษาพบว่า ด้านการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ได้คะแนนเฉลี่ยที่ 4.11 จาก 5 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.69 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ : ระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย ระบบปฏิบัติการ Window 7 การทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing)

*ผู้เขียนให้ติดต่อ : E-mail : udonpong123@hotmail.com

The Development Information Rice Thailand System

Udon Jitjuk* , Suaree Nakornpan , Panida Burakham and Aonanong Butrsichan

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

Abstract

The objectives' research were (1) to develop the thai rice database system, (2) to collect the thai rice seeds in Thailand, and (3) to evaluate the efficiency of thai rice database system. By the system development on Windows 7. The Programing languages were PHP, Ajax, Java Script and HTML. Using SQL language was developed to build the database system. The efficiency of database system was evaluated by users and the experts using Black Box Testing. The results found that the efficiency of system testing is 4.11 ± 0.69 . It means that the developed system is good level.

Keywords : Database Rice Thailand, Operating Systems Windows 7 and Black Box Testing

* Corresponding author : E-mail : udonpong123@hotmail.com

บทนำ

ข้าวไทย เป็นพืชอาหารประจำชาติที่มีประวัติศาสตร์มายาวนานปรากฏเป็นร่องรอยพร้อมกับอารยธรรมไทยมาไม่น้อยกว่า 5,500 ปี ซึ่งมีหลักฐานจากเมล็ดข้าวที่เป็น

ส่วนผสมของดินที่ใช้ปั้นเครื่องปั้นดินเผาที่บ้านเชียง อำเภอโนนนกทา ตำบลบ้านโคก อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่นได้ว่าเป็นเมล็ดข้าวที่เก่าแก่ที่สุดของไทย รวมทั้งยังพบหลักฐานเมล็ดข้าวที่ขุดพบที่ถ้ำปุงฮอง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเมล็ดข้าวที่พบนี้มีลักษณะของข้าวเหนียวเมล็ดใหญ่ที่เจริญงอกงาม

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 มิถุนายน – ธันวาคม 2559

วารสารเกษตรพระวรุณ 2

Volume 13 Number 2 JUNE – DESEMBER 2016

ในที่สูง ปัจจุบันการปลูกข้าวในประเทศไทย ข้าวเมล็ดป้อม พบมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวเมล็ด ยาว พบมากในภาคกลางและภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกข้าว คิดเป็น 45% ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ส่วนใหญ่ปลูกข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวคุณภาพดีที่สุดในโลก ข้าวที่ปลูกในพื้นที่แถบนี้จึงมักปลูกไว้เพื่อขาย รองลงมาคือ ภาคกลาง และภาคเหนือ พื้นที่เพาะปลูกเท่ากัน ประมาณ 25% ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวที่ผลิตออกสู่ ตลาดโลกมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางของการศึกษาวิจัยพันธุ์ ข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของผู้สร้างตำนานแห่งอารย ธรรมัญญาหารของมนุษยชาติ (กรมการข้าว, 2553)

พันธุ์ข้าว เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอันดับแรกใน การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว โดยไม่ต้องเพิ่มต้นทุนการ ผลิต ถ้าหากมีพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพ ตรงกับ ความต้องการของตลาด มีความต้านทานต่อโรคแมลง และมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่น จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าว และลดต้นทุนการผลิตข้าว ได้เป็นอย่างดี การจำแนกข้าวพันธุ์ข้าวที่นำมาปลูกเพื่อ บริโภคนั้นมีลักษณะแตกต่างกันไปมากมายตามความต้องการ ของผู้บริโภค ลักษณะพื้นที่และสภาพแวดล้อมข้าวในประเทศไทยสามารถถูกจำแนกได้ ดังนี้

การจำแนกพันธุ์ข้าวตามระบบนิเวศหรือสภาพ แวดล้อมที่ข้าวเจริญเติบโต แบ่งเป็น ข้าวนาชลประทาน หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง มีการทำนาเพื่อกัก เก็บน้ำและมีการให้น้ำโดยระบบชลประทานซึ่งรักษาระดับน้ำ ไว้ 5-15 เซนติเมตรตลอดฤดูปลูก ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 ปทุมธานี 2 และสุพรรณบุรี 60 ข้าวหน้าน้ำฝน หมายถึง ข้าว ซึ่งปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำโดย อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติตลอดฤดูปลูก ระดับน้ำโดยทั่วไปไม่ เกิน 50 เซนติเมตร แต่บางครั้งน้ำในนาอาจจะแห้งหรือมี ระดับน้ำสูงกว่านี้ขึ้นกับปริมาณของน้ำฝน ได้แก่ ข้าวขาวดอก มะลิ 105 เจริญพัทธง เล็บนกปัตตานี ข้าวทนนน้ำลึก และข้าว ขึ้นน้ำ ข้าวทนนน้ำลึก หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในแหล่งที่มีระดับ น้ำสูงไม่เกิน 1 เมตร และเมื่อระดับน้ำสูงเกิน 1 เมตร ต้นข้าว จะมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วหน่น้ำได้ทันในระยะ 1-3 เดือนแรก ทำให้ต้นข้าวมีการยืดยาวตามระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ พันธุ์ ปราจีนบุรี 2 ปิ่นแก้ว 56 เล็บมีอนาง 111 ข้าวไร่ เป็นข้าวที่ปลูกในสภาพที่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติในพื้นที่ สภาพไร่หรือที่ดอน ซึ่งไม่มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ ไม่มี น้ำขังบนผิวดิน ปลูกโดยวิธีหยอดหรือโรยเมล็ดแห้งลงในดิน โดยตรง ได้แก่ พันธุ์ข้าวโป่งไคร้ เจ้าฮ่อ น้ำรู้ ลิขอสันป่าตอง

ซึ่งปลูกทางภาคเหนือ และพันธุ์ภูมิ้องหลวงสำหรับปลูกทาง ภาคใต้

การจำแนกพันธุ์ข้าวตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง แบ่งเป็น พันธุ์ข้าวไวต่อความยาวของช่วงแสง โดยปกติข้าว เป็นพืชวันสั้น ซึ่งต้องการสภาพช่วงวันหรือช่วงแสงสั้น ในขณะที่มีการเจริญเติบโตในระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการ กระตุ้นให้มีการสร้างและออกดอกหรือรวงข้าว ซึ่งมีวันออก ดอกที่ค่อนข้างแน่นอนทุกปี แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

- ข้าวเบา (early maturing rice) ออกดอกในช่วงปลาย เดือน กันยายนถึงราววันที่ 20 ตุลาคม

- ข้าวกลาง (medium maturing rice) ออกดอกประมาณ วันที่ 20 ตุลาคม ถึง 31 ตุลาคม

- ข้าวหนัก (late maturing rice) ส่วนใหญ่ออกดอกเดือน พฤศจิกายน บางพันธุ์ออกดอกเดือนธันวาคมหรือมกราคม พันธุ์ข้าวไวต่อความยาวของช่วงแสง เป็นข้าวที่มีการออก ดอกตามอายุ ซึ่งนับเป็นจำนวนวันตั้งแต่วันตกกล้าถึงวันออก รวงและจะเก็บเกี่ยวได้ภายหลังจากออกรวงประมาณ 30 วัน ซึ่งมักมีอายุตั้งแต่ 90-140 วัน

การจำแนกพันธุ์ข้าวตามชนิดของแบ่งในเนื้อเมล็ด แบ่งเป็น ข้าวเหนียว ประกอบด้วย แบ่งอะไมโลเพคติน เป็น ส่วนใหญ่ มีแบ่งอะไมโลส น้อยหรือไม่มีเลย เมื่อเป็นข้าวสาร มีสีขุ่น เมื่อหุงแล้วได้เมล็ดข้าวสุกที่จับตัวกันเหนียวและมี ลักษณะใส ได้แก่ พันธุ์สันป่าตอง 1 เขียวงู สกลนคร หางหยี 71 กข2 กข4 กข6 กข8 ข้าวเจ้า มีแบ่งอะไมโลสอยู่ 7-33 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นอะไมโลเพคติน เมื่อเป็นข้าวสารมี ลักษณะใส เมื่อหุงสุกแล้วมีสีขาวขุ่น เมล็ดร่วนไม่ติดกัน ได้แก่ พันธุ์ กข1 กข2 กข15 ปทุมธานี 1 ขาวดอกมะลิ 105

เนื่องจากปัจจุบันพันธุ์ข้าวไทยมีหลากหลายชนิดซึ่งยัง ไม่มีการรวบรวมข้อมูลไว้อย่างจริงจัง ทั้งพันธุ์ข้าวบางชนิด เริ่มมีการสูญหายไป การทำนาข้าวก็เปลี่ยนวัตถุประสงค์ไป จากเดิมจากการยังชีพเป็นการค้าขายมากขึ้น การจัดทำ ระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูล และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาข้อมูล ในงานวิจัยเรื่อง พันธุ์ข้าวไทยผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าว ไทย ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากโปรแกรมที่ พัฒนาจะช่วยให้ง่ายต่อการค้นหาข้อมูล และพัฒนาระบบ ฐานข้อมูลสารสนเทศบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็น เครื่องมือในการติดตาม วางแผน วิเคราะห์ สังเคราะห์ และ ประเมินผลข้อมูลให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ง่ายต่อการเข้าถึง ข้อมูลของผู้เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานราชการ หรือ เอกชน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อพัฒนา ระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย เพื่อรวบรวมข้อมูลพันธุ์ข้าว

ต่างๆ ในประเทศไทย และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก CPU core™ i3-2130 @ 3.40 GHz RAM 4 GB Harddisk 500 GB

ซอฟต์แวร์ (Software)

- โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบ AppServ2.5.10, MySQL, jQuery, Adobe Dreamweaver CS5, EditPlus 3, Microsoft Visio 2010

- ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบ PHP, Ajax, Java Script, HTML, CSS

การพัฒนาระบบใช้กระบวนการ SDLC

เป็นวงจรที่แสดงถึงกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นลำดับขั้นตอนในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย 7 ระยะ ดังนี้ การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การนำระบบไปใช้ และการบำรุงรักษา

การกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตของปัญหา สาเหตุของปัญหาจากการดำเนินงานในปัจจุบัน ความเป็นไปได้กับการสร้างระบบใหม่ การกำหนดความต้องการระหว่างนักวิเคราะห์ระบบกับผู้ใช้งาน โดยข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสัมภาษณ์ การรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินงานต่างๆ เพื่อทำการสรุปเป็นข้อกำหนดที่ชัดเจน ในขั้นตอนนี้หากเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ อาจเรียกขั้นตอนนี้ว่า ขั้นตอนของการศึกษาความเป็นไปได้ สรุปขั้นตอนของระยะการกำหนดปัญหารับรู้สภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น ค้นหาต้นเหตุของปัญหา รวบรวมปัญหาของระบบงานเดิมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการพัฒนาระบบ จัดเตรียมทีมงาน และกำหนดเวลาในการทำโครงการ ลงมือดำเนินการ

การวิเคราะห์ เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์การดำเนินงานของระบบปัจจุบัน โดยการนำข้อกำหนดความต้องการที่ได้มาจากขั้นตอนแรกมาวิเคราะห์ในรายละเอียดเพื่อการพัฒนาเป็นแบบจำลองตรรกะ ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล คำอธิบายการประมวลผลข้อมูล และแบบจำลองข้อมูล ในรูปแบบของ ER-Diagram ทำให้ทราบถึงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานในระบบว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความเกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์กับสิ่งใดสรุปขั้นตอนของระยะการวิเคราะห์ วิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน การกำหนดความต้องการ หรือเป้าหมาย

ของระบบใหม่ วิเคราะห์ความต้องการเพื่อสรุปเป็นข้อกำหนดสร้างแผนภาพ DFD และแผนภาพภาพ E-R

การออกแบบ เป็นขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ของตรรกะมาทำการออกแบบระบบ โดยการออกแบบจะเริ่มจากส่วนของอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่างๆ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาพัฒนาการออกแบบจำลองข้อมูล การออกแบบรายงาน และการออกแบบจอภาพ ในส่วนติดต่อประสานงานกับผู้ใช้ การจัดทำพจนานุกรม ข้อมูลสรุปขั้นตอนของระยะการออกแบบพิจารณาแนวทางในการพัฒนาระบบ ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบออกแบบรายงานออกแบบหน้าจออินพุตข้อมูล ออกแบบผังงานระบบออกแบบฐานข้อมูล การสร้างต้นแบบ การออกแบบโปรแกรม

การพัฒนา เป็นขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมด้วยการสร้างชุดคำสั่งหรือเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างระบบงาน โดยโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับเทคโนโลยีใช้งานอยู่ ซึ่งในปัจจุบันภาษาระดับสูงได้มีการพัฒนาในรูปแบบของ 4GL ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกต่อการพัฒนา รวมทั้งการมีวิศวกรรมซอฟต์แวร์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยต่างๆ มากมายให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม สรุปขั้นตอนของระยะการพัฒนาดังนี้ พัฒนาโปรแกรม เลือกภาษาโปรแกรมที่เหมาะสม สามารถนำเครื่องมือมาช่วยพัฒนาโปรแกรมได้ สร้างเอกสารประกอบโปรแกรม

การทดสอบระบบ เป็นขั้นตอนของการทดสอบระบบก่อนที่จะนำไปปฏิบัติการใช้งานจริง ทีมงานจะทำการทดสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อน ด้วยการสร้างข้อมูลจำลองเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะย้อนกลับไปในขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมใหม่ โดยการทดสอบระบบนี้ จะมีการตรวจสอบอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ การตรวจสอบรูปแบบภาษาเขียน และการตรวจสอบวัตถุประสงค์งานตรงกับความต้องการหรือไม่ สรุปขั้นตอนของระยะการพัฒนาดังนี้ ทดสอบไวยากรณ์ภาษาคอมพิวเตอร์ทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ ทดสอบว่าระบบที่พัฒนาตรงตามความต้องการของผู้ใช้หรือไม่ สร้างเอกสารประกอบโปรแกรม

การนำระบบไปใช้ คือ ขั้นตอนต่อมาหลังจากที่ได้ทำการทดสอบจนมีความมั่นใจแล้วว่าระบบสามารถทำงานได้จริงและตรงกับความต้องการของผู้ใช้ระบบ จากนั้นจึงดำเนินการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง สรุปขั้นตอนของระยะการนำระบบไปใช้ ดังนี้ ศึกษาสภาพแวดล้อมของพื้นที่ก่อนที่จะนำระบบไปติดตั้ง ติดตั้งระบบให้เป็นไปตามสถาปัตยกรรม

ระบบที่ออกแบบ จัดทำคู่มือระบบ ผูกอบรมผู้ใช้งาน ประเมินผลการใช้งานของระบบใหม่

การบำรุงรักษา เป็นขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขระบบหลังจากที่ได้มีการติดตั้งและใช้งานแล้ว ในขั้นตอนนี้อาจเกิดจากจุดบกพร่องของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมเมอร์จะต้องรีบแก้ไขให้ถูกต้อง หรือเกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเพิ่มโมดูลในการทำงานอื่นๆ ซึ่งทั้งนี้ก็จะเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดความต้องการที่เคยตกลงกันก่อนหน้านี้ ด้วย ดังนั้นในส่วนงานนี้จะคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มหรืออย่างไรเป็นเรื่องของรายละเอียดที่ผู้พัฒนาหรือนักวิเคราะห์ระบบจะต้องดำเนินการกับผู้ว่าจ้าง สรุปขั้นตอนของระยะการบำรุงรักษา ดังนี้ กรณีเกิดข้อผิดพลาดขึ้นจากระบบให้ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องอาจจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเพิ่ม กรณีที่ผู้ที่มีความต้องการเพิ่มเติม วางแผนรองรับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตบำรุงรักษาระบบงาน และอุปกรณ์

วิเคราะห์ และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ และการออกแบบระบบ คือ วิธีที่ใช้ในการสร้างระบบสารสนเทศขึ้นมาใหม่ในธุรกิจใดธุรกิจหนึ่งหรือระบบย่อยของธุรกิจ นอกจากการสร้างระบบสารสนเทศใหม่แล้ว การวิเคราะห์ระบบช่วยในการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นด้วย (กิตติ, 2546) การวิเคราะห์ระบบ คือ การค้นหาความต้องการของระบบสารสนเทศ สำหรับการออกแบบระบบ คือ การนำเอาความต้องการของระบบมาเป็นแบบแผนในการสร้างระบบสารสนเทศนั้นให้ใช้งานได้จริง

ในการสร้างระบบสารสนเทศ จะมีขั้นตอนการพัฒนา ระบบ 7 ขั้นตอน ดังนี้ เข้าใจปัญหาในการสร้างระบบสารสนเทศนั้น ต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น คือระบบเดิมพบปัญหาเกี่ยวกับอะไร และระบบควรเพิ่มเติมส่วนใดเพื่อแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในระบบเดิม ศึกษาความเป็นไปได้ จุดประสงค์ของการศึกษาความเป็นไปได้ คือ การกำหนดว่าปัญหาคืออะไร สามารถตัดสินใจว่าการพัฒนาสร้างระบบสารสนเทศหรือการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด และได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งการศึกษาความเป็นไปได้ไม่ควรใช้เวลาเกิน 1 เดือน การวิเคราะห์ระบบ โดยการศึกษากระบวนการทำงานในกรณีที่ระบบที่ศึกษานั้นเป็นระบบสารสนเทศ ต้องศึกษาการทำงานหรือดำเนินการ แล้วกำหนดความต้องการของระบบใหม่ โดยการเก็บข้อมูลจากระบบเดิม ได้แก่ เอกสารที่มีอยู่ ตรวจสอบวิธีการทำงานในปัจจุบัน สัมภาษณ์ผู้ใช้ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับระบบ เมื่อจบขั้นตอนของการวิเคราะห์ ต้องเขียนรายงานสรุปเป็น “ข้อมูลเฉพาะของปีที่ 13 ฉบับที่ 2 มิถุนายน – ธันวาคม 2559

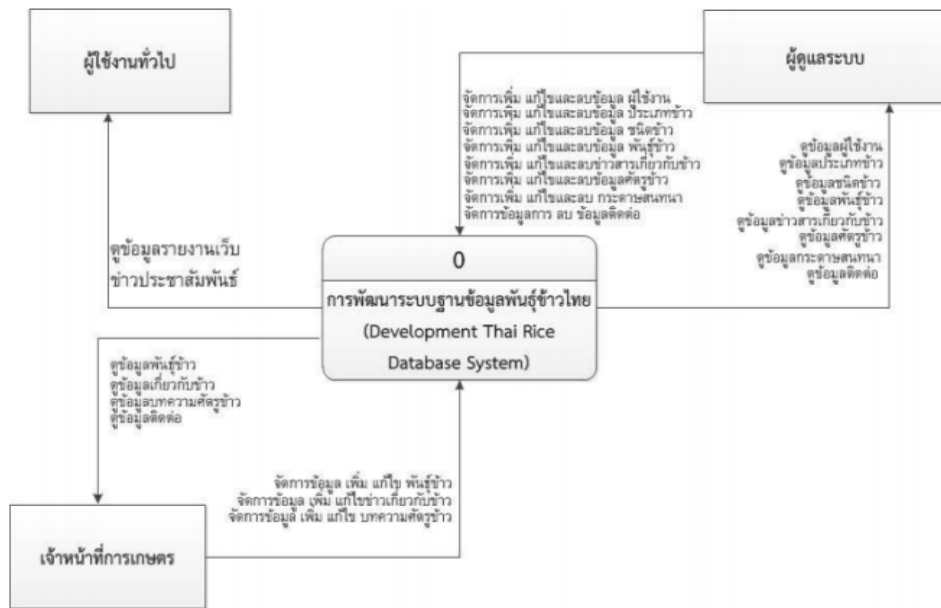
ปัญหา” มีรายละเอียดดังนี้ ออกแบบระบบ หมายถึง การออกแบบระบบใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาออกแบบระบบการสร้างระบบใหม่ โดยจัดการโครงสร้างของโปรแกรม อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการ การออกแบบโปรแกรมต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของระบบ การออกแบบฟอร์มสำหรับข้อมูลนำเข้า ออกแบบรายงาน และการแสดงผลบนจอภาพหลักในการออกแบบฟอร์มข้อมูลนำเข้า คือ ง่ายต่อการใช้ และป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้มากที่สุด การแสดงแบบรายงาน และแสดงผลบนจอภาพต้องชัดเจน เข้าใจง่าย สร้างหรือพัฒนาระบบเป็นขั้นตอนของการเขียนและการทดสอบโปรแกรมการทำงาน เพื่อความถูกต้องแม่นยำ โดยการทดสอบเก็บข้อมูลจริงกับโปรแกรมที่พร้อมใช้งาน อีกทั้งเตรียมคู่มือการใช้งาน และฝึกอบรมผู้ใช้งานจริงของระบบ การปรับเปลี่ยน ขั้นตอนนี้เป็น การนำเอาระบบใหม่มาใช้แทนระบบเดิม สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ควรใช้ระบบใหม่ควบคู่กับระบบเก่าระยะหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันแล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ตรงกันหรือไม่ ถ้าเรียบร้อยดีก็นำระบบเก่าออก และใช้ระบบใหม่ต่อไป การบำรุงรักษา ได้แก่ การแก้ไขโปรแกรมหลังจากที่ใช้งานแล้ว สาเหตุที่ต้องแก้ไขระบบส่วนใหญ่มิ 2 ข้อ คือ มีปัญหาในโปรแกรม และธุรกิจเปลี่ยนไป

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบ มีผู้ใช้ระบบ 3 ส่วนด้วยกัน ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่การเกษตร บุคคลทั่วไป โดยแต่ละส่วนมีความสามารถบริหารจัดการข้อมูลดังต่อไปนี้

ผู้ดูแลระบบ สามารถบริหารจัดการข้อมูลต่างๆ ได้ทั้งหมด ได้แก่ การบริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้ใช้งานได้ การบริหารจัดการข้อมูลพันธุ์ข้าว ได้แก่ สามารถเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูล ประเภทข้าว ชนิดข้าว พันธุ์ข้าว การบริหารจัดการข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับข้าว การบริหารจัดการข้อมูลศัตรูข้าว การบริหารจัดการข้อมูลกระดานสนทนา การบริหารจัดการข้อมูลการติดต่อ

เจ้าหน้าที่การเกษตร สามารถบริหารจัดการข้อมูล ได้แก่ การบริหารจัดการข้อมูลพันธุ์ข้าว ได้แก่ สามารถเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูล ประเภทข้าว ชนิดข้าว พันธุ์ข้าว การบริหารจัดการข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับข้าว การบริหารจัดการข้อมูลศัตรูข้าว สามารถดูข้อมูลรายงานเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวได้

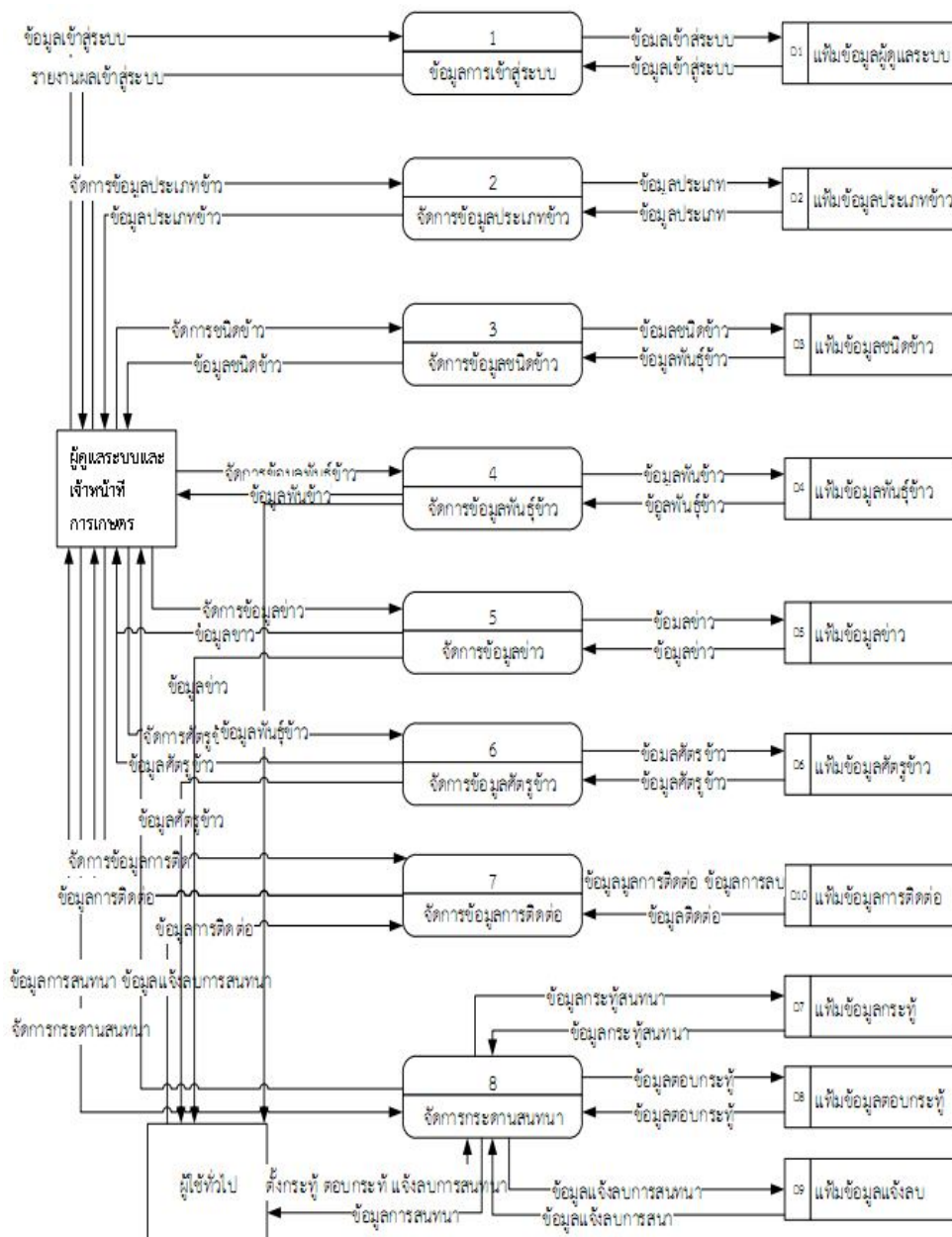
บุคคลทั่วไป สามารถเข้าดูรายงานพันธุ์ข้าวจากระบบ สามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์ข้าว ดูข้อมูลการประชาสัมพันธ์จากกระดานสนทนา และจากข้อมูลเกี่ยวกับข้าว ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Context Diagram

ทางผู้วิจัยได้มีแนวทางการพัฒนาระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย โดยได้วางกรอบ Data Flow Diagram Level0 โดยมีการไหลของข้อมูล ดังนี้ โดยในส่วนของผู้ดูแลระบบ และเจ้าหน้าที่การเกษตร มีการเข้าสู่ระบบเพื่อที่จะสามารถเข้าไปจัดการแฟ้มข้อมูลได้ โดยจะสามารถเข้าไปจัดการแฟ้มข้อมูลที่กำหนดให้ ได้แก่ แฟ้มข้อมูลผู้ดูแลระบบ แฟ้มข้อมูลประเภทข้าว แฟ้มข้อมูลชนิดข้าว แฟ้มข้อมูลพันธุ์ข้าว

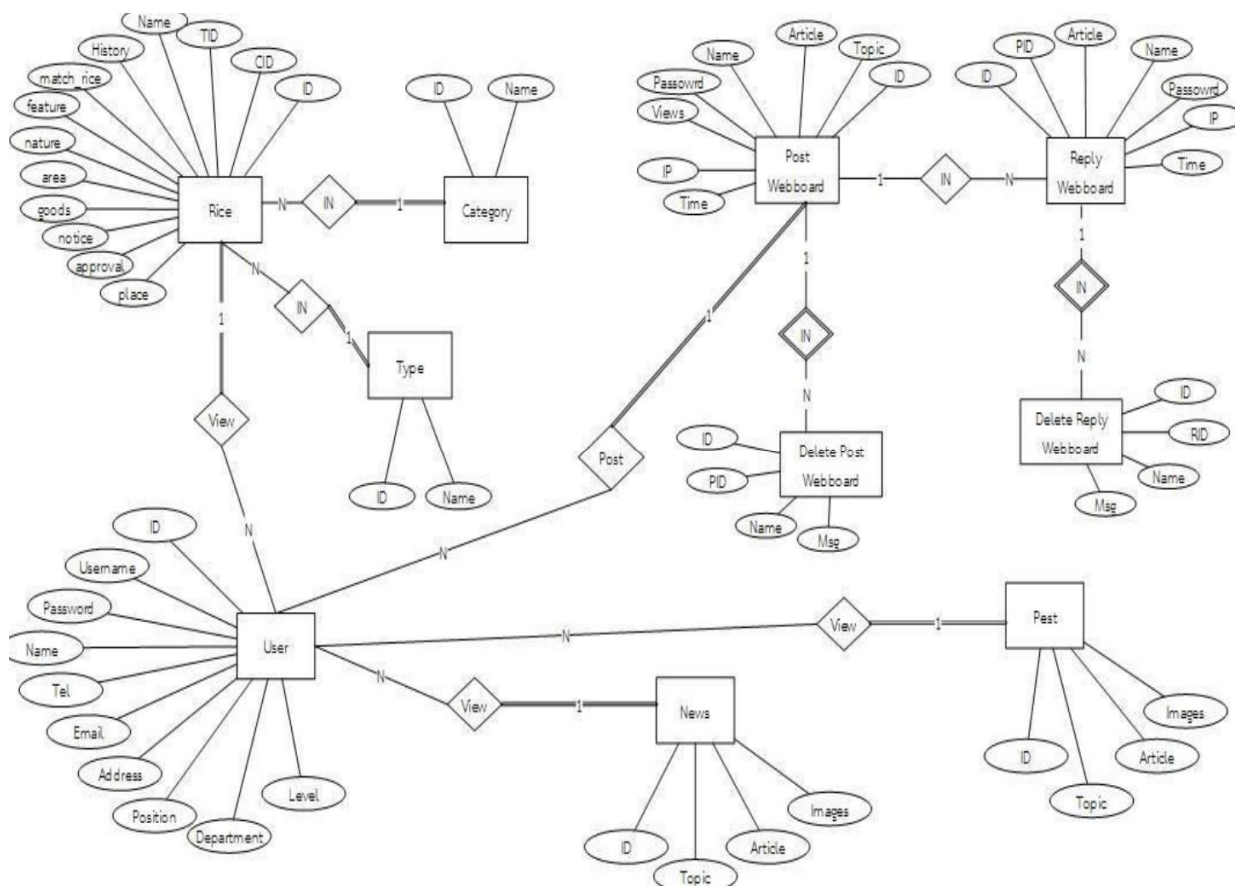
ข้าว แฟ้มข้อมูลข้าว แฟ้มข้อมูลศัตรูข้าว แฟ้มข้อมูลการติดต่อ ในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปสามารถดูข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลพันธุ์ข้าว ข้อมูลข้าว ข้อมูลศัตรูข้าว ข้อมูลการติดต่อ ข้อมูลกระดานข่าวโต้ตอบ และสามารถเพิ่มข้อมูลกระดานข่าว สามารถแจ้งลบข้อมูลกระดานข่าวการสนทนาได้ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Data Flow Diagram Level 0

ผู้วิจัยได้การออกแบบข้อมูลด้วย E-R Diagram (Entity - Relationship Diagrams) โดยมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้ ข้อมูลตารางพันธุ์ข้าว มีความสัมพันธ์กับข้อมูลประเภทข้าว ตารางประเภทข้าว แบบหนึ่งต่อกลุ่ม ข้อมูลตารางพันธุ์ข้าว มีความสัมพันธ์กับข้อมูลชนิดข้าว ตารางชนิดข้าว แบบ

หนึ่งต่อกลุ่ม ข้อมูลผู้ใช้งานเจ้าหน้าที่การเกษตร ตารางผู้ใช้งาน มีความสัมพันธ์กับข้อมูลชนิดข้าว ตารางข้าว ตารางศัตรูข้าวแบบหนึ่งต่อกลุ่ม และตารางกระดานสนทนา มีความสัมพันธ์กับข้อมูลการโพสต์กระดานสนทนา กับข้อมูลการลบกระดานสนทนาแบบหนึ่งต่อกลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 E-R Diagram (Entity - Relationship Diagrams)

ออกแบบระบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล หมายถึง ข้อมูลรวมถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นเป็นกลุ่ม (วรรณวิภา, 2545) โครงสร้างสารสนเทศที่ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกัน ที่จะนำมาใช้ในระบบงานต่างๆ ร่วมกัน ระบบฐานข้อมูลจึงนับเป็นการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยผู้ใช้สามารถจัดการกับข้อมูลได้ในลักษณะต่างๆ ทั้งการเพิ่มข้อมูล การแก้ไข การลบ การค้นหา ตลอดจนการเรียกดูข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการประยุกต์นำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการฐานข้อมูล และนำฐานข้อมูลผ่านกระบวนการประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบที่ต้องการ (เริงชัย, 2549)

ระบบการจัดการฐานข้อมูล คือ โปรแกรมที่ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันหน้าที่ต่างๆ ในการจัดการกับข้อมูล รวมทั้งภาษาที่ใช้ทำงานกับข้อมูล ส่วนมากจะใช้ภาษา SQL ในการโต้ตอบระหว่าง

ผู้ใช้ เพื่อให้สามารถกำหนดการสร้าง การเรียกดู การบำรุงรักษาฐานข้อมูล รวมทั้งการจัดการควบคุมการเข้าถึงฐานข้อมูล ซึ่งถือเป็นการป้องกันความปลอดภัยในฐานข้อมูลเพื่อป้องกันผู้ที่ไม่มีความรู้หรือการใช้งานเข้ามาละเมิดข้อมูลในฐานข้อมูลที่เป็นศูนย์กลางได้ และ DBMS ยังมีหน้าที่ในการรักษาความมั่นคงและความปลอดภัยของข้อมูล การสำรองข้อมูล และการเรียกคืนข้อมูลในกรณีที่เกิดการสูญหาย

ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปของตาราง 2 มิติ ประกอบด้วยแถวและคอลัมน์ โดยแต่ละแถวจะบันทึกข้อมูลของแต่ละข้อมูล และแยกคุณสมบัติของแต่ละข้อมูลออกตามคอลัมน์ ดังนั้น การตัดกันของคุณสมบัติตัวหนึ่ง (คอลัมน์หนึ่ง) กับข้อมูลข้อมูลหนึ่งจะได้ค่าของข้อมูล (วรรณวิภา, 2545)

ข้อมูลที่ใช้สำหรับทำการทดสอบการทำงานของระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูลพันธุ์ข้าว ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย (rice)

Field Name	Description	Data Type	Key	Example
------------	-------------	-----------	-----	---------

Id	รหัสศตรูข้าว	Int	PK	3
cid	รหัสประเภท	Int	FK	1
tid	รหัสชนิดข้าว	Int	FK	1
name	ชื่อพันธุ์ข้าว	Varchar (50)		กข5 (RD5)
history	ประวัติพันธุ์	Text		ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์พวงนาค 16 ของไทยกับพันธุ์ชีกาติสของอินโดนีเซีย
match rice	คู่ผสม	Varchar (100)		พวงนาค 16/ชีกาติส
feature	ลักษณะเด่น	Varchar (255)		สามารถปลูกได้ในที่ลุ่มน้ำลึกไม่เกิน 50
nature	ลักษณะประจำพันธุ์	Varchar (255)		เป็นข้าวเจ้าต้นสูง สูงประมาณ 145 เซนติเมตร
goods	ผลผลิต	Varchar (200)		ประมาณ 567 กิโลกรัมต่อไร่
notice	ข้อควรระวัง	Varchar (255)		ไม่เหมาะที่จะปลูกในฤดูนาปรัง
approval	การรับรองพันธุ์	Varchar (255)		คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 2 เมษายน 2516
place	พื้นที่แนะนำ	Varchar (255)		ทุกภาคที่มีการชลประทานหรือควบคุมระดับน้ำได้
latitude	สถานที่ผลิตเมล็ด	Varchar (100)		15.970241227135213
longitude	รูปภาพขนาดเล็ก	Varchar (100)		103.25174331665039
small Thumb	รูปภาพขนาดใหญ่	Varchar (255)		s13022016203108eKvZ.jpg
large Thumb	เวลายับที่ก	Varchar (255)		13022016203108eKvZ.jpg
insert time	เวลาแก้ไข	Int		1455370268
update time		Int		1455370313

จากตารางที่ 1 ตารางข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย ทางผู้วิจัยได้ออกแบบข้อมูลพันธุ์ข้าวตามการจำแนกพันธุ์ข้าวตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลต่างๆ รวมทั้งเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะของค่าลองติจูด ละติจูดแสดงผ่าน Google Map ที่ฝังไว้ในระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าว ซึ่งน่าจะเป็นตัวตรวจสอบได้ง่ายว่าพันธุ์ข้าวชนิดนี้มีแหล่งผลิตอยู่ที่ใด

ผลการดำเนินงานวิจัย

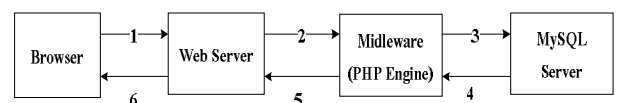
ผลการดำเนินงานการพัฒนาฐานข้อมูลพันธุ์ข้าว โดยแบ่งรายงานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ผลการพัฒนาระบบ

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่ก้าวหน้าทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างองค์กรต่างๆ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นที่นิยม และแพร่หลายอย่างมาก ทำให้ข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตที่แบบเดิมเป็นแบบสแตติก ถูกพัฒนาให้เป็นแบบไดนามิกมากยิ่งขึ้น ดังนั้นฐานข้อมูลที่แต่เดิมใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) หรือใช้งานบนเครือข่ายท้องถิ่น จึงถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการทำงาน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วย ซึ่งฐานข้อมูลบน

อินเทอร์เน็ต (web database) จะให้คุณค่ามากกว่า เว็บไซต์สแตติกทั่วไป เนื่องจากมีการโต้ตอบสองทิศทางระหว่างเจ้าของฐานข้อมูลกับผู้ใช้ (ฐิตินา, 2537)

การนำฐานข้อมูลมาใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้ ส่วนของฐานข้อมูล ส่วนของโปรแกรมที่ทำงานบนอินเทอร์เน็ตทั้งที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์และเว็บไคลเอนต์ ส่วนของโปรแกรมมิดเดิลแวร์ (Middleware) ที่เป็นโปรแกรมเว็บไคลเอนต์ โดยทำหน้าที่ในการแปลงคำสั่งหรือรูปแบบของข้อมูลที่ส่งไปมาระหว่าง 3 โปรแกรมให้อยู่ในรูปแบบที่แต่ละฝ่ายเข้าใจดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การติดต่อ database บนเครื่องแม่ข่าย (server) (ฐิตินา, 2537)

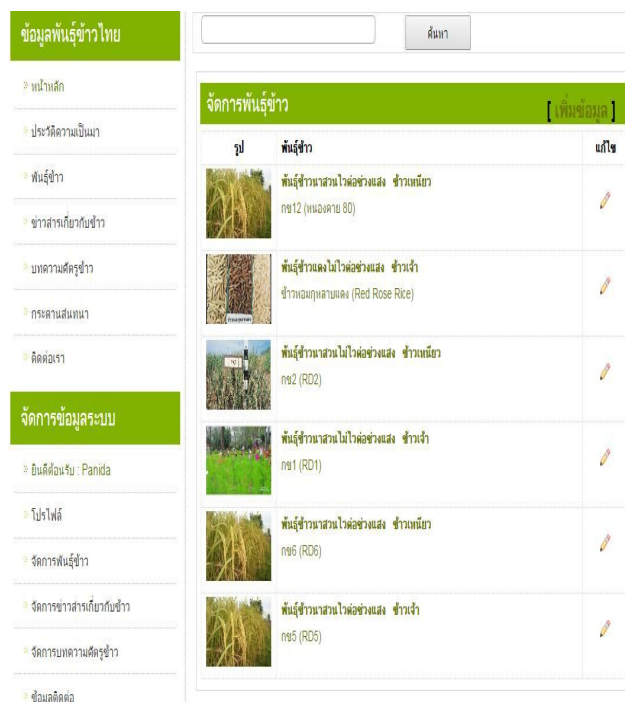
PHP engine เป็นโปรแกรมมิดเดิลแวร์ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อประมวลผลฐานข้อมูล MySQL ที่ MySQL Server และนำผลลัพธ์กลับไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อส่งกลับคืนไปยังผู้ร้องขอ เมื่อผู้ใช้เปิดเว็บที่ประกอบไปด้วยฟอร์มป้อนข้อมูลหรือคำสั่งถูกส่งไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยเว็บเซิร์ฟเวอร์จะเรียกโปรแกรม CGI Script (Common

Gateway Interface Script) ขึ้นมาทำงานเพื่อจัดการกับฐานข้อมูล เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ต้องการหรือข้อมูลที่ส่งมาได้รับจัดการเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมตัวนี้จะสร้างเว็บเพจผลลัพธ์ขึ้นมาบนเว็บเซิร์ฟเวอร์และส่งกลับไปแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้

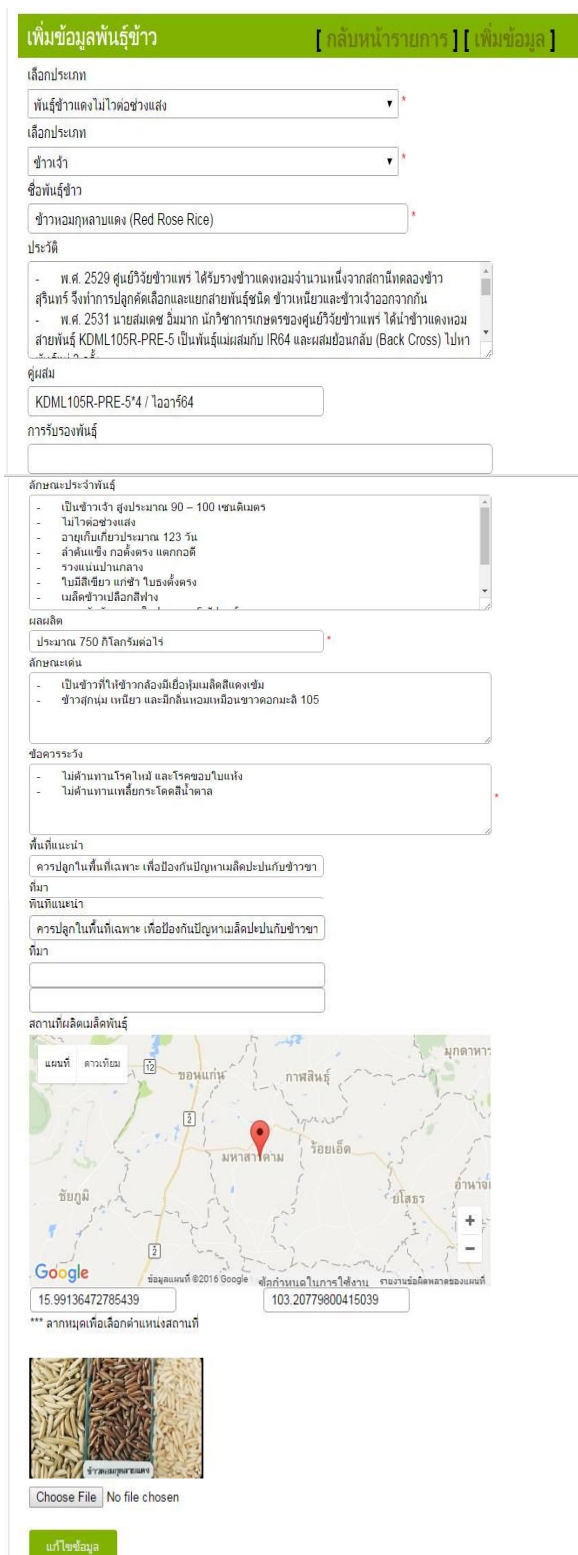
ระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทยที่พัฒนาขึ้นแสดงได้ทั้งภาพที่ 5 - 7



ภาพที่ 5 หน้าจอหลักของระบบ



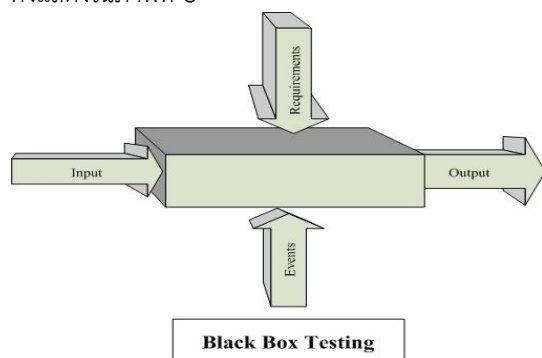
ภาพที่ 6 หน้าจอหลักแสดงการจัดการพันธุ์ข้าว



ภาพที่ 7 หน้าจอหลักแสดงการบันทึกข้อมูลพันธุ์ข้าว

การหาประสิทธิภาพของระบบโดยวิธี Black Box Testing เพื่อเป็นการทดสอบความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานระบบ จากการทดสอบระบบการทดสอบ

Black Box Testing มีชื่อเรียกอย่างอื่นที่มีหลักการ และกระบวนการเหมือนกัน ได้แก่ Specification Testing, Behavioral Testing, Data-driven Testing, Functional Testing and Input/Output-Driven Testing หลักการสำคัญของการทดสอบแบบนี้ คือ การพิจารณาเฉพาะข้อกำหนดหรือสิ่งที่ต้องการ และปัจจัยนำเข้าภายใต้สภาพการณ์ที่กำหนดไว้ว่าระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนั้น สามารถให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการหรือไม่ โดยไม่สนใจกระบวนการ จึงให้ส่วนที่ทำการประมวลผลเป็น “กล่องดำ” ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 Black Box Testing (กฤษมันต์, 2550)

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศนั้น ต้องมีการทดสอบระบบ และประเมินประสิทธิภาพของระบบ ด้วยคณะบุคคลที่เกี่ยวข้องกับระบบที่พัฒนาขึ้น ดังนั้น จึงต้องมีคณะบุคคลผู้เชี่ยวชาญ (a panel of expert) ที่จะประเมินและมีเครื่องมือที่จะใช้ประเมิน ซึ่งส่วนมากจะเป็นแบบประเมินที่ได้ออกแบบจากการวิเคราะห์ความต้องการ และการวิเคราะห์ระบบ ประเด็นที่จะประเมินต้องมีตรงต่อเนื้อหาที่จะประเมิน การหาคุณภาพของแบบประเมินในด้าน Validity and Reliability เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาหาวิธีการที่เหมาะสมด้วย ในการสร้างแบบประเมิน ควรมีการศึกษากระบวนการและรูปแบบของแบบประเมินให้ลึกซึ้ง กว้างขวาง สามารถดูได้จากแบบประเมินที่ผู้วิจัยท่านอื่นๆ ได้ทำมาแล้ว แบบประเมินที่ดี ต้องมีการหาประสิทธิภาพของแบบประเมินนั้น สิ่งสำคัญที่ในแบบประเมินต้องมี เช่น งานวิจัยของ (เอกรินทร์, 2554) ระบบติดตามโครงการออนไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดเก็บและติดตามโครงการที่ได้รับอนุมัติของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน การพัฒนาระบบใช้กระบวนการวงจรชีวิต การพัฒนาระบบ โดยดำเนินการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการ

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 มิถุนายน – ธันวาคม 2559

Windows 7 ด้วยภาษา PHP และ JQuery ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL 5.0.51b ระบบ ที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถของระบบติดตามออนไลน์ จำแนกผู้ใช้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ระดับมหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่ระดับวิทยาเขตเจ้าของโครงการ ผู้บริหาร และผู้ใช้งานทั่วไป มีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลโครงการที่ได้รับการอนุมัติของมหาวิทยาลัย การกำหนดแผนการดำเนินการ การรายงานผลการดำเนินงานโครงการจากเจ้าของโครงการ และสามารถแสดงรายงานข้อมูลโครงการ รายงานข้อมูลการดำเนินงาน และรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้วิธีการแบล็คบ็อกซ์ (Black Box Testing) เป็นการทดสอบโดยผู้พัฒนาระบบ การทดสอบระบบเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้พัฒนาได้กำหนดไว้สรุปได้ว่า ระบบติดตามโครงการออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

การหาประสิทธิภาพของระบบโดยวิธี Black Box Testing เพื่อเป็นการทดสอบความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานระบบจากการทดสอบระบบ ได้นำข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของระบบมาวิเคราะห์หาค่าสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการประเมินความสามารถของการออกแบบและพัฒนากระบวนการฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย มีดังนี้

- 1) ด้านความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม (Functional Requirement Test)
- 2) ด้านความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม (Functional Test)
- 3) ด้านความสะดวก และง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม (Usability Test)
- 4) ด้านการรักษาความปลอดภัยของโปรแกรม (Security Test)

จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานระบบจำนวน 20 คน และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ โดยใช้แบบประเมิน และใช้เกณฑ์ประเมินที่กำหนดค่าความหมายดังการประเมินระบบ ดังนี้

5 หมายถึง ระบบงานที่ใช้พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับดีมาก

4 หมายถึง ระบบงานที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับดี

3 หมายถึง ระบบงานที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง

2 หมายถึง ระบบงานที่พัฒนาต้องปรับปรุงแก้ไข

1 หมายถึง ระบบงานที่พัฒนาไม่สามารถนำไปใช้งานได้

การประเมินระบบโดยผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญระบบ ผลปรากฏดังตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 2 การประเมินระบบโดยผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญระบบ

ระดับความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
1. ด้านความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม (Functional Requirement Test)			
- ความสามารถของระบบในการจัดเก็บฐานข้อมูล	4.10	0.79	ดี
- ความสามารถของระบบในการสืบค้นข้อมูล	4.05	0.60	ดี
- ความสามารถของระบบในการแสดงรายละเอียดข้อมูล	4.05	0.51	ดี
- ความสามารถของระบบในการจัดการหมวดหมู่ข้อมูล	3.90	0.91	ดี
รวม	4.03	0.71	ดี
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม (Functional Test)			
- ความง่ายต่อการใช้งาน	4.25	0.72	ดี
- ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอการทำงาน	4.00	0.65	ดี
- ความเหมาะสมต่อการกำหนดสีหน้าจอในภาพรวม	3.85	0.65	ดี
- ความสามารถของรูปแบบตัวอักษรที่เลือกใช้	4.10	0.72	ดี
- การเลือกใช้ภาษาสื่อสารการใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์	4.20	0.86	ดี
- ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล	4.55	0.51	ดี
รวม	4.16	0.72	ดี
3. ด้านความสะดวก และง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม (Usability Test)			
- ความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรมในภาพรวม	4.20	0.77	ดี
- ความถูกต้องตามรายละเอียด เอกสารในใบ OPD	3.95	0.76	ดี
- ความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลลงในระบบ	4.65	0.69	ดี
- ความถูกต้องต่อการแสดงข้อมูลในการสืบค้น	4.25	0.44	ดี
- ความถูกต้องต่อการรายงานจากการประมวลผล	4.10	0.64	ดี
รวม	4.11	0.67	ดี
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของโปรแกรม (Security Test)			
- ความเหมาะสมของการตรวจสอบการป้อนเข้าสู่ระบบ	4.30	0.66	ดี
- ความเหมาะสมในการกำหนดสิทธิ์ในการใช้งานในระดับต่างๆ	4.00	0.56	ดี
- ความเหมาะสมของการรักษาความปลอดภัยของระบบ	4.05	0.60	ดี
รวม	4.07	0.61	ดี

จากตารางที่ 2 การประเมินระบบโดยผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญระบบ 1.ด้านความเหมาะสมในการทำงานของโปรแกรมมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71 แสดงว่า ระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี 2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 แสดงว่า ระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี 3.ด้านความสะดวก และง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67 แสดงว่า ระบบมีความ

สะดวก และง่ายต่อการใช้งานในระดับดี 4.ด้านการรักษาความปลอดภัยของโปรแกรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.6 แสดงว่า ระบบมีประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยของระบบอยู่ในระดับดี

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการศึกษา โดยแบ่งรายงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ เมื่อนำการพัฒนาฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทยที่พัฒนาขึ้น มา

ทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ สามารถสรุปผลการประเมินจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบงาน และด้าน

เทคโนโลยีสารสนเทศ ในเชิงคุณภาพและปริมาณ ได้ผลสรุปการประเมินผล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งาน

ผลการประเมิน	ค่าเฉลี่ยเชิงปริมาณ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยเชิงคุณภาพ
1. ด้านความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม	4.03	0.71	ดี
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม	4.11	0.67	ดี
3. ด้านความสะดวก และง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม	4.16	0.72	ดี
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของโปรแกรม	4.07	0.61	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.11	0.69	ดี

จากตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการทำงานของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับดี

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าระบบฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวไทย ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี สามารถนำไปใช้งานได้จริง

2) ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาระบบต่อไปการพัฒนาระบบในครั้งนี้ ได้ขอเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง และพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ระบบควรจะพัฒนาในส่วนของการออกรายงานให้ครอบคลุม ระบบควรมีความยืดหยุ่นในอุปกรณ์ที่รองรับบนสมาร์ตโฟน เพื่อให้สะดวก และเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ภุชมนันต์ วัฒนานรงค์. 2550. เอกสารประกอบคำบรรยายให้กับนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและพัฒนาชนบท. คณะเกษตรศาสตร์ : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

กิตติ ภักดีวัฒนกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ. 2546. การออกแบบฐานข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : เคทีพี คอมพ์ แอนด์คอนซัลท์.

กรมการข้าว. 2553. กองวิจัยและพัฒนาข้าว กับเครือข่ายการทำงาน 28 ศูนย์วิจัยข้าวทั่วประเทศ.

เรียกใช้เมื่อ 3 สิงหาคม 2558 จาก <http://www.ricethailand.go.th/home/>

ฐิติมา มโนหมั่นศุทธา. 2537. Web Programming PHP & MySQL. กรุงเทพมหานคร : บริษัท โอเอวัน จำกัด.

เริงชัย เรืองกิจฉนิกุล. 2549. การใช้โปรแกรมฐานข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

วรรณวิภา ติตะถะสิริ. 2545. คู่มือเรียน SQL ด้วยตัวเอง. กรุงเทพมหานคร : โปรวิชั่น.

เอกรินทร์ ดิษฐ์สันเทียะ. 2554. ระบบติดตามโครงการออนไลน์. สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

การคัดเลือกยีสต์ที่มีความทนต่อแรงกดดันและการแปรรูปอุณหภูมิต่อการผลิตเอทานอลโดยใช้ น้ำอ้อยเป็นแหล่งคาร์บอน

กุสุมาวดี ฐานเจริญ*, จิรนนท์ ลำโรงพล, พรสุตา แก่นนาคำ และพัชรพร บุญลิตร

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ถ. นครสวรรค์ ต. ตลาด อ. เมือง
จ. มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การคัดแยกยีสต์ทนร้อนจากตัวอย่างขานอ้อยของโรงงานน้ำตาลด้วยอาหาร Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD) medium ที่เติมเอทานอลร้อยละ 4 (v/v) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สามารถคัดแยกยีสต์ได้ทั้งหมด 98 ไอโซเลต คัดเลือกยีสต์ที่มีความสามารถผลิตเอทานอลจากการสร้างแก๊สในอาหารเหลว พบว่า มียีสต์จำนวน 23 ไอโซเลตที่สร้างแก๊สตั้งแต่ 4.0-5.0 เซนติเมตรในหลอดดักแก๊ส การทดสอบความทนต่ออุณหภูมิ และความทนต่อน้ำตาล พบว่า ยีสต์ที่คัดเลือกได้ทุกไอโซเลตสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37-45 องศาเซลเซียส มีบางไอโซเลตที่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ได้แก่ รหัส BRMU02, BRMU03, BRMU04, BRMU06, BRMU08, BRMU12, BRMU17, BRMU19, BRMU29 และ BRMU30 อย่างไรก็ตามยีสต์ที่คัดเลือกทุกไอโซเลตไม่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบความทนต่อน้ำตาลพบว่า ยีสต์ที่คัดเลือกได้ทุกไอโซเลตสามารถเจริญได้ดีที่ความเข้มข้นกลูโคสสูงสุด ร้อยละ 30 (w/v) และมียีสต์ 9 ไอโซเลตที่เจริญได้ดีที่ความเข้มข้นไซโลสสูงสุดร้อยละ 20 (w/v) การผลิตเอทานอลในอาหารสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า ยีสต์รหัส BRMU29, BRMU19 และ BRMU08 ให้ผลได้เอทานอลสูงสุดเป็นร้อยละ 7.28, 7.05 และ 6.89 (% v/v) ตามลำดับ เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียสต่อการผลิตเอทานอล พบว่า ยีสต์รหัส BRMU29 สามารถผลิตเอทานอลได้ดีที่สุดเป็นร้อยละ 3.76, 3.64 และ 3.68 (w/v) ที่เวลา 36, 48 และ 60 ชั่วโมงตามลำดับ จากงานวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ยีสต์ทั้ง 3 ไอโซเลตมีความน่าสนใจในการนำไปใช้เป็นเชื้อตั้งต้นเพื่อผลิตเอทานอลเนื่องจากสามารถเจริญได้ดีและผลิตเอทานอลได้สูงที่อุณหภูมิสูง และยังสามารถในการทนต่อน้ำตาลความเข้มข้นสูงซึ่งจะช่วยให้ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่นในระหว่างการหมัก

คำสำคัญ : การสร้างแก๊ส, น้ำอ้อย, ยีสต์ทนร้อน, อุณหภูมิสูง, เอทานอล

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

Screening of Stress Tolerant Yeast and Temperature Variable for Ethanol used Sugarcane Juice as a Carbon Source

Kusumawadee Thancharoen*, Jiranan Sumrongpol, Pornsuda Kannakam
and Patchareeporn Boonyalit

Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Mahasarakham University,
Nakronsawan road, Mueng, Maha Sarakham 44000

Abstract

Isolation of thermotolerant yeast strain from sugarcane bagasses in sugar factory was carried out in Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD) medium with ethanol 4% (v/v) and incubation at 37 °C. Ninety-eight thermotolerant yeast isolates were screened that are able to produce ethanol from gases generated in liquid yeast indicate that 23 isolates gas generated from 4.0-5.0 cm in a Durham tube. Study of osmotolerant and thermotolerant showed that selected yeast isolates grow well at temperatures of 37-45°C, with some isolates can grow well at a temperature of 47 °C include BRMU02, BRMU03, BRMU04, BRMU06, BRMU08, BRMU12, BRMU17, BRMU19, BRMU29 and BRMU30 but all selected yeast isolates were unable to grow at a temperature of 50 °C. Osmotolerant results exhibited all isolates can grow well at glucose concentration 30% (w/v) and nine isolates that grow well at xylose concentration 20% (w/v). Ethanol in synthesis medium at 37 °C that was produced from BRMU29, BRMU19 and BRMU08 were 7.28, 7.05 and 6.89 (% v/v), respectively. Variable of high temperature for ethanol production in sugarcane juice fermentation medium, including 37, 40 and 45 °C showed that BRMU29 can produced the highest ethanol were 3.76, 3.64 and 3.68% (w/v) at 36, 48 and 60 hours, respectively. The research revealed that three yeast isolates are interesting in applying to a starter culture for the production of ethanol because it can grow well and produced ethanol at high temperatures. They also have the ability to tolerate high concentrations of sugar to reduced the contamination of other microbes during fermentation

Keywords: Gas production, Sugarcane juice, Thermotolerant Yeast, High temperature, Ethanol

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

บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศ เช่น ประเทศบราซิล จีน ฝรั่งเศส อังกฤษ อินเดีย และแอฟริกาใต้ มีการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากสถานะเศรษฐกิจที่เกิดจากราคาน้ำมันดิบที่สูงขึ้น โดยกระบวนการผลิตเอทานอลนิยมใช้วิธีการหมัก พบว่า 60 เปอร์เซ็นต์ทั่วโลกมีการผลิตเอทานอลจากพืชที่มีน้ำตาล ได้แก่ กากน้ำตาล ขณะที่ประเทศแถบยุโรปใช้ผักกาดหวาน และข้าวฟ่างเป็นวัตถุดิบ ประเทศไทยก็ประสบปัญหาราคาน้ำมันจากปิโตรเลียมที่สูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากต้องนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเกือบทั้งหมด (Pimpakan, 2012) รัฐบาลส่งเสริมการผลิตเอทานอลเพื่อเป็นเชื้อเพลิง และได้สนับสนุนให้มีการใช้เอทาน

อลผสมกับน้ำมันเบนซินประมาณ 10-20% เพื่อผลิตแก๊สโซฮอล์ การใช้แก๊สโซฮอล์นอกจากจะช่วยลดเงินตราที่จะใช้ซื้อน้ำมันจากต่างประเทศแล้ว ยังช่วยลดปัญหาราคาตกต่ำของผลผลิตทางการเกษตร เช่น อ้อย และ มันสำปะหลัง (Limtong *et al.*, 2008) พบว่า 90% ของการผลิตเอทานอลได้มาจากการบวนการหมัก (Fermentation) ที่เหลือได้จากการสังเคราะห์ (Synthesis) จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอทานอลได้มีหลายชนิด ยีสต์ถูกนำมาใช้ผลิตเอทานอลอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้เร็วและมีปริมาณมาก นอกจากนี้ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล ในสมัยดั้งเดิมได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการหมักกลูโคสจากผลผลิตทางการเกษตรเป็นเอทานอล (Haggran

et al., 2014). ยีสต์พบในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย แต่จะพบบ่อยที่สุดจากตัวอย่างที่อุดมไปด้วยน้ำตาล นอกจากนี้ยีสต์บางชนิดสามารถพบในดิน และแมลง ในการคัดเลือกยีสต์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมคุณสมบัติที่จำเป็นคือ ลักษณะสรีรวิทยาที่เหมาะสมจะจง ได้แก่ ความทนต่ออุณหภูมิสูง ความทนต่อน้ำตาลกลูโคส และความทนต่อเอทานอลที่มีความเข้มข้นสูง ดังนั้นยีสต์จึงถูกนำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงทางชีวภาพ แหล่งคาร์บอนในการผลิตพลังงานทางเลือกที่สำคัญ คือ น้ำตาล แป้งจากพืชผลทางการเกษตร และวัสดุลิกโนเซลลูโลส

ประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อน การหมักเอทานอลที่อุณหภูมิสูงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการผลิตเอทานอลที่มีประสิทธิภาพ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันมักจะสูงตลอดทั้งปี ข้อดีของการหมักที่อุณหภูมิสูงไม่ได้มีเพียงลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ แต่ยังลดค่าใช้จ่ายในการระบายความร้อน และสามารถเกิดการหมักได้รวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ยีสต์สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูง เมื่อเร็ว ๆ นี้ นักวิจัยได้พยายามที่จะคัดแยกสายพันธุ์ของยีสต์ที่ทนอุณหภูมิสูงและมีความสามารถในการเจริญเติบโตในเอทานอลเข้มข้นสูง *Saccharomyces cerevisiae* เป็นยีสต์ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส แต่มีข้อจำกัดในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเอทานอลเท่ากับ 30-35 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลให้นำไปสู่

การศึกษาความสามารถของยีสต์ทนอุณหภูมิสูง โดยลักษณะที่สำคัญของยีสต์ที่ใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีผลผลิตเอทานอลที่สูง (>90.0% ของผลผลิตทางทฤษฎี) มีความทนทานต่อเอทานอล (>40.0 กรัม/ลิตร) มีอัตราการผลิตเอทานอลสูง (>1.0 กรัม/ลิตร/ชั่วโมง) สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่ง่ายและราคาไม่แพง มีความต้านทานต่อสารยับยั้ง และมีความทนต่อพิษที่เป็นกรดหรืออุณหภูมิที่สูงขึ้น จากรายงานพบยีสต์ทนอุณหภูมิสูงและสามารถผลิตเอทานอลได้ เช่น *S. cerevisiae* (สายพันธุ์ที่มีการปรับปรุงพันธุกรรม), *S. diastaticus*, *Kluyveromyces marxianus* และ *Pichia kudriavzevii*, (Zabed et al., 2014) สำหรับน้ำอ้อยยังไม่ค่อยมีผู้ใช้สำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทย ซึ่งอาจจะเป็นเพราะประเทศไทยใช้น้ำอ้อยสำหรับผลิตน้ำตาลทราย โดยเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำตาลทรายสำคัญของโลก สำหรับประเทศไทยมีการปลูกอ้อยในหลายพื้นที่ทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง โดยมีรายงานการวิเคราะห์น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในน้ำอ้อย ได้แก่ ซูโครส 12.75 ± 0.28 , กลูโคส 1.58 ± 0.10 , ฟรุกโตส 1.51 ± 0.24 และน้ำตาลทั้งหมด $15.84 \pm 0.59\%$ จึงมีความน่าสนใจในการใช้เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อการผลิตเอทานอล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาประสิทธิภาพของยีสต์ทนร้อนและทนต่อน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้น้ำอ้อยที่มีอย่างแพร่หลายในท้องถิ่นเป็นแหล่งคาร์บอน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดแยกยีสต์จากขานอ้อย

คัดแยกยีสต์ทนอุณหภูมิสูงจากขานอ้อยของโรงงานน้ำตาลโดย enrichment technique ใน Yeast extract Peptone Dextrose (YPD) medium (ประกอบด้วย yeast extract 10 กรัมต่อลิตร, glucose 20 กรัมต่อลิตร, peptone 20 กรัมต่อลิตร โดยเติม absolute ethanol 4 % v/v) ขังขานอ้อย 10 กรัม ลงใน YPD medium ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อัตราการเขย่า 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง spread plate บนอาหาร YPD agar plate บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นแยกเป็นโคโลนีเดี่ยวในอาหารชนิดเดิม ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา แล้วจึงเก็บใน YPD agar slant ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2. การคัดเลือกยีสต์ที่มีคุณสมบัติในการผลิตเอทานอล (Brooks, 2008)

เตรียมอาหารทดสอบการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร, peptone 5 กรัมต่อลิตร, glucose 20 กรัมต่อลิตร) บรรจุหลอดดักแก๊สในหลอดทดลองที่มีอาหารปริมาตร 8 มิลลิลิตร เติมเชื้อตั้งต้น 1 ลูบ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตรวจสอบผลการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุก 24 ชั่วโมง (เป็นเวลา 72 ชั่วโมง) ทำการคัดเลือกเชื้อยีสต์ทนอุณหภูมิสูงที่สร้างแก๊สในปริมาณสูงสุด

3. การทดสอบความทนต่ออุณหภูมิสูง

เพาะเชื้อยีสต์ที่คัดเลือกได้จากข้อ 2 บนอาหาร YPD agar plate โดยแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม ได้แก่ 37, 40, 42, 45, 47 และ 50 องศาเซลเซียส บันทึกผลการเจริญตามแนวเขี่ยเชื้อที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

4. การทดสอบความทนต่อน้ำตาล

แปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสและไซโลส ที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 % ในอาหารYPD agar plate และ yeast extract-peptone-xylose (YPX) agar plate (ประกอบด้วย yeast extract 10กรัมต่อลิตร, xylose 20 กรัมต่อลิตร, peptone 20 กรัมต่อลิตร) เชื้อเชื้อยีสต์ลงในอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสบันทึกผล การเจริญตามแนวเชื้อที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

5. การเตรียมเชื้อตั้งต้น

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD medium เชื้อเชื้อยีสต์ลงในอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อัตราการเขย่า 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (วัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 600 nm กำหนดเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 1.0)

6. การคัดเลือกยีสต์ที่สามารถผลิตเอทานอลในอาหารสังเคราะห์

เติมเชื้อยีสต์ตั้งต้นที่เตรียมจากข้อ 5 ลงในอาหารหมัก fermentation medium (ประกอบด้วย

ไดแอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.1, โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.1, แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรตร้อยละ 0.1 และกลูโคสร้อยละ 18) ปรับพีเอชเท่ากับ 5.0 (Limtong *et al.*, 2007) บ่มบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างโดยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที วิเคราะห์ปริมาณเอทานอลด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

7. การแปรผันอุณหภูมิต่อการผลิตเอทานอลในน้ำอ้อย

เติมเชื้อยีสต์ตั้งต้นลงในอาหารหมัก sugarcane juice fermentation medium ที่มีน้ำอ้อยเป็นแหล่งคาร์บอน (18 องศาบริกซ์) ปรับพีเอชเท่ากับ 5.0 (Limtong *et al.*, 2007) บ่มบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 12 ชั่วโมง วัดความขุ่นของเซลล์ที่เพิ่มขึ้นด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลด้วยเครื่อง HPLC

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การคัดแยกยีสต์ทนร้อน

การคัดแยกยีสต์ทนร้อนจากตัวอย่างกากอ้อยที่เก็บจากโรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ทั้งหมด 15 ตัวอย่าง สามารถคัดแยกยีสต์ทนร้อนได้ทั้งหมด 98 ไอโซเลต (ไม่ได้แสดงผล) โคโลนีส่วนใหญ่มีสีครีม ผิวโคโลนีมันวาว ขอบโคโลนีเรียบ ระดับความนูนของโคโลนีมีความนูนโค้ง และรูปแบบโคโลนีกลม

ตารางที่ 1 ปริมาณแก๊สและความสามารถในการตกตะกอนของยีสต์

รหัสยีสต์	ปริมาณแก๊ส (เซนติเมตร)	การเจริญในอาหารเหลว	รหัสยีสต์	ปริมาณแก๊ส (เซนติเมตร)	การเจริญในอาหารเหลว
BRMU01	0.1	เจริญทั่วหลอด	BRMU 50	4.6	ตกตะกอน
BRMU02	4.0	ด้านบน	BRMU 51	4.5	ตกตะกอน
BRMU03	4.8	ตกตะกอน	BRMU 52	0	ตกตะกอน
BRMU04	4.5	ตกตะกอน	BRMU 53	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU05	3	เจริญทั่วหลอด	BRMU 54	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU06	4.5	ด้านบน	BRMU 55	4.8	ตกตะกอน

BRMU07	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 56	4.6	ตกตะกอน
BRMU08	4.0	ตกตะกอน	BRMU 57	4.0	เจริญทั่วหลอด
BRMU09	5	ตกตะกอน	BRMU 58	0.6	เจริญทั่วหลอด
BRMU10	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 59	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU11	3.5	ตกตะกอน	BRMU 60	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU12	5.0	ตกตะกอน	BRMU 61	4.5	ตกตะกอน
BRMU13	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 62	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU14	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 63	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU15	5	เจริญทั่วหลอด	BRMU 64	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU16	5.0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 65	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU17	4.5	ตกตะกอน	BRMU 66	0	ตกตะกอน
BRMU18	5	เจริญทั่วหลอด	BRMU 67	0	เจริญทั่วหลอด

ตารางที่ 1 ปริมาณแก๊สและความสามารถในการตกตะกอนของยีสต์ (ต่อ)

รหัสยีสต์	ปริมาณแก๊ส (เซนติเมตร)	การเจริญ ในอาหารเหลว	รหัสยีสต์	ปริมาณแก๊ส (เซนติเมตร)	การเจริญ ในอาหารเหลว
BRMU19	4.8	ด้านบน	BRMU 68	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU20	3.0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 69	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU21	4.5	เจริญทั่วหลอด	BRMU 70	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU22	0.1	เจริญทั่วหลอด	BRMU 71	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU23	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 72	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU24	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 73	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU25	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 74	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU26	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 75	0.3	เจริญทั่วหลอด
BRMU27	0.2	เจริญทั่วหลอด	BRMU 76	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU28	5	เจริญทั่วหลอด	BRMU 77	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU29	4.7	ด้านบน	BRMU 78	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU30	4.6	ตกตะกอน	BRMU 79	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU31	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 80	0	เจริญทั่วหลอด

BRMU32	4.3	เจริญทั่วหลอด	BRMU 81	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU33	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 82	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU34	4.6	ตกตะกอน	BRMU 83	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU35	4.8	ตกตะกอน	BRMU 84	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU36	4.5	ตกตะกอน	BRMU 85	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU 37	0	ตกตะกอน	BRMU 86	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU 38	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 87	0	ตกตะกอน
BRMU 39	5	เจริญทั่วหลอด	BRMU 88	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU 40	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 89	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU 41	4.2	ตกตะกอน	BRMU 90	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU 42	4.5	ตกตะกอน	BRMU 91	4.5	ด้านบน
BRMU 43	0	ตกตะกอน	BRMU 92	0	ตกตะกอน

ตารางที่ 1 ปริมาณแก๊สและความสามารถในการตกตะกอนของยีสต์ (ต่อ)

รหัสยีสต์	ปริมาณแก๊ส (เซนติเมตร)	การเจริญ ในอาหารเหลว	รหัสยีสต์	ปริมาณแก๊ส (เซนติเมตร)	การเจริญ ในอาหารเหลว
BRMU 44	3.5	ตกตะกอน	BRMU 93	0	ตกตะกอน
BRMU 45	4.7	ตกตะกอน	BRMU 94	0	เจริญทั่วหลอด
BRMU 46	0	เจริญทั่วหลอด	BRMU 95	5	เจริญทั่วหลอด
BRMU 47	0.7	ตกตะกอน	BRMU 96	5	เจริญทั่วหลอด
BRMU 48	0	ตกตะกอน	BRMU 97	0	ตกตะกอน
BRMU 49	4.8	ตกตะกอน	BRMU 98	0	เจริญทั่วหลอด

ผลการทดลองจากตารางที่ 1 พบว่า ยีสต์จำนวน 23 ไอโซเลต สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 4.0–5.0 เซนติเมตร ได้แก่ ยีสต์รหัส BRMU02, BRMU03, BRMU04, BRMU06, BRMU08, BRMU12, BRMU17, BRMU19, BRMU29, BRMU30, BRMU34, BRMU35, BRMU36, BRMU41, BRMU42, BRMU45, BRMU49, BRMU50, BRMU51, BRMU55, BRMU56, BRMU61 และ BRMU91 ยีสต์ส่วนใหญ่มีการเจริญที่ก้นหลอด ยกเว้นยีสต์รหัส BRMU15, BRMU16, BRMU18, BRMU21, BRMU28, BRMU32, BRMU39, BRMU57, BRMU95, BRMU96 มีการเจริญทั่วหลอด และยีสต์รหัส BRMU02,

BRMU06, BRMU19, BRMU29, BRMU91 มีการเจริญด้านบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยคุณสมบัติของการตกตะกอนเป็นคุณสมบัติที่ดีของการเป็นเชื้อตั้งต้นในการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว และสามารถนำเซลล์ยีสต์กลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ในการคัดเลือกยีสต์ที่มีความสามารถในการผลิตเอทานอลยังสามารถทดสอบจากการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการหมักเอทานอลในทางอ้อมเนื่องจากกระบวนการหมักเอทานอลจะมีผลิตภัณฑ์หลัก คือ เอทานอล และเกิดผลพลอยได้ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เสมอ โดยกลูโคส 100 กรัม จะถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอล

51.1 กรัม และคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9 กรัม โดยน้ำหนัก ดังนั้นถ้ายีสต์สายพันธุ์ใดมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงจึงคาดว่าจะมีแนวโน้มในการผลิตเอทานอลสูงด้วย

3. ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง

ทดสอบความทนต่ออุณหภูมิสูงของยีสต์ที่คัดเลือกได้จากข้อ 2 จำนวน 23 ไอโซเลต ในอาหาร YPD และ YPX agar plate โดยแปรผันอุณหภูมิในการบ่ม คือ 37, 40, 45, 47 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 พบว่า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไม่มียีสต์สายพันธุ์ใดที่สามารถเจริญได้ โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ยีสต์สามารถเจริญได้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ 47 องศาเซลเซียส มีจำนวน 13 ไอโซเลต ได้แก่ ยีสต์ ร หั ส BRMU02, BRMU03, BRMU04, BRMU06, ตารางที่ 2 ความสามารถของยีสต์ที่คัดเลือกในการทนต่ออุณหภูมิสูง

รหัสยีสต์	อุณหภูมิ (°C)									
	37		40		45		47		50	
	YPD	YPX	YPD	YPX	YPD	YPX	YPD	YPX	YPD	YPX
BRMU 02	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 03	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 04	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 06	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 08	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	-	-
BRMU 12	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 17	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 19	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
รหัสยีสต์	อุณหภูมิ (°C)									
	37		40		45		47		50	
	YPD	YPX	YPD	YPX	YPD	YPX	YPX	YPD	YPX	YPD
BRMU 29	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 30	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 34	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	-	-	-
BRMU 35	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-	-

BRMU17, BRMU19, BRMU35, BRMU36, BRMU41, BRMU42, BRMU51, BRMU55 และ BRMU91 ในอาหาร YPD agar plate และ มียีสต์เพียงรหัสเดียวที่สามารถเจริญได้ในอาหารทั้ง YPD และ YPX agar คือ ยีสต์รหัส BRMU91 นอกจากนี้พบว่า ที่อุณหภูมิ 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียส ยีสต์ทั้ง 23 ไอโซเลต สามารถเจริญได้ดีในอาหารทั้ง 2 ชนิด

จากรายงานยีสต์ส่วนใหญ่ในห้องปฏิบัติการ และระดับอุตสาหกรรมเจริญได้ดี เมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 20 – 30 องศาเซลเซียส แต่มียีสต์บางสายพันธุ์ที่มีอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญในช่วง 35 – 43 องศาเซลเซียส (Walker, 1998) โดยอุณหภูมิมีผลต่อสัณฐานวิทยา และความอยู่รอดของเซลล์ เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลทำให้การแตกหน่อของยีสต์ผิดปกติ ผนังเซลล์เจริญไม่สมบูรณ์ การเพิ่มขนาดเซลล์

BRMU 36	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-	-	-
BRMU 41	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-	-	-
BRMU 42	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-	-	-
BRMU 45	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-
BRMU 49	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-
BRMU 50	+++	+++	+++	++	+++	+++	+	+	-	-
BRMU 51	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	-	-	-
BRMU 55	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-	-
BRMU 56	+++	+++	+++	++	+++	+++	+	-	-	-

ตารางที่ 2 ความสามารถของยีสต์ที่คัดเลือกในการทนต่ออุณหภูมิสูง (ต่อ)

รหัสยีสต์	อุณหภูมิ (°C)									
	37		40		45		47		50	
	YPD	YPX	YPD	YPX	YPD	YPD	YPX	YPD	YPX	YPD
BRMU 61	+++	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-	-
BRMU 91	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	-	-

หมายเหตุ +++ = เจริญได้ดี (เจริญเต็มแนวเชื้อ) ++ = เจริญปานกลาง (เจริญเกือบเต็มแนวเชื้อ)
+ = เจริญได้น้อย (เจริญบางส่วนบนแนวเชื้อ) - = ไม่มีการเจริญ

ผลิตภัณฑ์ มีปริมาณของเหลวในเซลล์เพิ่มขึ้น ความสามารถในการเลือกผ่านของสารอาหารที่จำเป็นต่อเซลล์ลดลง ทำลายพันธะไฮโดรเจนทำให้โปรตีน และกรดนิวคลีอิกเสื่อมสภาพ ส่งผลให้กิจกรรมการขนส่งน้ำตาลเข้าเซลล์ยีสต์ลดลง ยับยั้งกระบวนการหายใจ และการหมัก แต่เป็นข้อดีสำหรับการหมักเอทานอล โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 38 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะถูกยับยั้งทำให้เกิดการสะสมกรดไพรูเวต และเอทานอล โดยเฉพาะกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) เกิดได้ดีที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Limtong, 1997) ยีสต์สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเจริญ

ได้มากกว่าถ้ายีสต์สายพันธุ์นั้นเป็นยีสต์ทนร้อน หรือยีสต์ที่ทนต่ออุณหภูมิสูง โดยยีสต์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส แต่ละสายพันธุ์จะมีการผลิตเอทานอลในปริมาณที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น *Candida tropicalis* NCYC 405, *Shizosaccharomyces pombe* YSC3 หรือ *Hansenula polymorpha* ATCC 4516 สามารถผลิตเอทานอลได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Chaitap et al., 2012) ยีสต์ทนร้อนจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตแตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปยีสต์ทนร้อนที่ใช้ศึกษาจะเจริญได้ในอุณหภูมิ ตั้งแต่ 35 องศาเซลเซียสขึ้นไป (Edgardo et al., 2008)

4. ความสามารถในการทนต่อแรงดันออสโมซิส

แปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสและไซโลส ได้แก่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 % (W/V) ในอาหาร YPD และ YPX agar plate บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบความทนต่อแรงดันออสโมซิส แสดงผลดังตารางที่ 3

ผลการทดลองจากตารางที่ 3 พบว่า ยีสต์ทั้ง 23 ไอโซเลต สามารถเจริญได้ดีในอาหาร YPD agar ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุดเท่ากับ 30% (W/V) และในอาหาร YPX agar ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 20% (W/V) โดยมียีสต์ที่สามารถเจริญได้ดีทั้งหมด 9 ไอโซเลต ได้แก่ ยีสต์ ร หั ส BRMU17, BRMU19, BRMU29, BRMU30,

BRMU34, BRMU35, BRMU42, BRMU49 และ BRMU61 นอกจากนี้พบยีสต์ที่เจริญได้ปานกลางที่ความเข้มข้นของน้ำตาลไซโลสสูงสุดเท่ากับ 25% (W/V) ได้แก่ ยีสต์รหัส BRMU29 และ BRMU 49 แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลคาร์บอน 6 อะตอม เป็นแหล่งคาร์บอนที่ยีสต์ทุกสายพันธุ์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี แต่น้ำตาลไซโลสซึ่งเป็นน้ำตาลคาร์บอน 5 อะตอม มียีสต์เพียงบางสายพันธุ์ที่สามารถใช้เพื่อการเจริญ ได้แก่ *Pichia stipitis* (Dubey *et al.*, 2012) *Pachysoles tannophilus* (Lee, 1986)

Candida jeffriesii (Nguyen *et al.*, 2006) *C. tenuis* (Kern *et al.*, 1996) *Schizosaccharomyces pombe*, *Kluyveromyces* sp. (Mcmillan, 1994)

ความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอนมีความสำคัญในการสังเคราะห์เซลล์ และการผลิตเอทานอล การใช้แหล่งคาร์บอนที่มีความเข้มข้นสูงๆ ในการหมักเอทานอลมีผลช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ แต่การใช้แหล่งคาร์บอนความเข้มข้นสูงๆ ก็มีข้อเสียในด้านการยับยั้งการเจริญ และการหมักเอทานอลเช่นเดียวกัน การยับยั้งนี้เกิด

ตารางที่ 3 ความสามารถของยีสต์ในการเจริญในอาหารที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูงขึ้น

รหัสยีสต์	ความเข้มข้นของน้ำตาล (% W/V)											
	กลูโคส						ไซโลส					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
BRMU 02	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-	-
BRMU 03	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	-	-	-
BRMU 04	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	-	-
BRMU 06	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-
BRMU 08	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-
BRMU 12	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-
BRMU 17	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 19	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-
BRMU 29	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+
BRMU 30	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-
BRMU 34	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-
BRMU 35	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+
BRMU 36	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+	-
BRMU 41	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	++	+	-
BRMU 42	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	-
BRMU 45	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-
BRMU 49	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	-
BRMU 50	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+	-
BRMU 51	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	-	-

BRMU 55	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	++	-	-
BRMU 56	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	++	+	+
BRMU 61	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-
BRMU 91	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	++	+	+

หมายเหตุ +++ = เจริญได้ดี (เจริญเต็มแนวเชื้อ)

+ = เจริญได้น้อย (เจริญบางส่วนแนวเชื้อ)

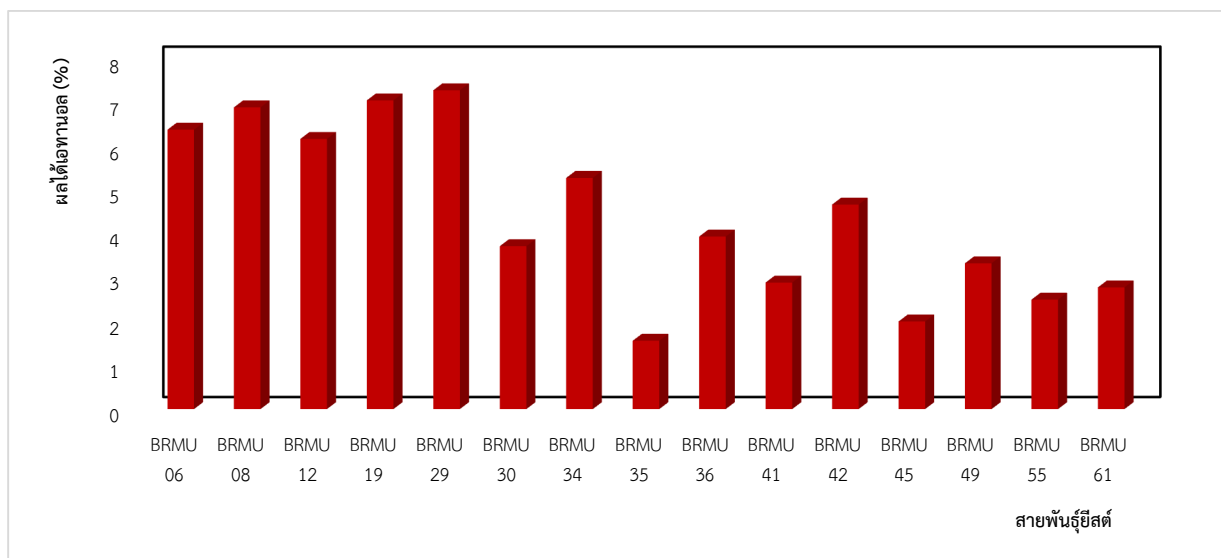
จากแรงดันออสโมซิส ทำให้เซลล์เกิดกระบวนการพลาสโมไลซิส เมื่ออยู่ในน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงเท่ากับ 14% โดยน้ำหนัก และมีผลยับยั้งเอนไซม์ในกระบวนการไกลโคไลซิส ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลลดลง (Lachance, 1990 ; Panchal & Tavares, 1990; Limtong, 1997)

++ = เจริญปานกลาง (เจริญเกือบเต็มแนวเชื้อ)

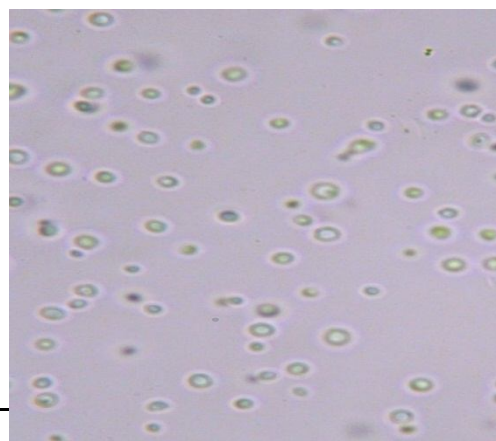
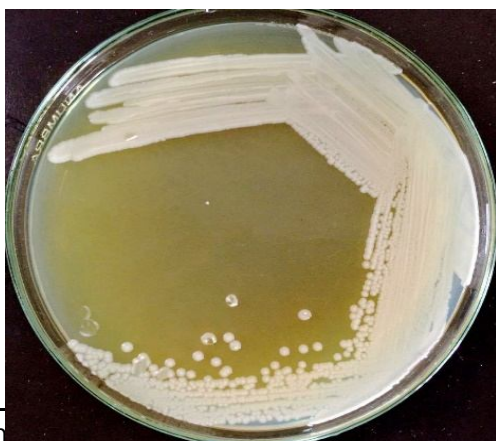
- = ไม่มีการเจริญ

5. การเปรียบเทียบการหมักเอทานอลที่อุณหภูมิสูงในอาหารสังเคราะห์

ในการผลิตเอทานอลจากยีสต์ทนร้อนที่มีความสามารถในการหมักและทนอุณหภูมิสูงทั้ง 23 ไอโซเลต ทดสอบความสามารถโดยใช้ Fermentation medium บ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และเอทานอลที่เกิดขึ้น พบว่า ยีสต์ทนร้อนรหัส BRMU29 สามารถผลิตเอทานอลได้ปริมาณมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 7.28 (% v/v) รองลงมา คือ รหัส BRMU19 เท่ากับ 7.05 และ BRMU08 เท่ากับ 6.89 (% v/v) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบผลการหมักเอทานอลจากยีสต์ที่คัดเลือกสายพันธุ์ต่างๆ ในอาหารสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่เวลา 48 ชั่วโมง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 เชื้อยีสต์รหัส BRMU29 (ก) โคลนที่เจริญบนอาหารแข็ง YPD บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และ (ข) ลักษณะของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยายภาพ 1,000 เท่า

6. ผลของอุณหภูมิสูงที่มีต่อการผลิตเอทานอล

ใช้ยีสต์จำนวน 3 ไอโซเลตที่คัดเลือกจากข้อ 5 ซึ่งให้เอทานอลสูงสุดสามลำดับแรก เพื่อหมักเอทานอลในอาหารเหลว sugarcane juice medium โดยแปรผันอุณหภูมิในการหมัก ได้แก่ 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2 จากภาพที่ 2 ที่อุณหภูมิ 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ยีสต์ที่มีการผลิตเอทานอลได้ดีที่สุด คือ ยีสต์รหัส BRMU29 มีค่าเท่ากับ 6.67, 6.67 และ 6.61% ตามลำดับ สำหรับยีสต์รหัส BRMU08 และ BRMU19 มีการผลิตเอทานอลที่ต่ำกว่ารหัส BRMU29 โดยรหัส BRMU08 สามารถผลิตเอทานอลที่อุณหภูมิ 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียส เท่ากับ 6.09, 5.88 และ 5.99% และเชื้อรหัส BRMU19 ให้ปริมาณเอทานอลต่ำสุด เท่ากับ 5.88, 5.49 และ 5.55% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการผลิตเอทานอลจะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิทำให้การแตกหน่อของยีสต์ผิดปกติผนังเซลล์เจริญไม่สมบูรณ์ การเพิ่มขนาดของเซลล์ผิดปกติมีปริมาณของเหลวในเซลล์เพิ่มขึ้น ความสามารถในการเลือกผ่านของสารอาหารที่จำเป็นต่อเซลล์ลดลง นอกจากนี้ อุณหภูมิสูงยังทำลายพันธะไฮโดรเจน ทำให้โปรตีนและกรดนิวคลีอิกเสื่อมสภาพ ขัดขวางการสังเคราะห์โปรตีนหลายชนิด เมื่อมีการสังเคราะห์โปรตีนลดลงส่งผลให้กิจกรรมการขนส่งน้ำตาลเข้าเซลล์ยีสต์ลดลงด้วยโดยมีผลต่อการนำน้ำตาลจากน้ำอ้อยซึ่งเป็นสับสเตรทเข้าเซลล์ลดลง รวมทั้งยับยั้งกระบวนการหายใจและกระบวนการหมัก จึงทำให้ยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้น้อยลงที่อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อพิจารณาผลของน้ำตาลระยะเวลาเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่มีในระบบการหมักจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ และเมื่อถึงชั่วโมงที่ 72 ความเข้มข้นของน้ำตาลจะลดลงเหลือร้อยละ 76.31, 71.88 และ 71.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

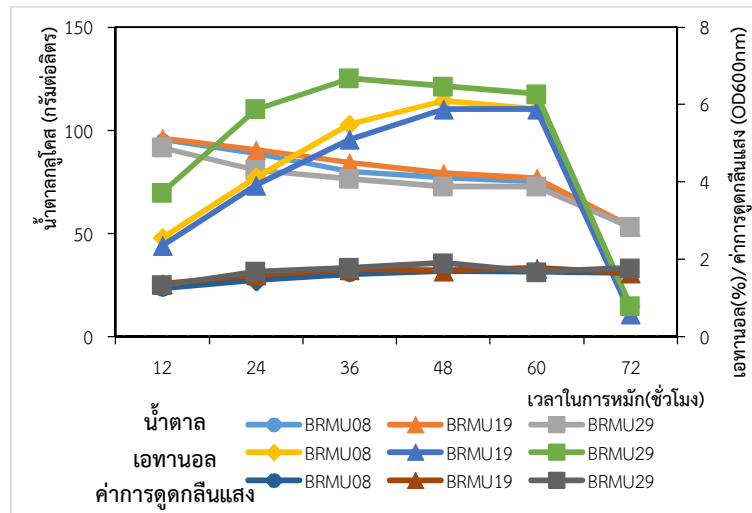
ซึ่งความเข้มข้นของน้ำตาลจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 24 ชั่วโมงแรก เนื่องมาจากในช่วงนี้เชื้อยีสต์จะมีการใช้น้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลิตภัณฑ์หลายชนิด เมื่อพิจารณาการเจริญของเซลล์จากค่าดูดกลืนแสงพบว่าที่ชั่วโมงที่ 24-48 การเจริญเติบโตจะเข้าสู่ระยะล็อกกาลีทิมซึ่งเป็นระยะที่เชื้อยีสต์มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดหลังจากชั่วโมงที่ 36 การเจริญเติบโตจะเข้าสู่ปลายระยะล็อกกาลีทิม ซึ่งการเจริญจะเข้าสู่ระยะคงที่และในช่วงนี้จะมีการสร้างสารที่เป็น secondary metabolite จำนวนมาก โดยเฉพาะเอทานอลจะสามารถผลิตได้ดีในระยะนี้

จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า สามารถคัดแยกยีสต์ทนร้อนจากตัวอย่างกากขานอ้อยซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสได้ทั้งหมด 98 ไอโซเลต ซึ่งมี 44 ไอโซเลตที่มีความสามารถในการสร้างแก๊ส การทดสอบความสามารถในการเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง พบยีสต์ที่คัดเลือกได้ทุกไอโซเลตสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 37-45 องศาเซลเซียส และมี 13 ไอโซเลตสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส และยีสต์ทนร้อนสายพันธุ์ BRMU 29 สามารถผลิตเอทานอลได้ปริมาณสูงสุด โดยศักยภาพของยีสต์ที่กล่าวมาข้างต้นมีความน่าสนใจในการใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในการผลิตเอทานอลเชื้อเพลิงต่อไปในอนาคต

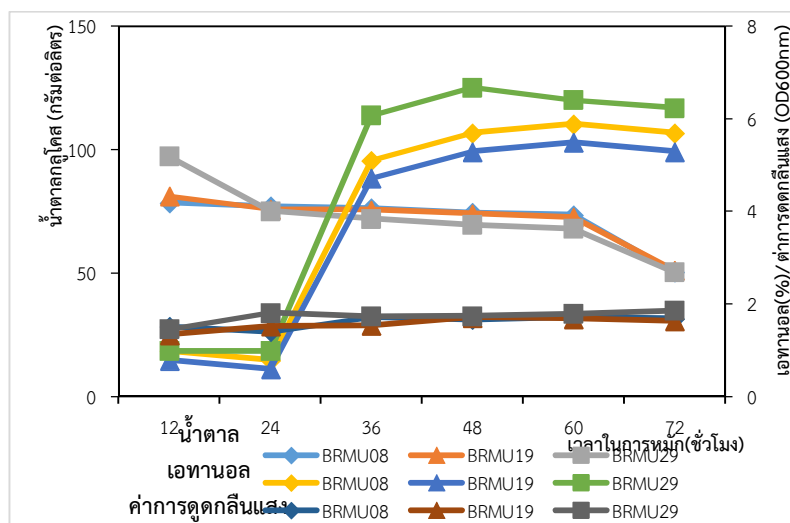
กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2558 และทุนคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2559

(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 2 (ก) การหมักเอทานอลที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ข) การหมักเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ (ค) การหมักเอทานอลที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แสดงปริมาณกลูโคสในอาหารที่มีน้ำอ้อยเป็นแหล่งคาร์บอน เอทานอล และค่าดูดกลืนแสง

เอกสารอ้างอิง

- Brooks, AA. 2008. Ethanol production potential of local yeast strains isolated from ripe banana peels. *African Journal of Biotechnology*. 7 (20): 3749-3752.
- Chaitep, P., Sajai P. and Pungkongtun, R. 2012. Ethanol production from molasses using a thermotolerant yeast. Rajamangara University of Technology Lanna-Chaingmai. 72 page. (in Thai)
- Dubey, A.K., Gupta, P.K., Garg N., Naithani, S. 2012. Bioethanol production from waste paper acid pretreated hydrolyzate with xylose fermenting *Pichia stipitis*. *Carbohydr. Polym.* 88(3): 825–829.
- Edgardo, A., Carolina, P., Manuel, R., Juanita, F. and Jaime, B. 2008. Selection of thermotolerant yeast strains *Saccharomyces cerevisiae* for bioethanol production. *Enzyme and Microbial Technology*. 43: 120-123.
- Haggran, A.A. and Abo-Sereih Nivien, A. 2014. Isolation and Identification of Ethanol Tolerant Yeast Strains. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 4(3): 600-606.
- Kern, M., Haltrich, D., Nidetzky, B. and Kulbe, K.D. 1996. Induction of aldose reductase and xylitol dehydrogenase activities in *Candida tenuis* CBS 4435. *FEMS Microbiol. Lett.* 149, 31.
- Lachance, Marc-Andre. 1990. Yeast selection in nature. In C.J. Panchal (ed.). *Yeast Strain Selection*. pp. 21- 41. New York, Marcel Dekker Inc.
- Lee, H., James, A. P., Zahab, D. M., Mahmoudides, G., Maleszka, R. and Schneider, H. 1986. Mutants of *Pachysolen tannophilus* with improved production of ethanol from D-xylose. *Applied and Environmental Microbiol.* 51: 1252-1258.
- Limtong S. 1997. *Yeast and Technology*. Bangkok: Department of Microbiology, Faculty of Science. Kasetsart University. 304 page.
- Limtong, S., Sringiew, C., Yongmanitchai, W. 2007. Production of fuel ethanol at high temperature from sugar cane juice by a newly isolated *Kluyveromyces marxianus*. *Bioresour. Technol.* 98: 3367-3374.
- Limtong, S., Srisuk, N., Tuntirungkit M., Kongseeree P., Yongmanitchai, W., Pisanpong, M., Kitpreechavanit, W., Chonudomkul, D., Chuantrakoon, O., Yungsaard, N., Koowajanukul, N., Tongpu, P., Aekchaweng, K., Rattanapan, A. and Aeadpum, A. 2008. Development of bioethanol production by thermotolerant yeasts. Kasetsart University. Bangkok. 364 page.
- McMillan, J. D. 1994. Conversion of hemicellulose hydrolysates to ethanol. *ACS Symp. Ser.* 566: 411-437.
- Nguyen, N. H., Suh, S. O., Marshall, C. J. and Blackwell, M. 2006. Morphological and ecological similarities: wood-boring beetles associated with novel xylose-fermenting yeasts, *Spathaspora passalidarum* nov. and *Candida jeffriesii* sp. nov. *Mycol Res.* 110: 1232–1241.
- Panchal, C.J. and Tavares, F.C.A. 1980. Yeast strain selection for fuel ethanol production. In C.J. Panchal (ed.), *Yeast Strain Selection*, pp. 225-243. New York. Marcel Dekker Inc.
- Pimpakan, P. 2012. Bioethanol production at high temperature from sugarcane syrup by Thermotolerant yeast, *Kluyveromyces marxianus* DMKU-3-1042. Kasetsart University. 154 page. (in Thai)
- Walker, G.M. 1998. *Yeast physiology and biotechnology*. John Wiley & Sons. New York.
- Zabed, H., Faruq, G., Sahu, J.N., Azirun, M.S., Hashim, R. and Boyce, A.N. 2014. Bioethanol Production from fermentable sugar juice. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal. 11 pages.

Diversity and Genetic Marker for Species Identification of Edible Mushrooms

Yuwadee Insumran^{1*} Netchanok Jansawang¹ Jackaphan Sriwongsa¹
Panuwat Reanruangrit² and Manit Auyapho¹

¹*Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,
Maha Sarakham 44000, Thailand*

⁴*Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand*

Abstract

Diversity and genetic marker for species identification of edible mushrooms in the Koak Ngam forest, Muang, Maha Sarakham, Thailand was conducted in October 2012 to October 2013. A total of 31 species from 15 genera and 7 families were found. The genetic variation based on the Internal Transcribed Spacer (ITS) sequences for 11 species, representing four genera of the edible mushrooms. The ITS sequences revealed considerable genetic variation. *R. luteotacta*, *A. princeps* and *X. subtomentosus* showed high levels of genetic differentiation. These findings indicated that the Thai samples could be genetically distinct species. Therefore, further molecular and morphological examinations were needed to clarify the status of these species. A phylogenetic analysis revealed that *X. subtomentosus* was polyphyletic. The results were consistent with previous studies suggesting that classifications of these genera need re-examining. At the species level, the level of genetic divergence could be used for species identification.

Keywords: Species diversity, Genetic marker, Edible mushrooms

*Corresponding author : E-mail address: Insumran_y@hotmail.com

ความหลากหลายและเครื่องหมายพันธุกรรมในการจำแนกเห็ดกินได้

ยุวดี อินสำราญ^{1*} เนตรชนก จันทร์สว่าง¹ จักรพันธ์ ศรีวงษา¹ ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์²
และ มานิตย์ อัญญะโพธิ์¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายชนิด และเครื่องหมายพันธุกรรมในการจำแนกเห็ดกินได้ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาความหลากหลายและนิเวศวิทยาของเห็ดที่กินได้ ได้พัฒนาเครื่องหมายทางพันธุกรรมเพื่อศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมของเห็ดกินได้ โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของ Internal transcribed spacer (ITS) สำหรับการระบุชนิดของเห็ดกินได้ ในพื้นที่ป่าโคกงาม โดยทำการศึกษา ระหว่างเดือนตุลาคม 2555 ถึงเดือนตุลาคม 2556 โดยการสำรวจตามเส้นทางการเดินป่าของชุมชน พบเห็ดกินได้ทั้งหมด 7 วงศ์ 15 สกุล และ 31 ชนิด

การศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมและสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของ Internal Transcribed Spacer (ITS) ศึกษาเห็ดกินได้ 11 สปีชีส์ จาก 4 วงศ์ พบว่า *A. princeps*, *Russula Luteotacta*, *Xerocomus subtomentosus*, มีความแปรผันทางพันธุกรรมสูงและมีความแตกต่างทางพันธุกรรมกับเห็ดชนิดเดียวกันในประเทศไทยสูง บ่งชี้ว่าเห็ดสปีชีส์เหล่านี้อาจเป็นสายพันธุ์หรือสปีชีส์ที่แตกต่างจากที่มีรายงานก่อนหน้านี้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาโมเลกุลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อตรวจสอบสถานภาพทางสปีชีส์ของเห็ดกลุ่มนี้ ในการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการพบว่าสกุล *Xerocomus subtomentosus* จัดเป็น polyphyletic สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการจัดจำแนกเห็ดเหล่านี้ในระดับสกุลนั้นจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงระดับสปีชีส์ โดยใช้เครื่องหมายทางพันธุกรรม

คำสำคัญ: ความหลากหลาย, เครื่องหมายพันธุกรรม, เห็ดกินได้

*ผู้เขียนให้ติดต่อ : E-mail address: Insumran_y@hotmail.com

Introduction

Thailand has abundant biodiversity, which contributes to sustaining livelihoods and prevents poverty and hunger of Thai people. Biodiversity gives Thai food a great variety of forms, smells and tastes. The application of the mushroom biodiversity is also found It has traditionally been used for the prevention of a range of diseases (Office of Natural Resources and Environmental

Policy and Planning, 2015). Biodiversity also intensifies the uninterrupted resources necessary for survival. Mushrooms are microorganisms that produce mycelial and then form the mushrooms bodies. Mushrooms have been treated as food and medicine from the past to the present, especially in the northeastern region of Thailand, due to the fact that they are highly nutritious as a quality protein source and consist of nine kinds of amino acids essential to humans (Chang, 1984)

and also contain a large quantity of nutrients, such as phosphorus, potassium, vitamin B1, B12 and vitamin B complex (Crisan and Sands, 1978). Mushrooms, such as *Lactarius* spp., *Boletus* spp., *Russula* spp. and *Amanita* spp. etc. are examples of symbiosis between plants and mushrooms (Sanmee *et al.*, 2003). *Termitomyces* sp. (Donatha, 2012) is an example of symbiosis between termites and a mushroom. *Ganoderma lucidum* (M.A. Curtis:Fr.) P. Karst is an example of association between pathogenic fungi and the trees they live on (Grand and Vernia, 2006).

In addition, mushrooms are useful in balancing the natural ecosystem as they need to be alive with other creatures and in accordance with the physical and biological environments. Therefore, the variety of wild mushrooms is a good indicator of the integrity of natural resources in terms of species diversity, genetic diversity and ecological diversity, in which the fundamental information of mushrooms can be used to manage and conserve the natural environment.

Fundamental knowledge of taxonomy and genetics are particularly important in identifying precisely what species the mushrooms are so they can be selected correctly. To identify the species of mushrooms, it is typical to use the morphology. However, since the environment influences the physical appearance of the mushrooms, it has been found that some species are very close to one another and have similar sizes and colors, which results in mistakes in classification and identification of mushrooms (Oberwinkler, 1985; Hibbett and Thorn, 2001; Kirk *et al.*, 2001; Hibbett and Binder, 2002; Dai, 2007). The development of a method to identify the species by molecular biological techniques together with identification by morphology has been initiated, which has resulted in a better and more accurate method than identification by morphology alone. The genetic markers within the

DNA barcode have been especially developed to solve the problems and limitations of the species identification (Hebert *et al.*, 2003a). Previous reports have shown the DNA barcodes to identify Nectriaceae (Zhao, 2011), *Tricholoma sculpturatum* (Fr.) Quél. (Jargeat, 2010) and *Boletus* in Europe (Beugelsdijk, 2008). The objectives of this study were to identify species diversity and the development of genetic markers for specific types of edible mushrooms in Koak Ngam Forest, Muang, Maha Sarakham, Thailand.

Materials and Methods

1. Sample collection and identification

Samples of edible mushrooms were collected randomly on the area sized 100 x 100 m² from Koak Ngam Forest, Muang District, Maha Sarakham Province, Thailand in 2012 to 2013 (Tab. 1). Morphological characters were examined at both the macroscopic and microscopic levels. The keys to mushroom species by Sanoamuang (2010), Arora (1987) and Chandrasrikul *et al.* (2008) were used for species identification. All specimens used in this study were deposited in the herbarium of the Natural Medicinal Mushroom Museum (MSUT), Faculty of Science, Maha Sarakham University, Thailand.

2. DNA extraction and amplification

Genomic DNA was extracted using a Plant Genomic DNA Extraction Kit (RBC Bioscience Corp., Taiwan). Cells were ground into a powder in liquid nitrogen and DNA was extracted following the manufacturer's protocol. The DNA samples were stored at -20°C. A fragment of the ITS region was amplified using the primers ITS1 and ITS4 (White *et al.*, 1990). The PCR reaction was performed in a total volume of 50 µl containing 1x reaction buffer, 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM of each dNTP, 2.5 µM of each primer, 0.4 units of *Taq* DNA

polymerase and 2 μ l of DNA sample (diluted 1:20 in ddH₂O). The temperature profile was 94°C for 2 min; followed by 36 cycles of denaturing at 94°C for 45 s, annealing at 50°C for 45 s and extension at 72°C for 1.30 min; and a final extension at 72 °C for 5 min. PCR products were checked on a 1% agarose gel containing 0.125 mg/L ethidium bromide. The PCR products were cleaned using a PCR purification kit (RBC Bioscience, Taiwan) and were sequenced using the same primers as in the PCR by the MacroGen DNA Sequencing Service (Seoul, Korea).

3. Data analysis of amplified sequence

A total of 31 sequences from 11 species of edible mushrooms were included in the analyses. Sequences were aligned using the Clustal W algorithm in BioEdit (Hall, 1999), which was followed by manual editing as appropriate.

Results

The study of the species diversity and ecology of wild edible mushrooms in Koak Ngam Forest Meuang District, Maha Sarakham Province, Thailand found a total of 31 species representing 15 genera from 7 families of edible mushrooms (Table 1). The Russulaceae family with 10 species was the most commonly found, followed by Boletaceae with 8 species, Amanitaceae with 7 species, Astracaceae and Cantharellaceae with 2 species and Tricholomataceae and Mdnayastraceae, all represented by one species each (Figure 1). The types of mushrooms found with a high frequency and large quantity included *Russula* sp. and *Amanita* sp., Boletaceae (*Boletes*, *Boletus*, respectively).

Thirty-one specimens from 11 species of *Amanita* (two species), *Termitomyces* (one species), *Russula* (five species), *Boletus* (two species) and *Astraeus* (one species) were

Genetic variation within and between species was calculated based on the Kimura 2-parameter using MEGA 6 (Tamura *et al.*, 2011). The maximum parsimony (MP) method in PAUP 4.10b was used (Swofford, 2002). Bootstrap supports were calculated based on 1,000 pseudo replications. The phylogenetic relationships were assessed based on neighbor-joining (NJ) and maximum likelihood (ML) methods. Both NJ and MP were implemented in MEGA 6 Version 6.0.5 (Tamura *et al.*, 2011). Branch support for NJ and MP was calculated using the bootstrapping method with 1,000 replicates. For phylogenetic analyses, ITS sequences of *Inonotus tropicalis* (M.J. Larsen & Lombard) T. Wagner & M. Fischer (AF534077) and *I. weigela* T. Hatt. & Sheng H. Wu 2012 (JN642597) from Genbank were used as the out group.

examined (Table 1). Phylogenetic analysis revealed two groups of edible of mushrooms. Group I was comprised of three families (Amanitaceae, Russulaceae and Boletaceae) with 10 species (*Amanita hemibapha* subsp. *javanica* Corner & Bas, *A. princeps* Corner & Bas., *Termitomyces fuliginosus* Heim, *Russula luteotacta* Rea, *R. cascadiensis* Schaeffer, *R. paludosa* (Secr.) Gill., *R. aeruginea* Lindbl., *R. violeipes* Quelet, *Xerocomus subtommentosus* (Li:Fr.) Quel. and *Boletus edulis* Bull. ex Fr.).

Amanitaceae was included with two species which were *A. hemibapha* subsp. *javanica* Corner & Bas and *A. princeps* Corner & Bas. with strong support (91%). Russulaceae was divided into four groups: group I consisted of *R. luteotacta* Rea with high bootstrap support (100%), group II consisted of two species that were *R. cascadiensis* Schaeffer and *R. luteotacta* Rea, group III consisted of two species that were *R. luteotacta* Rea and *R. paludosa* (Secr.) Gill. with high

bootstrap support (100%) and group IV consisted of two species that were *R. aeruginea* Lindbl. and *R. violeipes* Quelet. Boletaceae was included with two species that were *X. subtomentosus* (Li:Fr.) Quel. and *B. edulis* Bull. ex Fr.. Group II comprised of *A. hygrometricus* (Pers. Ex Pers) Morgan. According to the result of the analysis, it was found that every family was monophyletic (Figure 2.)

The phylogenetic analysis showed that every species was monophyletic apart from *R. luteotacta* Rea that was polyphyletic. However, the samples of this group were divided into three distinct sections with bootstrap support of 100%,

and all sections had different genetic divergence (mean = 7.9%), which suggested that *R. luteotacta* Rea might contain two different species, but the morphology was very similar and in a position close to *R. paludosa* Britzlemayr. *R. aeruginea* Lindbl. was a monophyletic species; however, the samples of this group were divided into two sections with bootstrap support of 100%. *X. subtomentosus* (Li:Fr.) Quel. was a monophyletic species. In addition, this group of the sample was split into three sections with high bootstrap support (100%), which suggested that *X. subtomentosus* (Li:Fr.) Quel. might include three different species, but the morphology was very

Table 1. Edible Mushrooms collected in Koak Ngam Forest, Maung, Maha Sarakham Province, Thailand.

Family	Scientific mane
Amanitaceae	<i>Amanita hemibapha</i> subsp. <i>javanica</i> Corner & Bas <i>A. princeps</i> Corner & Bas. <i>A. caesaria</i> (Fr.) Schwenitz <i>A. onusta</i> (Howe) Saccardo <i>Termitomyces fuliginosus</i> Heim <i>T. eurhizus</i> (Berk.) Heim <i>Termitomyces microcarpus</i> (Berk. & Broom) Heim
Astracaceae	<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers. Ex Pers) Morgan <i>A. asiaticus</i> C. Phosri, M. P. Marthin & R. Watling
Boletaceae	<i>Tyloporus visidulus</i> (Pat.) Lee & Watling, <i>Phylloporus rhodoxanthus</i> (Schw.ex Fr.) Bresadola <i>Xerocomus subtomentosus</i> (Li:Fr.) Quel. <i>Phlebopus braunii</i> (Bres.) Singer <i>Boletellus emodensis</i> (Berk.) Singer <i>Boletus edulis</i> Bull. ex Fr. <i>B. mottii</i> Thiers <i>B. minitopallescens</i> Smith & Thiers
Cantharellaceae	<i>Cantharellus minor</i> Peck <i>Clavulina cristata</i> (Fr.) Schroeter
Mdnayastraceae	<i>Mycoamaranthus cambodgensis</i> (Pat.)
Russulaceae	<i>Russula densfolia</i> (Secr.) Gill. <i>R. cascadiensis</i> Schaeffer <i>R. luteotacta</i> Rea <i>R. paludosa</i> Britzlemayr

Family	Scientific name
	<i>R. delica</i> Fr.
	<i>R. aeruginea</i> Lindbl.
	<i>R. violeipes</i> Quelet
	<i>R. cyanoxantha</i> (Schaeff. ex Secr.) Fr.
	<i>Lactarius aurantiacus</i> (Vahl. ex)
	<i>L. glaucescens</i> Crossl.
Tricholomataceae	<i>Tricholoma crassum</i> (Berk.) Sacc.



Fig. 1 Some edible mushrooms from Koak Ngam Forest: (A) *Clavulina cristata* (Fr.) Schroeter, (B) *Cantharellus minor* Peck, (C) *Strobilomyces confusus* Sing., (D) *Termitomyces eurhizus* (Berk.) Heim., (E) *Termitomyces microcarpus* (Berk. & Broom) Heim, (F) *Lactarius aurantiacus* (Vahl.ex), (G) *Phylloporus rhodoxanthus* (Schw.ex Fr.) Bresadola, (H) *Tyopilus* sp., (I) *Russula cyanoxantha* Schaeff.ex Fr., (J) *L. glaucescens* Crossl, (K) *Xerocomus subtomentosus* (Li:Fr.) Quel., (L) *Amanita princeps* Corner & Bas., (M) *R. paludosa* Britzlemayr, (O) *R. luteotacta* Rea., (P) *Tyopilus visidulus* (Pat.) Lee & Watling, (Q) *A. hemibapha* subsp. *javanica* Corner & Bas, (R) *Boletes* sp. (S) *A. caesaria* (Fr.) Schwenitz and (T) *A. onusta* (Howe) Saccardo.

similar. *B. edulis* Bull. ex Fr. and *A. hygrometricus* (Pers. Ex Pers) Morgan were monophyletic species; however, the samples of this group were divided into two sections with high bootstrap support (100%). *A. hygrometricus* (Pers. Ex Pers) Morgan was a monophyletic species, but the samples of this group were divided into two sections with high bootstrap support (100%).

A total of 31 sequences representing 11 species of edible mushrooms from Koak Ngam Forest, Maung, Maha Sarakham, Thailand were obtained. The sequence length of the ITS1 region ranged between 430 and 560 bp. There were 199 invariable positions, 271 positions were variable but parsimony was uninformative and 84 positions were variable and parsimony was informative. Average intraspecific genetic divergences based on the Kimura 2-parameter model for 11 species (Table 2) ranged between 0 and 7.9%. A high level of genetic differentiation was found in *R. luteotacta* Rea with intraspecific genetic divergences of 7.9. While for other species the values were *R. paludosa* Britzlemayr mean = 0, *R. aeruginea* Britzlemayr mean = 0.6, *R. violeipes* Quelet mean = 0, *X. subtomentosus* (Li:Fr.) Quel. mean = 2.8, *B. edulis* Bull. ex Fr. mean = 2.1, *A. princeps* subsp. *javanica* Corner & Bas mean = 0.31 and *A. hygrometricus* (Pers. Ex Pers) Morgan mean = 1.5 (Table 2).

Discussion

The types of mushrooms found with a high frequency and a large quantity were the families Russulaceae (*Russula*) and Amanitaceae.

Russula are considered a species with high biodiversity (Singer, 1986; Boa, 2004; Sitta and Floriani, 2008), and they play an important role in forest ecology (Richardson, 1970). Environmental factors that affect the development and integrity of mushrooms are the moisture together with humid conditions and strong sunshine after rain that stimulates the mushroom growth. In addition to weather, ground conditions with plant matter deposition produces a rich nutrient source that results in strong mushroom growth (Klinhom *et al.*, 2003; Benjawattananon *et al.*, 2008). To identify mushrooms as belonging to either *Russula* or *Boletus* genera cannot be done by only recognizing the morphology as these two genera share a very similar physical appearance, which can result in mistakes in classification and identification of the mushrooms (Dai, 2007; Oberwinkler, 1985; Hibbett and Thorn, 2001; Kirk *et al.*, 2001; Hibbett and Binder, 2002). According to the report of Marco *et al.* (2005), a study was conducted with *B. edulis* in Italy and Europe. It was a species complex and possessed a genetic diversity that was difficult to classify by morphology alone because the morphological variation of the mushroom was very little. This also corresponded to the study of Mello *et al.* (2006) in to *Boletus* that were edible and naturally grown in Europe. It found that the taxonomic classification of 10 groups of mushroom could not be done through morphology alone.

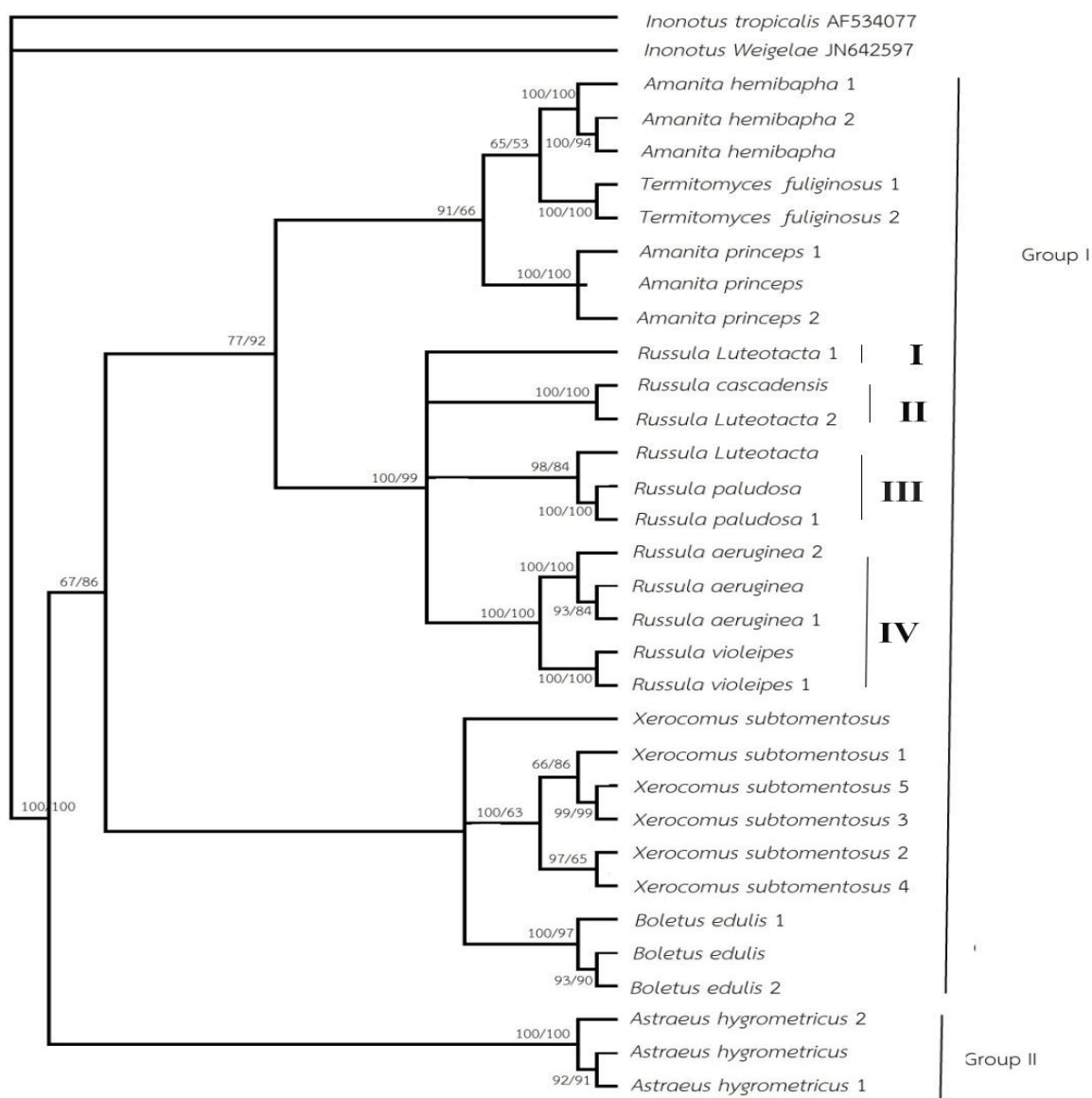


Fig 2. Maximum-likelihood trees for 31 sequences from 11 species of the edible mushrooms in Koak Ngam Forest. Bootstrap support for neighbor-joining, parsimony and posterior probability based on the likelihood ratio test, respectively, are shown above or near the branch. Scale bar represents 0.01 substitutions per nucleotide position.

Table 2. Edible Mushrooms collected in Koak Ngam Forest, Maung, Maha Sarakham Province, Thailand.

Family	Scientific mane
ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559	วารสารเกษตรพระวรุณ
Volume 13 Number 2 July – December 2016	248

Family	Scientific name
Amanitaceae	<i>Amanita hemibapha</i> subsp. <i>javanica</i> Corner & Bas <i>A. princeps</i> Corner & Bas. <i>A. caesaria</i> (Fr.) Schwenitz <i>A. onusta</i> (Howe) Saccardo <i>Termitomyces fuliginosus</i> Heim <i>T. eurhizus</i> (Berk.) Heim <i>Termitomyces microcarpus</i> (Berk. & Broom) Heim
Astracaceae	<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers. Ex Pers) Morgan <i>A. asiaticus</i> C. Phosri, M. P. Marthin & R. Watling
Boletaceae	<i>Tyloporus visidulus</i> (Pat.) Lee & Watling, <i>Phylloporus rhodoxanthus</i> (Schw.ex Fr.) Bresadola <i>Xerocomus subtomentosus</i> (Li:Fr.) Quel. <i>Phlebopus braunii</i> (Bres.) Singer <i>Boletellus emodensis</i> (Berk.) Singer <i>Boletus edulis</i> Bull. ex Fr. <i>B. mottii</i> Thiers <i>B. minitopallescens</i> Smith & Thiers
Cantharellaceae	<i>Cantharellus minor</i> Peck <i>Clavulina cristata</i> (Fr.) Schroeter
Madnayastraceae	<i>Mycoamaranthus cambodgensis</i> (Pat.)
Russulaceae	<i>Russula densfolia</i> (Sacc.) Gill. <i>R. cascadiensis</i> Schaeffer <i>R. luteotacta</i> Rea <i>R. paludosa</i> Britzlemayr <i>R. delica</i> Fr. <i>R. aeruginea</i> Lindbl. <i>R. violeipes</i> Quelet <i>R. cyanoxantha</i> (Schaeff. ex Sacc.) Fr. <i>Lactarius aurantiacus</i> (Vahl. ex) <i>L. glaucescens</i> Crossl.
Tricholomataceae	<i>Tricholoma crassum</i> (Berk.) Sacc.

Table 3. Range and average intraspecific and interspecific genetic divergences based on the ITS sequences from edible mushrooms in Koak Ngam Forest, Maung, Maha Sarakham, Thailand.

Species	Number of samples	Mean of intraspecific	Mean-Max (%)
---------	-------------------	-----------------------	--------------

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

วารสารเกษตรพระวรุณ

			between species (%)	
1	<i>Amanita hemibapha</i> subsp. <i>javanica</i> Corner & Bas	3	1.5	0-4.8
2	<i>A. princeps</i> Corner & Bas.	3	0.31	0-0.50
3	<i>Termitomyces fuliginosus</i> Heim	2	0	0
4	<i>Russula luteotacta</i> Rea	3	7.9	1.6-9.3
5	<i>R. cascadiensis</i> Schaeffer	1	-	-
6	<i>R. paludosa</i> Britzlemayr	2	0	0-1.15
7	<i>R. aeruginea</i> Lindbl.	3	0.6	0-0.9
8	<i>R. violeipes</i> Quelet	2	0	0-2.67
9	<i>Xerocomus subtomentosus</i> (Li:Fr.) Quel.	6	2.8	1.5-4.67
10	<i>Boletus edulis</i> Bull. ex Fr.	3	2.1	0-3.3
11	<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers. Ex Pers) Morgan	3	1.5	0.5-2.0
	total	31		

According to the study of the phylogenetics of Boletaceae, which were divided into several groups that corresponded to the study of Leonardi *et al.* (2005) who studied the variation in mushrooms of the genus *Boletus*, they could be divided into four groups, which corresponded to the plant morphology of each species. DNA barcodes can be used to classify species of mushroom (Beugelsdijk *et al.*, 2008). According to such a study, it was found that the classification of *Boletus* into different species could be done by some morphological characteristics, and that there was no genetic

difference. Using the appearance, color, lamellae and symbiotic relationships with plants of the mushroom against the morphology alone to classify the species of the mushroom might lead to inaccuracies in the classification. Genetic markers help to solve the problems and limitations of species identification. Phylogenetic study based on the ITS of Boletaceae was divided into two groups. The *Boletus* species formed two distinct monophyletic clades. The *X. subtomentosus* (Li:Fr.) Quel. clade was divided into three major clades. These three groups have a high levels of genetic divergence (2.8 % Kimura

2-parameter genetic distance). This might indicate the existence of cryptic diversity in this species (Donnell, 1993; Muthumeenakshi *et al.*, 1994; Sreenivasaprasad *et al.*, 1996; Balardin and Kelly, 1998; Miller, 2002). Basidiomycetes were found to have high genetic variation of 3.3% (Nilsson *et al.*, 2008). Molecular studies of the Russulaceae indicated that this family could be split into several genera, due to the individuals under this species being much diversified. The fact that the physical appearance, size and color of *Russula* were very similar, might lead to inaccurate classification and identification of the mushroom, especially in doing so for *Russula* sp. (Oberwinkler, 1985; Hibbett and Thorn, 2001; Kirk *et al.*, 2001; Hibbett and Binder, 2002; Dai, 2007). The study in Europe classified *Russula* sp. as a species complex (Sarnari, 2008). The molecular marker frequently was used for fungal barcoding of is the ITS sequences (Begerow *et al.*, 2010). DNA barcodes based on ITS sequences have been used successfully to identify several fungal species. Jargeat *et al.* (2010) used ITS sequences for population genetic study and for species identification of the *T. sculpturatum* complex. The results indicated low intraspecific genetic variation (<0.2% K2P distance); thus, ITS sequences were effectively used to identify species of this complex.

However, great intraspecific variation was reported for fungi. Mean intraspecific genetic

divergence for the K2P genetic distance of the kingdom fungi was 2.51% (± 4.57) with a range of 1.96% in the Ascomycota to 5.63% in the Chytridiomycota. The average intraspecific genetic divergence in Basidiomycota was 3.33% (Nilsson *et al.*, 2008). Due to the great variation in the intraspecific genetic divergence, the 3% threshold for a DNA barcode (Hebert *et al.*, 2003) might not be appropriated for fungal DNA barcodes. Thus, another method based on the neighbor joining tree constructed from the K2P genetic distance could be applied (Guarro *et al.*, 1990; Monchai *et al.*, 2004; Marco *et al.*, 2005; Mello *et al.*, 2006; Ro *et al.*, 2007; Stockinger *et al.*, 2010).

High levels of genetic divergence among Russulaceae in Koak Ngam Forest Muang, Maha Sarakham, Thailand were found. Intraspecific genetic divergences of the Russulaceae were in the range from 0% to 7.9%. The greatest intraspecific divergence was found in *R. luteotacta*. Among the 11 species examined, intraspecific variation is unlikely to identify these species. However, because 10 of the 11 species were monophyletic, the neighbor joining tree could be used effectively to identify species. Therefore, the DNA barcode based on the intraspecific versus interspecific genetic divergence is unlikely to identify these species. However, because 10 of the 11 species were monophyletic, the neighbor joining tree could be used effectively to identify species.

Acknowledgements

This study was financially supported by a grant from the National Research Council of Thailand and Rajabhat Maha Sarakham University,

Thailand. I would like to thank Assoc. Prof. Dr. Pairot Pramual (Mahasarakham University, Thailand) for comments on an earlier version of the manuscript.

References

- Arora, D. 1986. Mushroom demystified a comprehensive guide to fleshy Fungi. 2nd ed. Tenspeed press, Berkeley. 420. pp.
- Balardin, R.S. and Kelly, J.D. 1998. Interaction between *Colletrichum lindemuthianum* Races and Gene Pool Diversity in *Phaseolus vulgaris*. Journal of the American Society for Horticultural Science. 123(6): 1038-1047.
- Begerow, D., Nilsson, H., Unterseher, M. and Maier, W. 2010. Current state and perspectives of fungal DNA barcoding and rapid identification procedures. Applied Microbiology and Biotechnology. 87: 99–108.
- Beugelsdijk, S., Linde, V.D., Zuccarello, G.C., Bakker, D.H.C., Draisma, S.G.A. and Noordeloos, M.E. 2008. A phylogenetic study of *Boletus* section *Boletus* in Europe. Persoonia. 20: 1–7.
- Benjawattananon, R., Teerakulpisut, P. and Pupanrot, V. 2008. A study of the biodiversity of mushrooms and a development of the toxic mushrooms taxonomy using multiple approaches; A Case study at Thalee Sub-District, Thalee District, Loei Province. National Research council of Thailand.
- Boa, E.R. 2004. Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people. Non-wood Forest Products 17, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Chandrasrikul, A., Poonpilai, S., Uthaiwan, S., Tsutomu, M., Yoshinori, N. and Yasuaki, M. 2551. Diversity of mushroom and macrofungi in Thailand. 1st. Kasetsart university press, Bangkok. 514 p.
- Donatha, D.T. 2012. Termitomyces species from Tanzania, Their Cultural Properties and Unequalled Basidiospores. Journal of Biology and Life Science. 3(1): 140 – 159.
- Chang, S.T. and Miles, P.G. 1984. A new look at cultivated mushrooms. Bioscience. 34(6), 358-362.
- Crisan, E.V. and Sands, A. 1978. Nutritive value. In: Chang ST, Hayes WA (eds) The Biology and cultivation of edible mushrooms. Academic Press, Inc. New York. 58-62 pp.
- Dai, Y.C. 2007. Systematic revisit of *Sparsitubus* (Basidiomycota, Aphyllophorales), an unusual cyphelloid polypore from China. Fungal Diversity. 25: 37– 47.
- Fischer, M. and Binder, M. 2004. Species recognition, geographic distribution and host- pathogen relationships: a case study in a group of lignicolous basidiomycetes, *Phellinus* s.l. Mycologia. 96: 799-811.
- Guarro, J., Gene, J. and Stchigel, A.M. 1999. Development in fungal taxonomy. Clinical Microbiol. Research. 12(3) : 454-500.
- Grand, L.F. and Vernia, C.S. 2006. Biogeography and hosts of poroid wood decay fungi in North Carolina: species of *Fomes*, *Fomitopsis*, *Fomitella* and *Ganoderma*. Mycotaxon. 94: 231–234.
- Hebert, P.D., Cywinska, A., Ball, S.L. and deWaard, J.R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceeding Biological sciences/ The Royal Society. February 7, 270(1512) : 313-21.
- Hibbett, D.S. and Binder, M. 2002. Evolution of complex fruiting body morphologies in homobasidiomycetes. Proceedings of the Royal Society of London Series B. 269: 1963-1969.
- Hibbett, D.S. and Thorn, R.G. 2001. Basidiomycota: Homobasidiomycetes. The mycota VII Part B. Systematics and evolution. McLaughlin/McLaughlin/Lemke (Eds.) Springer-Verlage, Berlin Heidelberg. 121 -166. pp.
- Jargeat, P., Florent, M., Fabian, C., Herve, G., Moreau, P-A. and Monique, G. 2010. Phylogenetic species delimitation in ectomycorrhizal fungi and implications for barcoding: the case of the *Tricholoma scalpturatum* complex (Basidiomycota). Molecular Ecology. 19: 5216–5230.

- Klinhom, U., Klinhom, W. and Kanchanamayoon, W. 2003. Mushroom and traditional knowledge in Northeastern Thailand. Proceedings of The 2nd International conference on medicinal mushrooms and the Intonation conference on biodiversity and bioactive compounds, 17–19, July.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minger, D.W. and Stalpers, J.A. 2008. Dictionary of the fungi. 10th edn. CAB International, Oxon. 1–771 pp.
- Leonardi, M., Francesco, P., Andrea, R., Giampaolo, S. and Giovanni, P. 2005. Assessment of inter-and intra-specific variability in the main species of *Boletus edulis* complex by ITS analysis. FEMS Microbiology Letters. 243 : 411–416.
- Marco, L., Francesco, P., Andrea, R., Giampaolo, S. and Giovanni, P. 2005. Assessment of inter- and intra-specific variability in the main species of *Boletus edulis* complex by ITS analysis. FEMS Microbiology Letters. 243 : 411–416.
- Manian, S., Sreenivasaprasad, S., Bending, G.D. and Mills, P.R. 2001. Genetic diversity and interrelationships among common European *Suillus* species based on ribosomal DNA sequences. FEMS Microbiology Letters. 204: 117–121.
- Mello, A. 2006. ITS primers for the identification of marketable boletes. Journal of Biotechnology. 121: 318–329.
- Miller, S.L. and Buyck, B. 2002. Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classifications. Mycology research. 106(3): 259–276.
- Monchai, M., Thanwalee, S-N., Nantakorn, B., Sureelak, R. and Neung, T. 2005. Phylogenetic diversity of wild edible *Russula* from Northeastern Thailand on the Basis of Internal Transcribed Spacer Sequence. Science Asia. 31: 323–328.
- Muthumeenakshi, S., Mills, P.R., Brown, A.E. and Seaby D.A. 1994. Intraspecific molecular variation among *T. hazineum* isolates colonizing compost in British Isles. Microbiology. 140: 769–777.
- Nilsson, R.H., Kristiansson, E., Ryberg, M., Hallenberg, N. and Larsson, K-H. 2008. Intraspecific ITS variability in the Kingdom fungi as expressed in the international sequence databases and Its implications for molecular species identification. Evolutionary Bioinformatics. 4: 193–201.
- Oberwinkler, F. 1985. Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten. Botanische Jahrbücher für Systematik. 107, 541–580.
- O'Donnell, K. 1993. *Fusarium* and its near relatives. In the fungal holomorph: mitotic, meiotic and pleomorphic speciation in fungal systematics (D. R.Reynolds & J. W. Taylor, eds) : 225±233. CAB International, Wallingford.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2015. Biodiversity in Thailand. Available from: http://chm-thai.onep.go.th/chm/bio_th.html. [June 15, 2015].
- Paraskevi, K., Ouzouni, Petridis, D., Koller, W-D., Kyriakos, and Riganakos, A. 2009. Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. Food Chemistry. 115: 1575–1580.
- Richardson, M.J. 1970. Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Scots pine plantation. Transactions of the British Mycological Society. 55: 217–229.
- Ro, H-S., Kim, S.S., Ryu, J.S., Jeon, C-O., Lee, T.S. and Lee, H-S. 2007. Comparative studies on the diversity of the edible mushroom *Pleurotus eryngii*: ITS sequence analysis, RAPD fingerprinting, and physiological

- characteristics. Mycological research. 710 –715.
- Sambrook, J., Fritsch, E. F. and Maniatis, T. 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 2nd ed., Plainview, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- Sanmee, R., Dell, B., Lumyong, P., Izumori, K. and Lumyong, S. 2003. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand. Food Chemistry. 82(4): 527–532.
- Sanoamuang, N. 2010. Wild mushroom of Thailand : Biodiversity and utilization. Universal Graphics and Trading Publishisng, Publishing LTD. Bangkok. 426. pp.
- Sarnari, M. 2005. Monografia illustrata del Genere *Russula* in Europa. Tomo Secondo. Associazione Micologica Bresadola, Trento., Centro Studi Micologici, Trento. 768. pp.
- Singer, R. 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy. Koeltz Scientific Books Koenigstein.
- Sitta, N. and Floriani, M. 2008. Nationalization and globalization trends in the wild mushroom commerce of Italy with emphasis on porcini (*Boletus edulis* and allied species). Economic Botany. 62: 307–322.
- Sreenivasaprasad, S., Mill, P.R., Mehan, B.M. and Brown, A.E. 1996. Phylogenetic and systematic of 18 *Colletotrichum* species base on ribosomal DNA spacer sequences. Genome. 39: 499-512.
- Stockinger, H., Krüger, M. and Schüßler, A. 2010. DNA barcoding of arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist. 187: ysis Using Parsimony (and other methods). beta version 4.0d64. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. and Kumar, S. 2013. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis Version 6.0. Molecular Biology and Evolution. 30: 2725-2729.
- Thompson, J.D., Gipson, T.J., Plewmak, F., Jeanmougin, F. and Higgins, G.D. 1997. The Clustal X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Research. 25(24): 4876– 4882.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In PCR protocols. A guide to Methods and Applications (ed. Innes, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. & White T.J.), pp. 315-322. Academic Press, Inc.: San Diego, California.
- Zhao, P., Jing, L. and Zhuang, W-Y. 2011. Practice towards DNA barcoding of the nectriaceous fungi. Fungal Diversity. 46: 183–191.

การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์

สามารถ บุญอาจ*

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 3000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ โดยมี ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ชุดยกทรงปลูก ชุดเปิดหน้าดิน ชุดกลไกการตัดและพลิกท่อนพันธุ์ปลูก ชุดโครงสร้างและระบบส่ง กำลัง

ผลการทดสอบสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปลูกมันสำปะหลังพบว่า ช่วงความเร็วในการทำงานที่เหมาะสมคือ 0.90-1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงที่ระดับเกียร์ 2 ต่ำ

ผลการทดสอบสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนามของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง พบว่า ความสามารถในการ ทำงานเชิงพื้นที่ 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงานร้อยละ 80 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่ ท่อนพันธุ์ที่ ปลูกตั้งร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้มร้อยละ 7 ท่อนพันธุ์ที่สูญหายร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่เสียหายร้อยละ 1 ท่อนพันธุ์ที่งอกร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์ทำมุมกับพื้นดิน 65 องศา ความลึกท่อนพันธุ์ปลูก 13 เซนติเมตร

ผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังคือ 32.39 ไร่ต่อปี และ ระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2 ปี เมื่อทำงาน 250 ไร่ต่อปี

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง, เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: bsamart@sut.ac.th

Design and Development of a Tractor-mounted Cassava Planter

Samart Bun-art *

*School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,
Nakhonratchasima, 30000, Thailand*

Abstract

In this research, a tractor-mounted cassava planter were designed, built, and tested. The planter prototype consisted mainly of soil furrow and ridge set, soil opener set, stem cutting and pushing set and transmission mechanism set.

The test of machine appropriate condition showed that the appropriate speed ranged from 0.90-1.20 km/hr at the 2nd gear speed (low).

The field test showed that the field capacity of 0.8 rai/h and field efficiency of 80% . The fuel consumption was found to be 3.5 L/rai. The cassava stakes with completely planted were 90% , 7% uncomplete planted, 3% stakes loss and cassava stakes damage with 1%. The germination was 90%. The angled planting was 65 degree, respecting to horizontal ground and the planting depth was 13 cm.

Economic analysis showed that the break even point of the machine was 32.39 rai/year with a consequence of payback period within 2 years at 250 rai/year.

Keywords: Cassava, Cassava planter

* Corresponding author E-mail: bsamart@sut.ac.th

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลกและยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยอีกด้วย ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย แต่เป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ครองส่วนแบ่งทางการตลาด ร้อยละ 70 มีมูลค่าการส่งออกรวมมากกว่า 70,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 8.7 ล้านไร่ ครอบคลุม 45 จังหวัด มีเกษตรกรปลูกถึง 0.48 ล้านครัวเรือนหรือคิดเป็นร้อยละ 8 ของเกษตรกรทั้งประเทศ มีผลผลิตรวมทั้งประเทศกว่า 30 ล้านตันต่อปี โดยมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 52 ภาคกลาง ร้อยละ 26 และภาคเหนือ ร้อยละ 22 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) หัวมันสดที่ผลิตได้ในแต่ละปีนั้นจะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันอัดเม็ด แป้งมัน และมันเส้น เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางอีกด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนหนึ่งจะใช้ในการบริโภคในประเทศและส่วนที่เหลือส่งออกสร้างรายได้เข้าประเทศ นอกจากมันสำปะหลังจะเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมดังกล่าวแล้ว ยังจัดเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยมันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมากลั่นเอทานอล เพื่อใช้เป็นส่วนผสมกับน้ำมันเบนซิน 91 ในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 สามารถลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และปัจจุบันได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้นอีกทั้งยังมีแนวโน้มว่าพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อีกด้วย (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2537)

การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยจะปลูกตามฤดูกาลซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยจะปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน หากปลูกล่าช้าไม่ทันตามฤดูกาล อาจเกิดความเสียหายต่อต้นพันธุ์จะทำให้ท่อนพันธุ์ที่ปลูกมีอัตราการงอกต่ำและแห้งตาย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายค่าจ้างแรงงาน และส่งผลให้กระบวนการผลิตมันสำปะหลังต้องล่าช้าออกไป กระบวนการปลูกมันสำปะหลังจะเริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน ยกร่องปลูก ตัดท่อนพันธุ์ และปลูกท่อนพันธุ์โดยการปักท่อนพันธุ์ลงดิน ซึ่งการปักท่อนพันธุ์นั้นต้องปักด้านโคนของท่อนพันธุ์ลงในดินที่มีการยกร่องแล้ว หากปักท่อนพันธุ์ด้านยอดลงจะทำให้ท่อนพันธุ์ไม่มีการงอกและ

ท่อนพันธุ์จะแห้งตายได้ วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมและให้ผลผลิตสูงนั้นจะปลูกโดยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือมีมุมเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกในต้นฤดูฝน และความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักให้ท่อนพันธุ์ตั้งตรงหรือเอียงเล็กน้อยจะทำให้รากและหัวออกรอบโคนลำต้นได้อย่างสมดุลดีกว่าการปักเอียง (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

จากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังนั้นมีรถแทรกเตอร์เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการทำกิจกรรมทางการเกษตรอยู่แล้ว แต่ในปัจจุบันขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังนั้นยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งพื้นที่การปลูกที่มีขนาดกลางและขนาดใหญ่ต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก จากผลของการขยายตัวในภาคอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ ทำให้กระบวนการปลูกมันสำปะหลังและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและยังไม่พบว่ามีกรนำเครื่องปลูกมันสำปะหลังมาใช้ทดแทนแรงงานคนในกระบวนการปลูกมันสำปะหลังแต่อย่างใด จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถปลูกได้ทันฤดูกาล ลดต้นทุนการผลิต ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในกระบวนการปลูกมันสำปะหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังได้ต่อไป

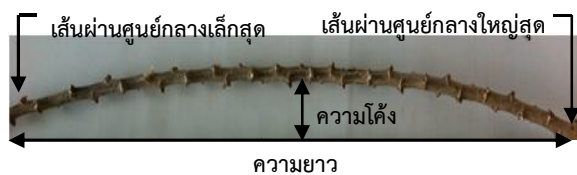
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงได้วางแผนวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อหาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบโดยใช้ข้อมูลจากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องและการศึกษาของผู้วิจัยโดยตรง ได้แก่ ลักษณะการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในปัจจุบัน และลักษณะทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลังที่ประกอบด้วย ความยาว ความโค้ง น้ำหนักต่อต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดของต้นพันธุ์มันสำปะหลังที่มีอายุระหว่าง 8-10 เดือน โดยลักษณะทางกายภาพต้นพันธุ์ แสดงในภาพที่ 1 ทำการศึกษาโดยสุ่มวัดต้นพันธุ์ที่เกษตรกรเตรียมจะปลูก จำนวนไม่น้อยกว่า 100 ต้นพันธุ์ ในบริเวณพื้นที่ปลูก

มันสำปะหลังใกล้เคียงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบแล้ว จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ต้นแบบขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการ ออกแบบดังต่อไปนี้

- เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบสามารถยกเครื่อง ให้พร้อมปลูกได้ในขั้นตอนเดียว
- กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกสามารถ ทำงานได้ในขั้นตอนเดียวโดยใช้แรงงานคนป้อนต้นพันธุ์เข้าสู่ กลไกเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ
- ใช้รถแทรกเตอร์ขนาดกลางเป็นต้นกำลัง
- มีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน
- เครื่องต้นแบบติดตั้งกับจุดต่อพ่วงแบบ 3 จุดของ รถแทรกเตอร์ได้

3. ศึกษาสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของ เครื่องต้นแบบ

สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมหมายถึงความเร็ว ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ให้คุณภาพการปลูกดีที่สุด โดยหลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบรวมถึง การทดสอบการทำงานในเบื้องต้นแล้ว จะศึกษาสภาวะการ ทำงานที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบ โดยนำเครื่องต้นแบบ ไปทดสอบการทำงานที่ความเร็วต่าง ๆ กัน โดยใช้การ เปลี่ยนระดับเกียร์ 3 ระดับ คือ L1, L2 และ L3 และรักษา ความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้คงที่ระหว่าง 1,000-1,200 รอบ ต่อนาที (ความเร็วรอบดังกล่าวเป็นช่วงที่รถแทรกเตอร์ที่ใช้ ทดสอบให้กำลังได้ดีที่สุด)

โดยค่าชี้ผลของการศึกษานี้ จะนำไปเปรียบเทียบ คุณภาพของการปลูกของเครื่องต้นแบบเพื่อหาสภาวะในการ ทำงานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

4. ทดสอบ และประเมินสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

หลังจากการทดสอบสภาวะในการทำงานที่ เหมาะสมของเครื่องต้นแบบแล้ว จะดำเนินการทดสอบการ ทำงานของเครื่องต้นแบบในภาคสนามเพื่อหาสมรรถนะ ประสิทธิภาพในการทำงาน และคุณภาพของการปลูกของ เครื่องต้นแบบ (วินิต ชินสุวรรณ, 2530) โดยมีค่าชี้ผลดังนี้

4.1 ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่

$$Ca = \frac{A}{T_t}$$

เมื่อ Ca = ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ (ไร่ต่อชั่วโมง)
 A = พื้นที่การทำงาน (ไร่)
 T_t = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)

4.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน

$$E_f = \frac{T_e}{T_t} \times 100$$

เมื่อ E_f = ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ)
 T_e = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)
 T_t = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)

4.3 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

$$F_c = \frac{O}{A}$$

เมื่อ F_c = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)
 O = น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร)
 A = พื้นที่การทำงาน (ไร่)

4.4 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)

4.5 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม (ร้อยละ)

4.6 ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย (ร้อยละ)

4.7 ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย (ร้อยละ)

4.8 ท่อนพันธุ์ที่งอก (ร้อยละ)

4.9 มุมท่อนพันธุ์ที่ศทางตั้งฉากกับพื้นดิน (องศา)

4.10 ความลึกของการปลูกท่อนพันธุ์ (เซนติเมตร)

1. ผลการศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลเอกสารวิชาการการปลูกมันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตรพบว่า วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมและให้ผลผลิตสูงคือการปลูกโดยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกในต้นฤดูฝน และความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงทำให้รากและหัวออกรอบโคนอย่างสมดุลดีกว่าการปักเอียง และระยะปลูกที่เหมาะสมคือระยะปลูกประมาณ 1x1 เมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

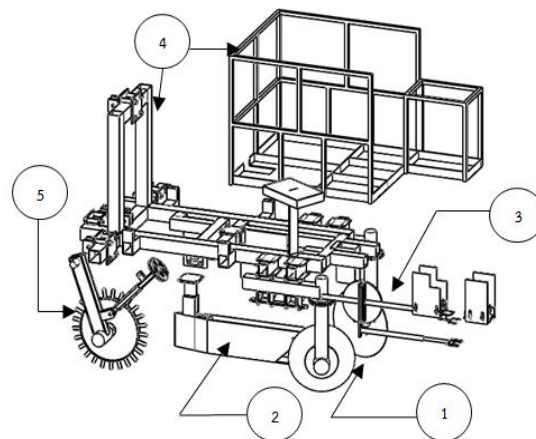
และจากการสุ่มวัดขนาดความยาวของต้นพันธุ์ที่มีอายุระหว่าง 8-10 เดือน ที่เกษตรกรจะนำมาตัดเป็นท่อนพันธุ์เพื่อใช้ในการปลูก ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

รายการ	เฉลี่ย
ความยาวของต้นพันธุ์ (เซนติเมตร)	114.50
ความโค้งของต้นพันธุ์ (เซนติเมตร)	8.20
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุด (เซนติเมตร)	2.90
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุด (เซนติเมตร)	1.43
น้ำหนักต่อต้น (กิโลกรัม)	0.25

2. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการกำหนดเกณฑ์ในการออกแบบและจากผลการศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบแล้ว จึงได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบโดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบหลักต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ : 1) ชุดยกทรงปลูก 2) ชุดเปิดหน้าดิน 3) ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูก 4) ชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ 5) ชุดระบบส่งกำลัง

ซึ่งมีรายละเอียดการออกแบบ ดังนี้

1) ชุดยกทรงปลูก

ในส่วนการยกทรงปลูกของเครื่องต้นแบบโดยใช้ผาลจวนคู่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 นิ้ว โดยวางตำแหน่งผาลไว้ด้านหลังของตัวเครื่อง สามารถปรับระดับความลึกและปรับหน้ากว้างในการทำงานได้ ซึ่งเกษตรกรจะสามารถปรับระดับตามความเหมาะสมของการปลูกได้ด้วย

2) ชุดเปิดหน้าดิน

การเปิดหน้าดินของเครื่องต้นแบบนี้ ออกแบบให้อยู่จุดตรงกลางของเครื่องต้นแบบ สามารถปรับระดับความลึกได้ ซึ่งอุปกรณ์เปิดหน้าดินนอกจากเปิดหน้าดินแล้วจะทำหน้าที่เป็นตัวหยุดต้นพันธุ์ (Stopper) ที่ถูกส่งจากช่องป้อนต้นพันธุ์โดยแรงงานคน พร้อมเป็นตัวประคองท่อนพันธุ์ที่ถูกกลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกไม่ให้เอียงออกด้านข้างด้วย

3) ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูก

เป็นกลไก Four-Bar-Linkage แบบ Scotch yoke ที่มีหลักการทำงานแบบเปลี่ยนการเคลื่อนที่จากการหมุนเป็นการเคลื่อนที่แบบซิกไป-กลับ (มงคล กวางวโรภาส, 2545) โดยติดตั้งใบมีดตัดท่อนพันธุ์มุมใบมีดตัด 20 องศา พร้อมตัวประคองและผลักท่อนพันธุ์เข้าสู่ดินที่ยกทรงปลูกที่ตัวกลไกและติดตั้งชุดใบมีดรับท่อนพันธุ์จากตัดที่โครงสร้างของตัวเครื่องโดยทำหน้าที่เป็นใบมีดรับสำหรับตัดท่อนพันธุ์ให้ขาดออกจากกัน การทำงานของกลไกจะรับกำลังการขับเคลื่อน (Ground Wheel)

4) ชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ

โครงสร้างของตัวเครื่องต้นแบบสร้างขึ้นจากเหล็กรูปพรรณต่าง ๆ ประกอบด้วยโครงสร้างส่วนล่างสำหรับ

ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบและโครงสร้าง ส่วนบนสำหรับรองรับต้นพันธุ์ที่ใช้ปลูก

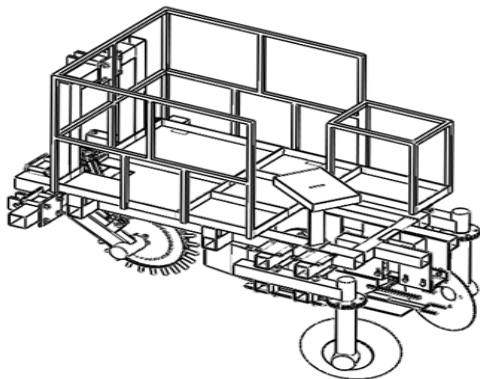
5) ชุดระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังเครื่องต้นแบบจะใช้ล้อขับเคลื่อน (Ground Wheel) ในการส่งกำลังผ่านโซ่และเฟืองทดไปขับเคลื่อนกลไกการตัดและพลิกท่อนพันธุ์ปลูก

จากรายละเอียดการออกแบบจะได้ลักษณะเครื่องต้นแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3

3. ผลการศึกษาสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบ

เมื่อการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จสิ้นแล้ว จึงได้ดำเนินการทดสอบสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบตามปัจจัยที่ได้กำหนดไว้ โดยผลการศึกษา แสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 3 ผลการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

จากผลการออกแบบสามารถสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบ

รายการ	เกียร์		
	L1	L2	L3
ความเร็ว (กม./ชม.)	0.60-0.75	0.90-1.20	1.30-1.90
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)	50.00	87.00	58.00
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม (ร้อยละ)	49.00	7.00	20.00
ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย (ร้อยละ)	1.00	6.00	22.00
ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย (ร้อยละ)	1.00	1.00	1.00
มูมท่อนพันธุ์ปลูก (องศา)	35	63	66
ความลึกท่อนพันธุ์ปลูก (ซม.)	15	14	12

จากตารางที่ 2 พบว่า การทำงานของเครื่องต้นแบบ จะทำงานได้ดีที่ความเร็วของรถแทรกเตอร์ระหว่าง 0.90-1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับเกียร์ L2 ความสามารถในการปลูกตั้งของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังดีที่สุดที่ร้อยละ 87 ท่อนพันธุ์ทำมุมกับพื้นดิน 63 องศา และความลึกของท่อนพันธุ์ที่ปลูกนั้น มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบมีความเหมาะสมกับการทำงานร่วมกับรถแทรกเตอร์ที่มีความเร็วระหว่าง 0.90-1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับเกียร์ L2

4. ผลการทดสอบ และประเมินสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

หลังจากทดสอบสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบแล้ว จึงได้นำเครื่องต้นแบบมาทดสอบภาคสนามที่แปลงทดสอบภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วงความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.90-1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับเกียร์ L2 เพื่อหาสมรรถนะประสิทธิภาพ และคุณภาพการปลูกโดยการทดสอบแสดงในภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ผลการทดสอบในภาคสนามแสดงในตารางที่ 3



ภาพที่ 5 การทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพและคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบในภาคสนามอยู่ในระดับที่ดีมาก โดยเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 0.8 ไร่ต่อชั่วโมงและประสิทธิภาพในการทำงานร้อยละ 80 เนื่องมาจากเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดการติดขัดของกลไกในระหว่างทำงาน ผู้ปฏิบัติงานสามารถป้อนท่อนพันธุ์ได้ตลอดเวลา ส่งผลให้สามารถลดเวลาที่สูญเสียลงได้ นำไปสู่ค่าสมรรถนะและประสิทธิภาพที่ดีดังกล่าว



ภาพที่ 6 คุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบ

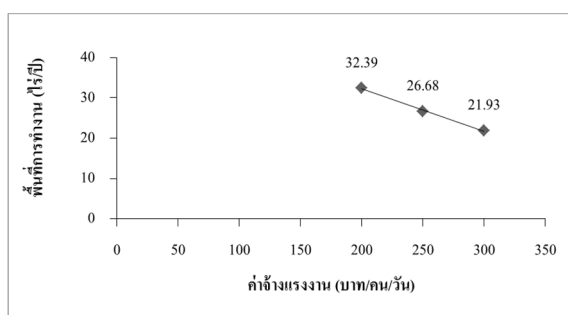
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพและคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบในภาคสนาม

รายการ	ผล
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	0.8
ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ)	80
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)	3.5
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)	90
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม (ร้อยละ)	7
ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย (ร้อยละ)	3
ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย (ร้อยละ)	1
ท่อนพันธุ์ที่งอก (ร้อยละ)	90
ท่อนพันธุ์ที่งอกกับพื้นดิน (องศา)	65
ความลึกท่อนพันธุ์ปลูก (เซนติเมตร)	13

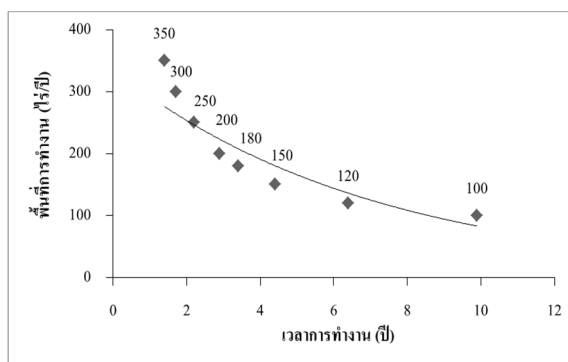
คุณภาพของการปลูกพบว่าท่อนพันธุ์สามารถปลูกตั้งได้ร้อยละ 90 ปลูกล้มร้อยละ 7 และมีท่อนพันธุ์สูญหายเพียงร้อยละ 3 เนื่องมาจากกลไกในส่วนของชุดยกทรงปลูก

สามารถกลับท่อนพันธุ์ได้ดีจึงทำให้คุณภาพของการปลูกอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรได้

เมื่อประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนปลูกพบว่า สำหรับพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังที่มีค่าจ้างแรงงานคนปลูก 200, 250, และ 300 บาทต่อวัน ตามลำดับ จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่พื้นที่การทำงาน 32.39, 26.68, และ 21.93 ไร่ต่อไร่ ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 7 และระยะเวลาการคืนทุนของการใช้เครื่องต้นแบบเมื่อใช้งานในพื้นที่ 250 ไร่ต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี ถ้าจำนวนพื้นที่การทำงานต่อปีน้อยลงจะส่งผลให้ระยะเวลาในการคืนทุนเพิ่มขึ้นโดยถ้าพื้นที่ในการทำงานลดลงเหลือ 150 ไร่ จะมีระยะเวลาคืนทุน 4.4 ปี ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับ การจ้างแรงงานคน



ภาพที่ 8 ระยะเวลาการคืนทุนของการใช้เครื่องต้นแบบต่อ พื้นที่การทำงาน

สรุปผลการวิจัย

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ที่ได้ออกแบบและพัฒนา สามารถลดเวลา ลดขั้นตอนการทำงาน ลดต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลังได้ โดยมีส่วนประกอบหลักคือ ชุดเปิดหน้าดิน ชุดยกทรงปลูก ชุดกลไกการตัดและพลิกท่อนพันธุ์ปลูก ชุดโครงสร้างและระบบส่งกำลัง ซึ่งมีหลักการทำงานแบบกลไก Scotch Yoke มุมใบมีดตัดท่อนพันธุ์ 20 องศา ช่วงความเร็วในการทำงานที่เหมาะสมคือ 0.90 – 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับเกียร์ L2 สมรรถนะในการทำงาน 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละ 80 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่ ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้งร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้มร้อยละ 7 ท่อนพันธุ์ที่สูญหายร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่เสียหายร้อยละ 1 ท่อนพันธุ์ที่งอกร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์ทำมุมกับพื้นดิน 65 องศา ความลึกของท่อนพันธุ์ปลูก 13 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องปลูกมัน

สำปะหลัง พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังคือ 32.39 ไร่ต่อปี ที่พื้นที่ค่าจ้างแรงงาน 200 บาทต่อคนต่อวัน และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2 ปี ที่พื้นที่การทำงาน 250 ไร่ต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัยและขอขอบคุณบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ จนโครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการดำเนินการอย่างดี ทางผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40 หน้า.
- มงคล กวางวโรภาส. 2545. ทฤษฎีเครื่องจักรกลเกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 325 หน้า.
- วินิต ชินสุวรรณ. 2530. เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 220 หน้า.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. 2537. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 210 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการส่งออกมันสำปะหลัง : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. (สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558) Available from. URL: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php

Mathematical Modeling of Thin-Layer Cassava Leaves Drying for Animal Feed

Sakchai Dondee* and Siriporn Kuntongkum

*Program in Mechanical Engineering, Establishment of the Faculty of Engineering,
Chaiyaphum Rajabhat University, 36000, Thailand*

Abstract

Cassava is the forage that is high in protein in the leaves, trunk and graphite. The synthesis process of cyanide is self-defense of plants from insect damage, which can be reduced by thermal processes. The evaluation of mathematical models for prediction of thin-layer cassava leaves drying for animal feed was aimed in this research under combined solar energy and hot-air convective dryer. Additionally, the mathematical models (Henderson and Pabis, Logarithmic, Two-Term) for describing the thin-layer drying behavior was developed, which was conducted using four air temperatures (50, 70, 90, 110°C). Before the drying process, the cassava leaves are taken to aerate at surrounding air temperature for 0, 24, and 72 hr, respectively. The mathematical models were compared according to four statistical parameters, i.e. R , R^2 , Adj R^2 and residual error. The results found that the increase of drying air temperature was rapidly decreased of the moisture content and the moisture ratio, which was resulted on the increase of drying rate and decrease drying time. The drying air temperature and desiccated time had the greatest effect on the drying kinetics of cassava leaves. Out of the three models considered, Two term model was found to be the most suitable for describing the drying behavior of the cassava leaves.

Keywords: Cassava leaves, Mathematical model, Solar energy, Hot-air convection

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

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งไขมันสำปะหลังแบบชั้นบาง เพื่อเตรียมเป็นอาหารสัตว์

ศักดิ์ชัย ตรี* และ สิริพร ชันทองคำ

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อ. เมือง จ. ชัยภูมิ 36000

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูงในส่วนของใบ ลำต้น ก้าน และชิ้นส่วนโดยรวม กระบวนการสังเคราะห์ไซยาไนด์ (cyanogenesis) เป็นการป้องกันตัวเองของพืชจากการถูกทำลายของแมลง ศัตรูพืชหรือสิ่งมีชีวิตที่กินพืช ซึ่งปริมาณไซยาไนด์สามารถลดลงได้ด้วยกระบวนการทางความร้อน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้คือ การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายการอบแห้งแบบชั้นบางของไขมันสำปะหลังเพื่อเตรียมเป็นอาหารสัตว์ภายใต้เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการพาอากาศร้อน นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Hendersion and Pabis, Logarithmic, Two-Term) สำหรับอธิบายพฤติกรรมของการอบแห้งแบบชั้นบาง เงื่อนไขการทดลองที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ (50, 70, 90, 110°C) ก่อนการอบแห้ง ไขมันสำปะหลังจะนำไปผึ่งที่อากาศแวดล้อมเป็นเวลา 0, 24, and 72 hr ตามลำดับ แบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์จะเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ทางสถิติ เช่น ค่า R , R^2 , Adj R^2 และ ค่าความผิดพลาด จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของการอบแห้งทำให้ค่าความชื้นและอัตราส่วนความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการอบแห้งและลดระยะเวลาของการอบแห้ง อุณหภูมิ และระยะเวลาการผึ่งมีผลอย่างมากต่อจลนศาสตร์ของการอบแห้งไขมันสำปะหลัง จากการพิจารณาแบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์สามรูปแบบ พบว่า แบบจำลองของ Two term เหมาะสมที่สุดสำหรับอธิบายพฤติกรรมของการอบแห้งไขมันสำปะหลัง

Keywords: ไขมันสำปะหลัง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พลังงานแสงอาทิตย์ การพาอากาศร้อน

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

Introduction

The cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important crop in Thailand, which was 5.2% of the export value of agricultural products. Cassava plantations have spread across the country. The acreage of the top 5 in Thailand, including Kamphaeng Phet, Nakhon Ratchasima, Chaiyaphum, Sa Kaeo and Kanchanaburi. Cassava is the forage that is high in protein in the leaves (32.3%), trunk (14.6%), graphite (8.9%) and other parts (32.3%) (Wanapat, 1999). Cassava contains cyanogenic glucosides 2-types of linamarin are approximately 95% and lotaustralin, with approximately 5% of the substance cyanogenic glucosides all sites (Wanapat, 2002). The amount of cyanogenic glucosamine site is based on age species and the environment. The amount of cyanide can be reduced by thermal processes (Wanapat, 2000).

The solar energy is another alternative for drying and easy way, which is not complicated. In Thailand, the solar energy was studied and applied in the drying process, such as; Praphanpong *et al.* (2013), Teeradeth *et al.* (2009-2010), Prateep *et al.* (2012), Thaloengrach *et al.* (2012), Jaruwat *et al.* (2011) and much more.

The simulation models are helpful in designing new or in improving existing drying systems or for the control of the drying operation (Kooli *et al.*, 2007). The modeling drying of biomaterials under solar energy are a complex problem, which was involved simultaneous heat and mass transfer in a hygroscopic nature. The drying rate was depended on a number of external variable parameters and internal parameters.

The utilization of cassava leaves are a waste agricultural materials harvested cassava roots are very few. Including research, the use of cassava leaves for animals feed preparation is few. The objective of the present study was to determine experimentally the thin-layer drying characteristics of cassava leaves for animal feed under combined solar energy and hot-air convective dryer.

Furthermore, the mathematical models for describing the thin-layer drying behavior were investigated.

Materials and methods

1. Experimental apparatus

The combination of solar energy and hot-air dryer was developed and experimentally used in this study as shown in Fig. 1. It consists of a collector plate with dimensions 180x300 cm, drying chamber with dimensions 30x50x30 cm, 500 Watt electric heating coil which was controlled by PID control system and electrical fan. The K-type thermocouple was used to measure the temperature in the drying chamber, collector plate and surrounding air temperature, an accuracy of $\pm 2^\circ\text{C}$. The cassava leaves sample was placed on a tray inside the drying chamber. The weight of the cassava leaves sample was continuously measured by electrical balance, an accuracy of $\pm 0.01\text{g}$.

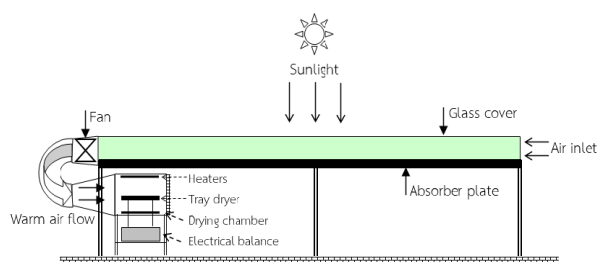


Fig.1 Combined solar energy and hot-air convective dryer

2. Experimental procedure

Experiments were performed to evaluation the effect of process variables on the thin-layer drying characteristics of cassava leaves under combined solar energy and hot-air convective dryer. Before the drying process, the cassava leaves are taken to aerate at surrounding air temperature for 0, 24, and 72 hr. The experiments were carried out at different drying temperature (50, 70, 90 and 110°C). All the experimental conditions, a 300g cassava leaves was used. The weight of cassava leaves was continuously monitored and recorded. The final moisture

content in the cassava leaves was $10\pm1\%$ drybasis (d.b.). Before the start of each drying conditions, a 300g cassava leaves sample was spread in a thin-layer on drying trays and placed in the drying chamber and the test started. The cassava leaves sample weight was continuously monitored and recorded during drying experiments by electrical balance (accuracy of $\pm 0.01\text{g}$). Drying was continued until the moisture content of the cassava leaves sample reached 10% d.b.. The average moisture content of the cassava leaves samples for each weighing period was calculated based on the initial mass and final moisture content of the samples. After each drying experiment, the sample was oven-dried at 103°C to determine the moisture content.

3. Evaluation of thin-layer drying curves

The equation describes the drying rate of a thin-layer is necessary for simulation of deep bed drying, due to simulation models are usually based on the assumption that the deep bed is composed of a series of thin-layers (Kashaninejad *et al.*, 2007). Besides, Jayas *et al.*, (1991) reported that the behavior of moisture loss with time in drying is best characterized by an inverse exponential relationship. Numerous models have been proposed to describe the rate of moisture loss during drying of materials (McMinn, 2006; Sharma *et al.*, 2005; Midilli *et al.*, 2003; Akbulut *et al.*, 2010; Duc *et al.*, 2011; Hii *et al.*, 2009; Hii *et al.*, 2012; Meziane, 2011; Singh, 2011; Kooli *et al.*, 2007). A few selected thin layer drying models, which might be adequate to describe thin-layer drying data for the cassava leaves are reviewed as follow.

Henderson and Pabis (Chhinman, 1984) model has been used to model thin-layer drying characteristics of various agricultural products. The slope of model, coefficient k , is related to effective diffusivity when drying process takes place only in the falling rate period and liquid diffusion controls the process. The model of Henderson and Pabis was calculated using the following Eq. (1).

$$MR = a \exp (-kt) \quad (1)$$

Two term model (Henderson, 1974) has proved to be the most widely popular. This model is a part of infinite series of negative exponentials derived from a general solution to the diffusion equation. Two term model was calculated using the following Eq. (2).

$$MR = a \exp (-k_1t) + b \exp (-k_2t) \quad (2)$$

Logarithmic model (Chandra and Singh, 1995) has been used to model thin-layer drying characteristics of various agricultural products, which was calculated using the following Eq. (3).

$$MR = a \exp (-kt) + c \quad (3)$$

4. Correlation coefficients and error analyses

The goodness of fit of the tested thin-layer models to the experimental data of cassava leaves under combined solar energy and hot-air drying was evaluated with the R , R^2 , Adj R^2 and residual error. The linear or nonlinear regression analysis was performed with statistical software. The higher the R , R^2 , Adj R^2 and lowest residual error values is the goodness of fit.

Results and Discussion

The moisture content change of cassava leaves under combined solar energy and hot-air convective dryer versus drying time at various hot-air temperature and time of aerate are as shown in Fig. 2. As seen from this figure that the moisture content was decreased with the increase of hot-air temperature, which was rapidly reduced in the first period and then slowly decreased. The drying time was decreased with the increase of hot-air temperature; it can be seen in the Table 1 While the moisture content was gradually decreased at 50°C in overall drying conditions, a sharp decrease occurs in moisture content with the highest hot-air temperature of 110°C .

Table 1 The drying time of cassava leaves under difference drying conditions.

Drying condition	Drying time (min)			
	50°C	70°C	90°C	110°C
0 hr of aerate	540	180	90	60
24 hr of aerate	330	120	60	30
72 hr of aerate	50	15	7	5

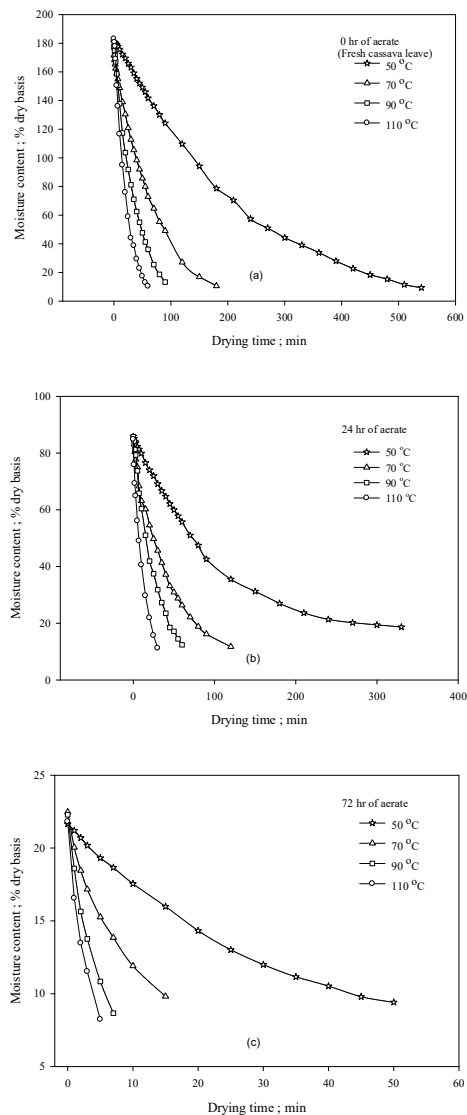


Fig. 2 Change of moisture content versus drying time under difference drying conditions
(a) 0 hr of aerate (Fresh cassava leave)
(b) 24 hr of aerate (c) 72 hr of aerate

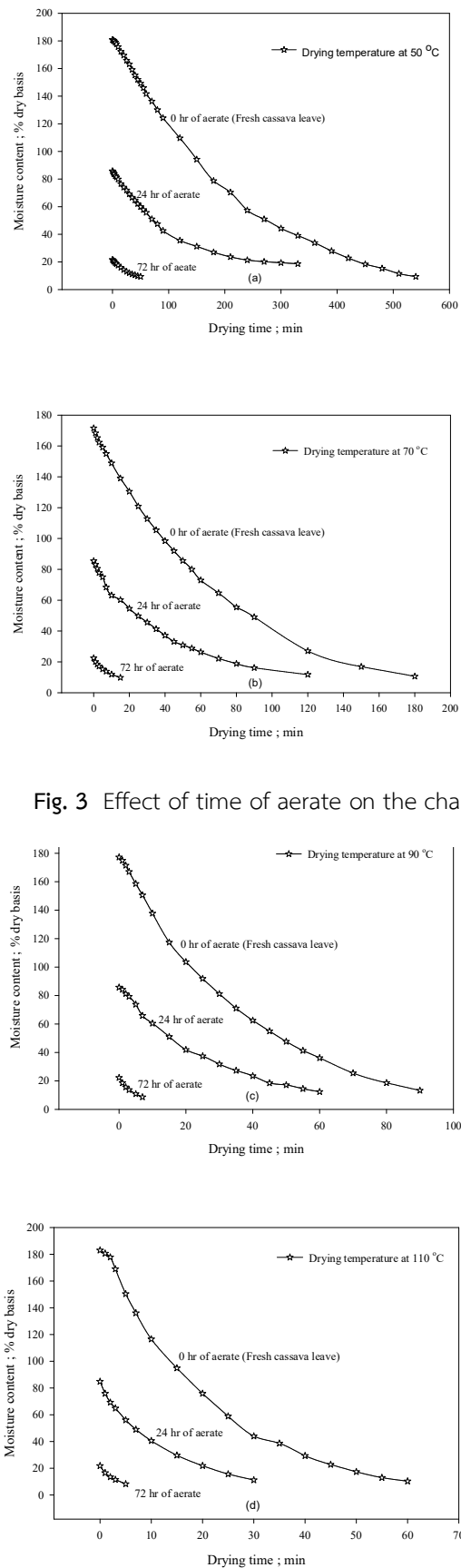


Fig. 3 Effect of time of aerate on the change of moisture content

Table 2 Results of statistical analysis on the modeling

Mathematical model	Drying conditions		Regression coefficient		
	Temperature (°C)	Aerate (hr.)	R	R ²	Adj R ²
Henderson and Pabis	50	0	0.9990	0.9980	0.9980
		24	0.9923	0.9848	0.9842
		72	0.9967	0.9934	0.9928
	70	0	0.9995	0.9990	0.9989
		24	0.9966	0.9932	0.9929
		72	0.9859	0.9720	0.9673
	90	0	0.9996	0.9993	0.9992
		24	0.9991	0.9982	0.9981
		72	0.9941	0.9883	0.9854
	110	0	0.9996	0.9991	0.9991
		24	0.9980	0.9961	0.9956
		72	0.9923	0.9846	0.9795
	<i>Average</i>		0.9960	0.9921	0.9909

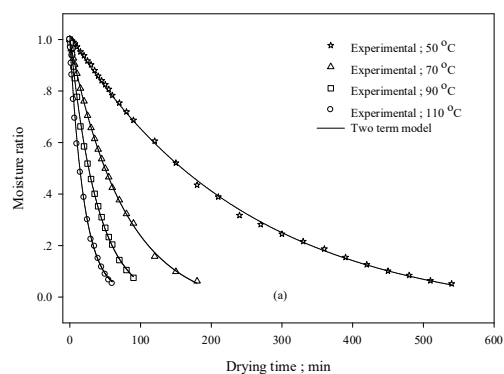
Table 2 Results of statistical analysis on the modeling (Con.)

Two term	50	0	0.9990	0.9980	0.9979
		24	0.9993	0.9987	0.9985
		72	0.9998	0.9995	0.9994
	70	0	0.9995	0.9990	0.9988
		24	0.9991	0.9981	0.9978
		72	0.9998	0.9997	0.9994
	90	0	0.9996	0.9993	0.9992
		24	0.9995	0.9989	0.9987
		72	0.9999	0.9998	0.9994
	110	0	0.9997	0.9995	0.9994
		24	1.0000	0.9999	0.9999
		72	0.9999	0.9998	0.9993
	<i>Average</i>		0.9995	0.9991	0.9989
Logarithmic	50	0	0.9997	0.9994	0.9994
		24	0.9993	0.9987	0.9986
		72	0.9998	0.9995	0.9995
	70	0	0.9998	0.9997	0.9997
		24	0.9983	0.9966	0.9962
		72	0.9979	0.9958	0.9941
	90	0	0.9997	0.9995	0.9994
		24	0.9994	0.9988	0.9986
		72	0.9995	0.9991	0.9985
	110	0	0.9996	0.9992	0.9991
		24	0.9988	0.9976	0.9970
		72	0.9987	0.9975	0.9950
	<i>Average</i>		0.9992	0.9984	0.9979

The effect of time of aerate at surrounding air temperature on the moisture content found that the time of aerate was significantly affected on the initial moisture content, namely the initial moisture content of cassava leaves before drying was reduced from 181% d.b. to 85 % d.b and 22 % d.b. for 24 hr and 72 hr, respectively. During operation, the trend of moisture content was similarly changed as shown in Fig. 3.

The moisture content of cassava leaves were converted into moisture ratio (MR), and then fitted against drying time, using the various models (Henderson and Pabis, Logarithmic, and Two-Term models). It can be seen that the Two term model has the average highest value for the R , R^2 , Adj R^2

of 0.9995, 0.9991 and 0.9989, respectively. The results of statistical analysis on the modeling under all drying condition were presented in the table 2.



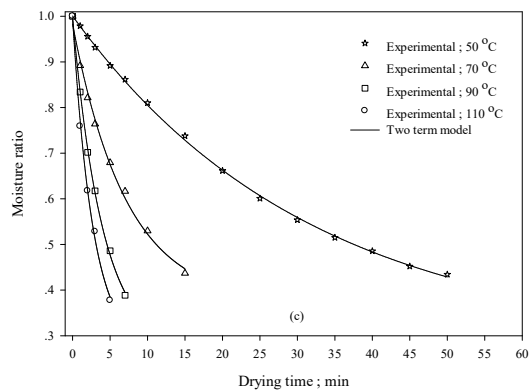
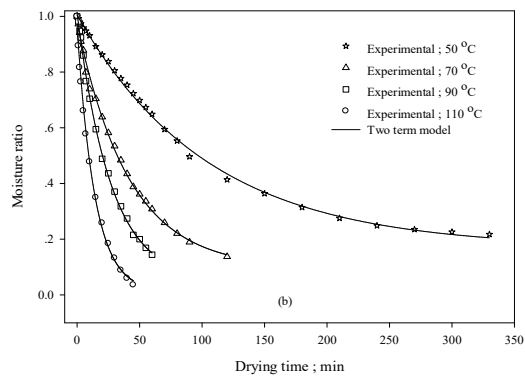


Fig. 4 Moisture ratio versus drying time, comparing experimental curve with the predicted one based on Two term model under the hot-air temperature range of 50–110°C.
(a) 0 hr of aerate (b) 24 hr of aerate
(c) 72 hr of aerate

Fitted drying curves based on Two term model which was found to provide excellent fits of the experimental data for 50, 70, 90 and 110°C can be seen in Fig. 4. Besides, it has the average lowest residual error as shown in Fig. 5, under specific drying condition. Therefore, Two term model was successfully described the thin-layer drying behavior of the cassava leaves under combined solar energy and hot-air convective drying.

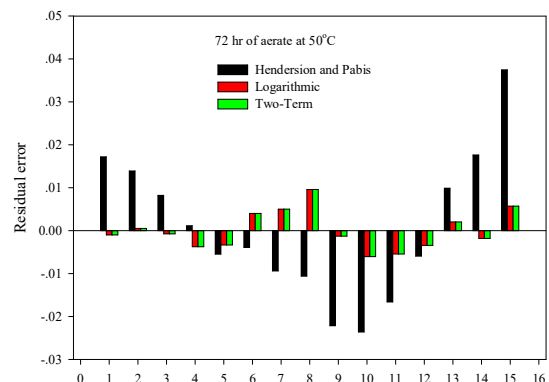
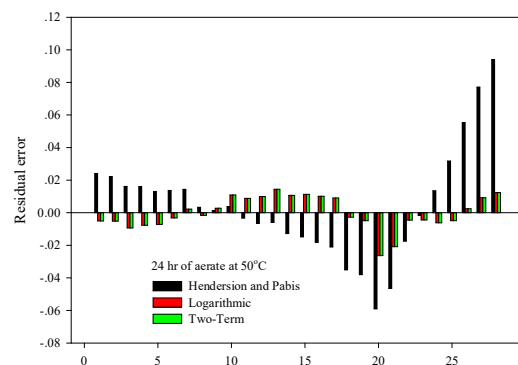
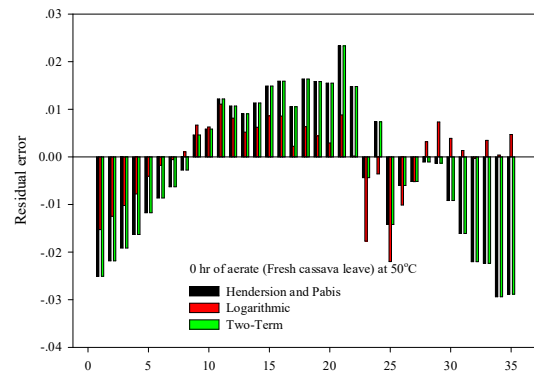


Fig. 5 Values of residual error under specific drying conditions (50°C) (a) 0 hr of aerate (b) 24 hr of aerate (c) 72 hr of aerate

The validation of the Two term model was confirmed by comparing the estimated or predicted moisture ratio at any particular drying condition as shown in Fig. 6. The predicted data generally banded around the straight line which showed the suitability of the Two term model in describing the combined solar energy and hot-air drying behavior of the cassava leaves.

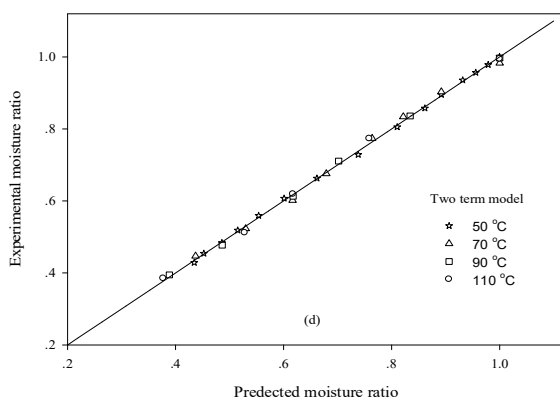


Fig. 6 The comparison of the experimental moisture ratio with the data predicted by Two term model

Conclusion

Base on this research for cassava leaves drying under combined solar energy and hot-air convective dryer for animal feed preparation, the following conclusions can be stated: 1) Drying air temperature and desiccate time are significant

factors in drying of cassava leaves, 2) The higher drying air temperature and the desiccate long-time is resulted on the reduce of the drying time, 3) The change of moisture content is takes place in the falling rate period and 4) Two term model was successfully described the thin-layer drying behavior of the cassava leaves under combined solar energy and hot-air convective dryer.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the Chaiphum Rajabhat University, Thailand for supporting by grant fund under the research title of development of cassava leaves dryer for preparation as animal feed in Chaiphum Province. The authors also would like to acknowledge the Mechanical Engineering, Establishment of the Faculty of Engineering, Chaiphum Rajabhat University to provide.

References

- Wanapat, M. 1999. Feeding of ruminants in the tropics based on local feed resources. Khon Kaen Publ. Comp. Ltd., Khon Kaen, Thailand.
- Wanapat, M. 2002. Role of cassava hay as animal feed in the tropics. In: Proc. Agric. Conference, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Thailand. Jan 27-29, 51-59.
- Wanapat, M., Puramongkon, T. and Siphuk, W. 2000. Feeding of cassava hay for lactating cows. Asian-Aust. J. Anim. Sci, 13, 478-482.

- Prapphanpong, S. and Umphisak, T. 2013. Journal Article engineering, Ubon Ratchathani University, 6 No. 2 from July to December. 2013.
- Teeradeth, Y., Suwit, P., Jompob, W., Marina, M. and Pornpana, B. 2009-2010. Development the fish drying process with a solar-Electrical combined energy dryer under the southern of Thailand climate, Thaksin. J., Vol. 12 (3) October 2009 - January 2010.
- Prateep, T., Prapanpong, S., Tanagorn, H. and Santi S. 2012. Types of air circulation inside the solar dryer affecting the drying rate of Nang Led dessert, Agricultural Sci. J. 43: 3 (Suppl.) : 248-251.
- Thaloengrach, N., Anupong, E., Supawan, T. and Yutthana, T. 2012. Drying of air dried sheet rubber using hot air dryer and solar dryer for small entrepreneurs and small rubber cooperatives, Burapha Sci. J. 17 (2012) 2: 50-59.
- Jaruwat, J., Yafad, D., Supat, D. and Suriya, C. 2011. A solar dryer & moisture condensing cabinet with thermosyphon heat flow, KKU Engineering Journal Vol.38 No.1 (35-42) January – March 2011.
- Kashaninejad, M., Tabil, L. G., Mortazavi, A. and Safekordi, A. 2003. Effect of drying methods on quality of pistachio nuts. Drying Technology, 21(5), 821–838.
- Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A. and Tabil, L.G. 2004. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. Journal of Food Engineering 78, 98–108.
- Jayas, D. S., Cenkowski, S., Pabis, S. and Muir, W. E. 1991. Review of thin layer drying and wetting equations. Drying Technology. 9(3): 551–588.
- McMinn, W.A.M. 2006. Thin-layer modeling of the convective, microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder. Journal of Food Engineering 72: 113–123.
- Sharma, G.P., Verma, R.C. and Pathare, P. 2005. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. Journal of Food Engineering 71: 282–286.
- Midilli, A. and Kucuk, H. 2003. Mathematical modeling of thin layer drying of pistachio by using solar energy. Energy Conversion and Management 44: 1111–1122.
- Akbulut, A. and Durmus, A. 2010. Energy and exergy analyses of thin layer drying of mulberry in a forced solar dryer. Energy 35: 1754–1763.
- Duc, L. A., Han, J. W. and Keumb, D. H. 2011. Thin layer drying characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Stored Products Research 47: 32-38.
- Hiia, C.L., Lawb, C.L., Clokea, M. and Suzannahb, S. 2009. Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. Bio systems engineering 102: 153–161.
- Kouchakzadeh, A. and Shafeei, S. 2010. Modeling of microwave-convective drying of pistachios. Energy Conversion and Management 51: 2012–2015.
- Hii, C.L., Law, C.L. and Suzannah, S. 2012. Drying kinetics of the individual layer of cocoa beans during heat pump drying. Journal of Food Engineering 108: 276–282.
- Ondier, G.O., Siebenmorgen, T. J. and Mauromoustakos, A. 2010. Low-temperature, low-relative humidity drying of rough rice. Journal of Food Engineering 100: 545–550.
- Meziane, S. 2011. Drying kinetics of olive pomace in a fluidized bed dryer. Energy Conversion and Management 52: 1644–1649.
- Singh, P.L. 2011. Silk cocoon drying in forced convection type solar dryer. Applied Energy 88: 1720–1726.
- Kooli, S., Fadhel, A., Farhat, A. and Belghith, A. 2007. Drying of red pepper in open sun and greenhouse conditions mathematical modeling and experimental validation. Journal of Food Engineering 79: 1094–1103.
- Chhinman, M.S. 1984. Evaluation of selected mathematical models for describing thin layer drying of in-shell pecans. Transactions of the ASAE, 27, 610-615.

Henderson, S.M. 1974. Progress in developing the thin-layer drying equation. Transactions of the ASAE, 17, 1167-1168
Chandra, P. K., and Singh, R.P. 1995. Applied numerical methods for food and agricultural engineers. Boca Raton, FL:
CRC Press, pp. 163-167.

การออกแบบและสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำด้วยผักตบชวา

รัฐชัย สายรวมญาติ^{1*}, วรลักษณ์ สุวิงษ์¹ พิชราภรณ์ อินริยา¹ และ ธวัชรัตน์ สัมฤทธิ์¹¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

ผักตบชวา (water hyacinth) เป็นวัชพืชที่มีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำต่างๆ เพื่อลดปัญหาดังกล่าวรวมถึงเพื่อเพิ่มพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำและมวลที่ทำให้แพจมพอดี เพื่อทำนายสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำด้วยผักตบชวาต่อไป ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำลำต้นผักตบชวาไปตากแห้ง ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของผักตบชวาแห้งมีค่าเท่ากับ 0.111 ก/ซม³ แสดงถึงความสามารถในการลอยตัวที่ดีของผักตบชวา และเมื่อนำไปคำนวณหาแรงลอยตัวและมวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ความหนาของแพ 4 6 8 และ 10 ซม. พบว่า แพสามารถรับน้ำหนักของมวลได้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของแพ โดยรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่ากับ 6.72 กก. ที่ความหนาของแพ 10 ซม. และให้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงคือ $y = 0.7398x - 1.089$ ค่า R^2 เท่ากับ 0.9495 และเมื่อทำการออกแบบและสร้างแพให้มีขนาดความกว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. จากการใช้ลำต้นผักตบชวามาผูกติดกันและเรียงซ้อนทับกันเป็นชั้นตาม 4 ระดับความหนาที่ออกแบบไว้ ผลการทดลองพบว่า แพที่มีความหนา 10 ซม. สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่ากับ 7.19 กก. และให้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงคือ $y = 0.8259x - 1.0343$ ค่า R^2 0.9983 และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.162 – 1.029 นั่นคือ สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ทำนายได้จากทั้งสองวิธี มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการนำดินเหนียวที่มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 2.09 ก/ซม³ หนา 30 ซม. วางบนแพสำหรับปลูกผักลอยน้ำ ต้องมีการออกแบบและสร้างแพให้มีความหนา 191.04 ซม. ที่จะทำให้แพเกิดการจมพอดี ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำ อีกทั้งการศึกษาในครั้งนี้ยังเป็นแนวทางในการช่วยลดปัญหาของผักตบชวาในแหล่งน้ำและเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกต่อไปได้

คำสำคัญ : แพปลูกพืชลอยน้ำ, ผักตบชวา และ แรงลอยตัว

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: rattachai09@gmail.com

Design and build a float plantation by water hyacinth

Rattachai Sayrummyat^{1*}, Voraluck Suriwong¹, Patcharaporn Inirai¹ and Thawanrat Sumrit¹

¹Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok,
65000, Thailand

Abstract

The water hyacinth which is a weed of rapid growth and is a cause of water pollutions. To solve this problem and provide benefit in term the area under cultivation increasing, this research is focus to study the relationship between floating raft crops thickness and the mass raft drowned fit. Another objective was to investigate the suitable linear equation of above relationship from computational method and experimental method. The results shown that the average density of dried water hyacinth was equal to 0.111 g/cm^3 which could not drown. Next, the buoyancy force and mass raft drowned fit were calculated in each raft thickness level, including 4 6 8 and 10 cm. The result from computational method could explained that the raft of water hyacinth to support the weight of the mass increased with increasing thickness of the raft. The raft thickness 10 cm, it could support the maximum weight of the mass at 6.72 kg and predict the linear equation to $y = 0.7398x - 1.089$, $R^2 = 0.9495$. For the experimental method, the floating rafts were designed the width and length was equal 50 cm on both sides and desired thickness were divided into four levels as same as the computational method. The stem of water hyacinth stacked layers in each thickness level and test weights that fit raft drowned. The results showed that the floating raft got the maximum support weight at 7.192 kg at 10 cm thickness and predict the linear equation to $y = 0.8259x - 1.0343$, $R^2 = 0.9983$. Moreover, the standard deviation was less (0.162 – 1.029) by the mass raft drowned fit comparing between the computational method and the experimental method, or the both method was not significantly differences in $p \leq 0.05$. When a clay which its bulk density is 2.09 g/cm^3 and 30 cm of thickness, was placed on the floating raft crops. The raft's thickness is 191.04 cm that can make it drown, must be designed and built. Therefore, they were further applied the linear equation of both method to construct and design floating raft crops. Moreover, this study is a way to solve the problem of water hyacinth and increase a planting area.

Keywords : floating raft crops, water hyacinth and buoyancy force

*Corresponding author: E-mail: rattachai09@gmail.com

บทนำ

การปลูกพืชลอยน้ำ เป็นการเพาะปลูกพืชบนแพที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เนื่องจากประเทศไทยมักประสบปัญหาด้านอุทกภัยบ่อยครั้ง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบด้านที่อยู่อาศัยเกษตรกรได้รับความเสียหายจากแปลงเพาะปลูก หรือขาด

แคลนอาหาร อีกทั้งมีแหล่งน้ำธรรมชาติมากมายทั่วทุกภาค การปลูกพืชลอยน้ำจึงสามารถแก้ปัญหาทางด้านการใช้ชีวิตในช่วงการเกิดอุทกภัย และเป็นการจัดการแหล่งน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยเริ่มจากการเตรียมดินหรือเตรียมวัสดุพืชตากแห้งที่มีอยู่ในแหล่งธรรมชาติมาทำแปลงหรือแพลอยน้ำ และปลูกพืชหรือผักสวนครัว เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวมา

ประกอบอาหาร และส่งไปขายเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ นอกจากนั้นการปลูกพืชลอยน้ำยังสามารถบำบัดน้ำเสีย และสร้างวิถิตัวตนให้กับแหล่งน้ำได้อีกด้วย (Zhao *et al.*, 2012)

ผักตบชวา เป็นวัชพืชหรือพืชน้ำล้มลุกชนิดหนึ่ง สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ ในปัจจุบันผักตบชวาในแหล่งน้ำธรรมชาติมีจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมไม่สวยงาม ระบบนิเวศเสียหาย ที่อยู่อาศัยใกล้แหล่งน้ำประสบปัญหาการใช้ประโยชน์และการดำเนินชีวิต อีกทั้งส่งผลให้เกิดขวางทางจราจรทางน้ำ แต่ผักตบชวาช่วยทำให้น้ำสะอาดขึ้น สะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ และยังลดปัญหาที่เกิดจากวัชพืชในน้ำ (Malik, 2007) ซึ่งปัจจัยกำหนดการเจริญเติบโตของผักตบชวา คือ ระดับสารอาหาร อุณหภูมิ และน้ำ และมีปัญหาสิ่งแวดล้อม โดย Wilson *et al.* (2005) ได้เสนอเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ สำหรับ พิลาวรรณ (2550) ได้ทำการสร้างแปลงผักตบชวาขึ้นมา โดยใช้ผักตบชวาที่อัดแน่นจนเป็นแปลงสำหรับปลูกผัก ได้นำไม้ไผ่มาปักเป็นบล็อก แล้วรวบรวมผักตบชวาสด ทำการอัดแน่นเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากผักตบชวาอีกด้านหนึ่ง

งานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำ และมวลที่ทำให้แพจมพอดี เพื่อกำหนดสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำผักตบชวาแห้งไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำ โดยการนำความหนาของแพ หากนำดินมาใช้สำหรับการปลูกผักที่มีระบบรากตื้น ประมาณ 30 ซม. (กิตติ, 2555) โดยทำนายจากความหนาแน่นรวมของดินบริเวณมหาวิทยาลัยพิษณุโลก อ.เมือง จ.พิษณุโลก เพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาของผักตบชวาในแหล่งน้ำ และเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผักตบชวา

ทำการเลือกผักตบชวาที่มีความสมบูรณ์ ตัดแยกส่วนที่เป็นใบ และรากออก ให้เหลือเฉพาะส่วนของลำต้น ความสูง 50 ซม. โดยพิจารณาเลือกขนาดลำต้นให้เท่าๆ กัน จากนั้นทำการเตรียมผักตบชวา จำนวน 5 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้เท่ากับ 1 กก.

2. การทำแห้งผักตบชวา

นำผักตบชวาทั้ง 5 ตัวอย่าง มาทำให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ คือ การผึ่งแดด ในช่วงเวลา 9.00 – 16.00 น. ของทุกวัน โดยทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างก่อนที่จะ

นำออกไปผึ่งแดด (ภาพที่ 1) พร้อมทั้งจดบันทึกน้ำหนัก และสภาพอากาศของแต่ละวัน ทำการผึ่งแดดให้แห้งจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 การทำแห้งด้วยการผึ่งแดด



ภาพที่ 2 ตัวอย่างลำต้นผักตบชวาแห้ง

3. การหาความหนาแน่นของผักตบชวา

นำตัวอย่างผักตบชวาแห้งที่ทราบน้ำหนักมาหาปริมาตร ด้วยวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ จดบันทึกและคำนวณหาความหนาแน่นรวมของผักตบชวาแห้ง

4. การออกแบบสร้างแพลอยน้ำ

การสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำจากผักตบชวา ทำได้โดยการสร้างแพย่อย โดยนำลำต้นของตัวอย่างผักตบชวาแห้งมัดด้วยเชือกเข้าด้วยกัน จนกระทั่งแพย่อยมีขนาด กว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. ความสูง 2 ซม. จากนั้น นำแพย่อยมาวางซ้อนกันให้มีความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. ทำการชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก โดยแพดังกล่าวใช้สำหรับการคำนวณและทดลอง ในลำดับต่อไป (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แพปลูกพืชลอยน้ำจากผักตบชวา

5. การคำนวณหาแรงลอยตัวและมวลที่ทำให้จมพอดิ

การคำนวณหาแรงลอยตัว (เสรี, 2542) จากปริมาตรของแต่ละแพ และน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (γ) ที่อุณหภูมิที่ 25 °ซ. เท่ากับ 9,779 นิวตัน/ม³ ด้วยสมการ

$$F_B = \gamma V \quad \dots(1)$$

เมื่อ F_B = แรงลอยตัว (นิวตัน)
 γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (นิวตัน/ม³)
 V = ปริมาตรของไหลที่ถูกแทนที่ (ม³)

การทดสอบหามวลที่ทำให้แพจม ด้วยวิธีเติมน้ำในอ่างพลาสติกที่มีความกว้าง 65 ซม. ยาว 70 ซม. ให้เต็มเตรียมอุปกรณ์ใช้เป็นตุ้มน้ำหนัก ที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 305 - 1,835 ก. เพื่อทดสอบน้ำหนักของแพปลูกพืชจมพอดิ จากนั้นชั่งน้ำหนักของภาตสำหรับใส่ตุ้มน้ำหนักบนแพปลูกพืชจำนวน 2 ภาต และเริ่มทดลอง โดยนำแพไปวางลงบนผิวน้ำในอ่างน้ำที่เตรียมไว้ และวางภาตสำหรับรองรับตุ้มน้ำหนักลงบนแพที่มีความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. ตามลำดับ วางตุ้มน้ำหนักลงในภาตด้วยการจัดวางแบบกระจายตัวเท่าๆ กัน ทำการวางตุ้มน้ำหนักเพิ่ม จนกระทั่งแพปลูกพืชขึ้นเสมอกับผิวน้ำ หรือจมพอดิ (ภาพที่ 4) จากนั้นทำการบันทึกมวลของตุ้มน้ำหนักที่วางลงไปทั้งหมดของแต่ละแพ โดยทำการทดลองทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง จากนั้นนำมวลที่ทำให้แพจมพอดิมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณต่อไป



ภาพที่ 4 การทดลองหาแรงลอยตัว

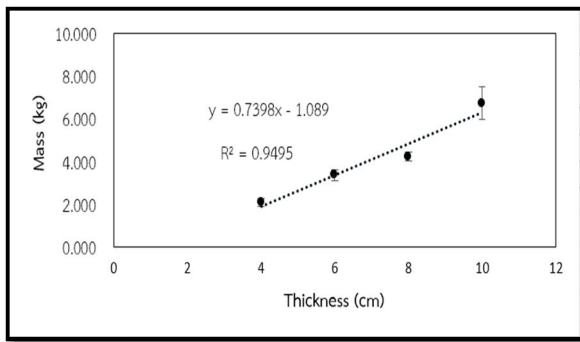
6. การประเมินเนื้อดิน และความหนาแน่นรวมของดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดิน บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก แบบไม่รบกวนโครงสร้าง และแบบรบกวนโครงสร้าง ที่ระดับความลึก 20 ซม. จากผิวดิน สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (bulk density) ตาม Grossman and Reinsch (2002) และสำหรับประเมินเนื้อดิน ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงกลโดยไฮโดรมิเตอร์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536) ตามลำดับ

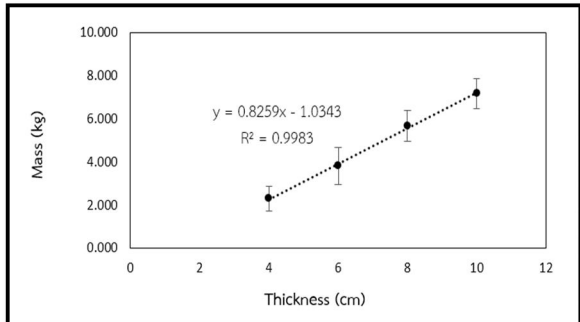
ทำนายความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำ จากความหนาแน่นรวมของดิน โดยกำหนดให้ดินที่จะถูกวางอยู่แพปลูกพืชลอยน้ำ มีความหนา 30 ซม. สำหรับผักที่มีระบบรากตื้น

ผลการวิจัย

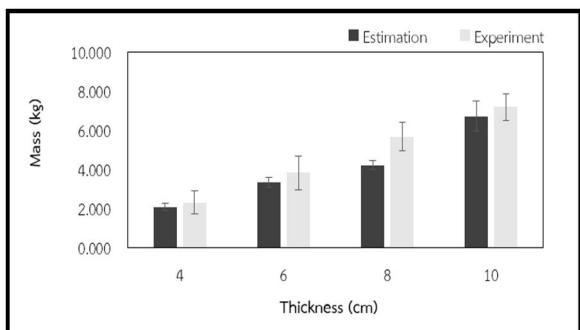
ผลการคำนวณแรงลอยตัว และมวลที่ทำให้แพปลูกพืชลอยน้ำ ที่มีความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. จมพอดิ ที่มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.111 ก/ซม³ พบว่า แพปลูกพืชลอยน้ำมีแรงลอยตัว 20.353 32.857 41.380 และ 65.897 นิวตัน ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยมวลที่ทำให้จมพอดิ เท่ากับ 2.075 3.350 4.218 และ 6.717 กก. ตามลำดับ จากนั้นทำการทดลองหามวลที่ทำให้แพปลูกพืชจมพอดิ ที่ระดับความหนาต่างๆ ของแพ พบว่า มีค่าเฉลี่ยมวลที่ทำให้จมพอดิเท่ากับ 2.304 3.819 5.673 และ 7.192 กก. และได้ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและมวลที่ทำให้แพจมพอดิ (ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6) จากกราฟที่ได้ผลจากการคำนวณ จะได้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง $y = 0.7398x - 1.089$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) เท่ากับ 0.9495 และจากการทดลองได้ $y = 0.8259x - 1.0343$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9983 จะเห็นได้ว่าค่า R^2 เป็นพหามิเตอร์ทางสถิติช่วยบ่งบอกความแม่นยำของการคำนวณและการทดลอง โดยค่าที่เข้าใกล้ 1.0 แสดงว่าผลดังกล่าวมีความแม่นยำ ดังนั้นสามารถนำผลการคำนวณ และการทดลองจริงมาใช้ในการพิจารณาทำจริงหรือประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ ได้ และจากการศึกษาวิจัยพบอีกว่า เมื่อความหนาของแพเพิ่มขึ้น มวลที่ทำให้แพปลูกพืชลอยน้ำจมพอดิก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความหนาของแพที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงลอยตัวเพิ่มขึ้นด้วย จึงสามารถรับน้ำหนักได้ดี และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 7 พบว่า ค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดิที่ได้จากการคำนวณ มีค่าต่ำกว่าการทดลองเพียงเล็กน้อย เนื่องการพิจารณาการจมพอดิในการทดลองเป็นการสังเกต จึงส่งผลต่อค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดิ แต่เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พบว่า มีค่าที่ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.162, 0.332, 1.029 และ 0.335 ที่ความหนา 4, 6, 8 และ 10 ซม. ตามลำดับ นั้นแสดงว่า สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ได้จากทั้งสองวิธีการมีความแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและมวลที่ทำให้แพจมพอดี จากการคำนวณ



ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและมวลที่ทำให้แพจมพอดี จากการทดลอง



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระหว่างค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ได้จากการคำนวณ และการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก พบว่า มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) (sand 4.36 % silt 10.03 % clay 85.61 %) มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 2.09 ก/ซม³ เมื่อทำการทำนายความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำ โดยกำหนดให้หน้าดินดังกล่าว หนา 30 ซม. วางบนแพ จากการทำนายโดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนา และมวลที่ทำให้แพจมพอดี จากการทดลอง พบว่า ต้องมีการออกแบบ และสร้างแพให้มีความหนา 191.04 ซม. จะทำให้แพจมพอดี ซึ่ง

มีความเป็นไปได้ เพียงแต่ต้องใช้ผักตบชวาจำนวนมาก และแพจะมีความหนามาก

สรุปผลการวิจัย

ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของผักตบชวาแห้ง 0.111 ก/ซม³ ที่ได้จากการตากแห้ง เมื่อนำไปคำนวณหา ค่าแรงลอยตัวและมวลที่ทำให้แพปลูกพืชจมพอดี ที่ความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. พบว่า ที่ความหนา 10 ซม. คำนวณค่ามวลเฉลี่ยในการรับน้ำหนักได้มากที่สุด และให้สมการที่มีค่าความแม่นยำทางสถิติสูง และเมื่อทำการออกแบบและทดลองสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำด้วยผักตบชวาแห้ง โดยนำลำต้นของผักตบชวาแห้งมัดด้วยเชือกเข้าด้วยกัน ให้มีขนาดความกว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. และมีความหนาเท่ากับที่กำหนดไว้ พบว่า ค่ามวลที่ทำให้แพปลูกพืชจมพอดี ที่ได้จากวิธีการคำนวณและการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของแพและมวลที่ทำให้แพจมพอดีไปในเชิงบวก นั่นคือ แพจะสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น เมื่อความหนาของแพเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สมการที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีการคำนวณและวิธีการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาผักตบชวาในแหล่งน้ำได้ ด้วยแนวทางการนำลำต้นของผักตบชวามาทำให้แห้งแล้วประยุกต์สร้างเป็นแพลอยน้ำสำหรับการปลูกพืช เนื่องจากผักตบชวาเป็นวัชพืชที่สามารถลอยน้ำได้ดีเพราะมีท่อนลอย หากทำการสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำให้มีความสามารถรับมวลหรือน้ำหนักได้มาก ก็ต้องทำการออกแบบให้ระดับชั้นความหนาเพิ่มขึ้น เมื่อมีการนำดินเหนียวที่มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 2.09 ก/ซม³ หนา 30 ซม. วางบนแพสำหรับปลูกผักลอยน้ำ ต้องมีการออกแบบ และสร้างแพให้มีความหนา 191.04 ซม. จะทำให้แพจมพอดี นอกจากนี้การนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ ยังส่งผลให้แหล่งน้ำธรรมชาติกลับมามีทัศนียภาพที่สวยงาม ลดปัญหาการกีดขวางการจราจรทางน้ำ อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชเพื่อหารายได้หรือการดำรงชีวิตในช่วงฤดูฝนที่มักมีปัญหาด้านอุทกภัยได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กิตติ บุญเลิศรินทร์. 2555. เทคโนโลยีการผลิตผัก. มิตรภาพการพิมพ์: กรุงเทพฯ. 238 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2536. คู่มือปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น โดยใช้ระบบโสตทัศนูปกรณ์. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 119 หน้า.
- พีไลวรรณ ประพฤติ. 2550. แพลงผักลอยน้ำ. (สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2556) Available from: URL: <http://share.psu.ac.th/blog/coasta-activities/433>.
- เสรี ศุภราทิตย์. 2542. กลศาสตร์ของไหล. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต: ปทุมธานี.
- Grossman R.B. and T.G. Reinsch. 2002. The Soil Phase. In J.H. Dane and G.C. Topp (ed.) Method of soil analysis. Part 4: Physical methods. Soil Science Society of American: Medison, Wisconsin. 1,663 pp.
- Malik, A. 2007. Environmental challenge vis a vis opportunity: The case of water hyacinth. Environment International 33(1): 122-138.
- Wilson, J.R., Holst, N., Rees, M. 2005. Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. Aquatic Botany 81(1): 51-67.
- Zhao, F., Xi, S., Yang, X., Yang, W., Li, J., Gu, B., He, Z. 2012. Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. Ecological Engineering 40: 53-60.

นวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชนกันต์ จิตมนัส*

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
อ. สันทราย จ. เชียงใหม่

บทคัดย่อ

นวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีความจำเป็นมากเพื่อให้ธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นไปอย่างยั่งยืน ช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพมีส่วนสำคัญในการผลักดันทำให้เกิดนวัตกรรมต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ การผลิตสัตว์น้ำเพศเดียวโดยไม่ใช้ฮอร์โมน การผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพได้มาตรฐานปลอดภัยต่อผู้บริโภค การจัดการโรคสัตว์น้ำเพื่อลดการใช้ยาและสารเคมี เทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ ระบบการจัดการเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด นวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยแก้ปัญหาของเกษตรกรไทยให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตสัตว์น้ำที่สำคัญของโลก

คำสำคัญ: นวัตกรรม และ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Chanagun Chitmanat

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai 50290

Abstract

Aquaculture technology innovations are very significant for sustainable aquaculture operation. They are able to reduce the operating cost, enhance productivity, and increase competitiveness. The creativity, scientific thinking, and biotechnology play important roles to generate various innovations including fish genetic improvement, monosex production without hormone application, fish culture to meet the quality standard and food safety, fish health management to cut down the chemical and antibiotic usages, aquatic feed technology, rearing system and environment management. In sum, aquaculture technology innovations are vital tools to solve the problems of Thai farmers in order to improve their life quality and promote Thailand to be a world recognized site for aquatic animal producers.

Keywords: Innovation and Aquaculture

ความท้าทายที่ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องเผชิญในปัจจุบันและอนาคต ได้แก่ ความแปรปรวนของสภาพอากาศ อากาศร้อนจัด หนาวเย็นจัด ปัญหาภัยแล้ง การขาดแคลนน้ำ ปัญหาโรคระบาด คุณภาพพ่อแม่พันธุ์และลูกพันธุ์ที่ถดถอย นวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งสร้างรายได้ที่ยั่งยืนแก่เกษตรกรและผลิตอาหารเลี้ยงประชากร นวัตกรรมเพื่อพัฒนาอาหารสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดี ซึ่งทำให้สัตว์น้ำโตเร็ว แข็งแรงและไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำต้นทุนต่ำ ประหยัดพลังงานและน้ำ การจัดการคุณภาพน้ำ เทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์สัตว์น้ำที่ทนต่อโรค นวัตกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การใส่ปุ๋ยระหว่างการเลี้ยงเพื่อเพิ่มอาหารสมทบแก่สัตว์น้ำ และลดต้นทุนค่าอาหารได้มีมาตั้งแต่อดีต ยังคงมีการใช้กันอยู่ แต่ต้องปรับเปลี่ยนวิธีเพื่อป้องกันพาหะนำโรคการคิดค้นนวัตกรรมใหม่หรือการปรับวิธีการเก่า ๆ ให้ดีขึ้นเพื่อที่จะผลิตสัตว์น้ำให้เพียงพอและมีคุณภาพที่ได้มาตรฐานสำหรับผู้บริโภคทั่วโลกไม่ใช่เรื่องไกลตัว บทความนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นวัตกรรมจัดการพันธุ์สัตว์น้ำ

การปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำมีความก้าวหน้าน้อยกว่าการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์บก (Subasinghe *et al.*, online) สัตว์น้ำเพียงไม่กี่ชนิดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ (Gjedrem 1997) ผู้เพาะพันธุ์ส่วนใหญ่ใช้วิธีดั้งเดิมคัดเลือกพันธุ์ที่ดีจากลักษณะภายนอก เช่น กุ้งที่มีหัวเล็ก ปลานิลสันหนาและตัวโต ปลาสวายงามต้องมีสีสรรสวยงาม มีการใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนมากจากหลายแหล่งเพื่อลดความเสี่ยงของปัญหาเลือดชิด ตัวอย่างการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลของไทย ได้แก่ ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาหรือมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า ปลานิล GIFT ซึ่งย่อมาจาก Genetic Improvement of Farmed Tilapias ปลานิลสายพันธุ์นี้ได้รับการพัฒนาจากประชากรปลานิล (*Oreochromis niloticus*) สายพันธุ์ต่าง ๆ 8 สายพันธุ์ ซึ่งรวบรวมมาจาก 8 ประเทศ ได้แก่ ไทย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ ไต้หวัน อิสราเอล อียิปต์ กานา เซเนกัลและเคนยา โดยทำการผสมข้าม

ประชากรแล้วคัดเลือกปลาที่มีลักษณะที่ต้องการเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์รุ่นต่อไป ลักษณะเด่นของ ปลานิลสายพันธุ์นี้มีหัวเล็ก เนื้อมาก โตเร็ว จากการทดสอบพบว่ามีความการเจริญเติบโตสูงกว่าปลานิลพันธุ์พื้นเมือง Eknath และ Acosta (1998) ได้คัดพันธุ์ปลานิลสายพันธุ์ GIFT โดยวิธีร่วมกันทั้งแบบแต่ละตัวและครอบครัว (Combined selection) ของอัตราการเจริญเติบโตเป็นเวลา 8 ชั่วโมงพบว่า ปลานิลสายพันธุ์ GIFT มีความก้าวหน้าในการคัดเลือก (genetic gain) ประมาณ 12–17% ต่อชั่วอายุ ศูนย์วิจัยพันธุ์กรรมสัตว์น้ำปทุมธานีได้นำพันธุ์ปลานิลสายพันธุ์ GIFT รุ่นที่ 9 เข้ามาในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2545 เพื่อทำการทดสอบพันธุ์และกระจายพันธุ์ปลานิลสายพันธุ์ GIFT รุ่นที่ 9 เป็นปลานิลสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็วกว่าเดิมถึง 85% (ICLARM, 1998)

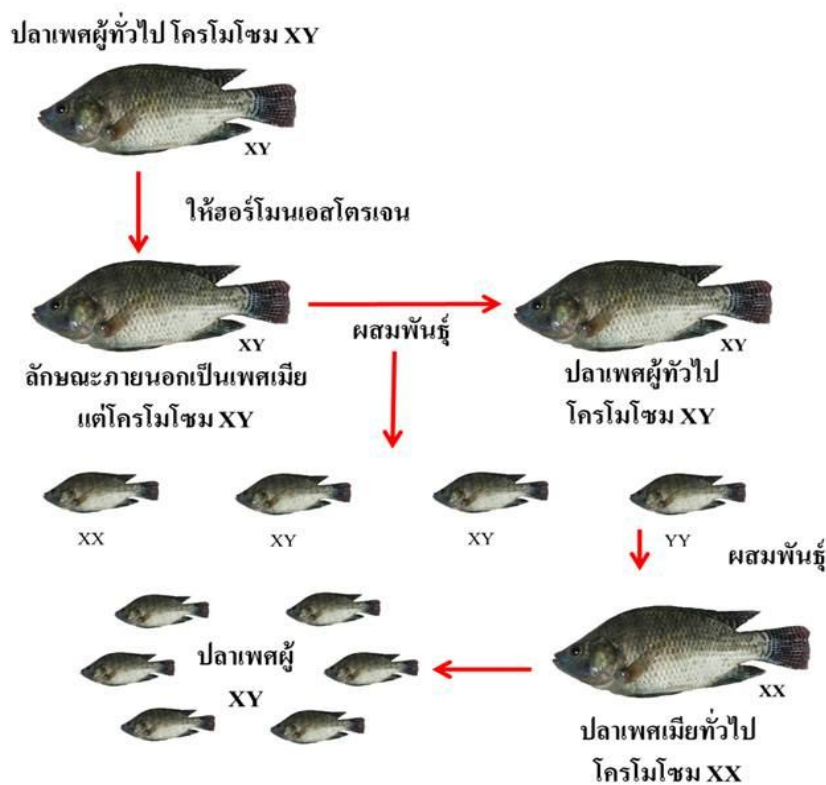
มีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเก็บรักษาไข่และน้ำเชื้อ ทำให้ไม่ต้องเก็บรักษาหรือดูแลพ่อแม่พันธุ์ที่มีชีวิต โดยเฉพาะปลาที่กำลังใกล้จะสูญพันธุ์ เทคโนโลยีชีวภาพยังมีส่วนช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต อัตรารอดและผลผลิตสัตว์น้ำเพิ่มคุณภาพของเนื้อและรสชาติ มีการค้นหายีนที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการต้านทานโรคสำหรับปลาไนและปลานิลในเอเชีย (Kocher *et al.*, 1998) รวมถึงงานวิจัยตัดต่อยีนเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต ทนความหนาว ต้านทานโรคและสร้างสีสรรให้กับปลาแซลมอน ปลานิลและปลาแคร์พ (Bremer *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตาม ปลาถ่ายยีนหรือตัดแต่งพันธุกรรมยังไม่มีจำหน่ายแพร่หลาย ทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ต้องห้ามในบางประเทศ Mialhe *et al.* (1995) กล่าวว่า มีการตัดต่อยีนในกุ้งทะเล แต่ยังไม่มีการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ จะเห็นได้ว่า มีการใช้งบประมาณสำหรับงานวิจัยด้านการดัดแปลงพันธุกรรมสำหรับสิ่งมีชีวิตจำนวนมาก แต่ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง แม้ว่าจะไม่มีรายงานว่า ผลเสียของการบริโภคอาหารดัดแปลงพันธุกรรม แต่กลับมีความกังวลเกี่ยวกับความเสี่ยงของการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบดัดแปลงพันธุกรรมจำนวนมาก

เนื่องจากการเจริญเติบโตของปลาแต่ละเพศในไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีการผลิตปลาเพศเดียว เช่น การผลิตปลานิลเพศผู้ การผลิตปลาหมอไทยเพศเมีย โดยการให้อาหารผสมฮอร์โมน อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ผู้บริโภคบางรายไม่ยอมรับรวมทั้งไม่ตอบสนองนโยบายการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ การทำไจโนเจเนซิส (gynogenesis) เพื่อให้ได้ปลาเพศเมียเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง Komen and Thorgaard (2007) ได้สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับการทำไจโนเจเนซิส พบว่า ผลที่ได้ยังไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งอัตรารอดและสัดส่วนเพศปลาที่คาดหวัง นิติกร (2549) ทดลองเหนี่ยวนำไจโนเจเนซิสไข่ปลาหมอไทย

โดยผสมไข่ปลาหมอไทยกับน้ำเชื้อปลาดะเพียนขาวที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (15 W) นาน 1 นาที แล้วซัดด้วยความเย็น นาน 3 – 8 นาที ให้อัตรารอดหลังฟักเพียง 19.22% ตรวจสอบเพศหลังอายุ 200 วัน พบว่าได้อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 3.59:1 ซึ่งสรุปว่าไม่สามารถผลิตปลาหมอไทยเพศเมียล้วนด้วยวิธีจีโนมเจเนซิส ส่วนปลานิลเพศผู้ที่เจริญเติบโตเร็วกว่าเพศเมีย จึงมีการผลิตปลานิลพ่อพันธุ์ที่เป็น YY-supermale (YY-chromosome) จากการผสมพันธุ์ระหว่างปลานิลแปลงเพศเพศเมีย (XY-

female) กับปลานิลเพศผู้ปกติ (XY-male) ซึ่งพ่อพันธุ์ดังกล่าวเมื่อผสมพันธุ์กับปลานิลเพศเมียปกติ (XX-female) จะได้ปลานิลเพศผู้ทั้งหมด (ภาพ 1)

เทคโนโลยีชีวภาพยังใช้เพื่อจัดจำแนกชนิดและติดตามผลผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ หรือ เทคนิค “ดีเอ็นเอบาร์โค้ด” (DNA Barcode) รวมทั้งการตรวจสอบสารอันตรายหรือจุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหาร จะให้ผลดีทั้งในแง่การค้า เศรษฐกิจ ความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคซึ่งสามารถตรวจสอบย้อนกลับถึงแหล่งที่มาได้ (Clark, 2015)



ภาพที่ 1 การผลิตปลานิลเพศผู้ จากพ่อพันธุ์ที่เป็น YY-supermale

การจัดการโรคสัตว์น้ำ

ในการลดความเสี่ยงของการเกิดโรค มีความจำเป็นต้องบริหารจัดการตั้งแต่พ่อแม่พันธุ์จนถึงจับผลผลิตขายเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ยอมรับปลอดภัยต่อผู้บริโภค รวมทั้งมีการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป การผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งที่ปลอดโรคหรือมีความต้านทานโรคสูงเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเล อย่างไรก็ตามกุ้งซึ่งปลอดเชื้อจำเพาะ (Specific Pathogen Free, SPF) อาจจะไม่แข็งแรงเนื่องจากกุ้งกลุ่มนี้จะถูกเลี้ยงในสภาวะที่ไม่มีเชื้อโรคนั้นๆ จึงไม่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันได้ดีในสภาพการเลี้ยงจริง

(Browdy, 1998) การใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีในการป้องกันรักษาโรค มักจะไม่ได้ผลสำหรับโรคติดเชื้อไวรัสและอาจไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค ดังนั้นการใช้เทคนิคอนุชีวโมเลกุลและภูมิคุ้มกันเพื่อคัดกรอง ตรวจสอบโรคและศึกษาการพัฒนาของโรคจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการป้องกันและรักษาโรค

มีการพัฒนาชุดตรวจวินิจฉัยโรคไวรัสสำเร็จรูปสำหรับการตรวจเชื้อไวรัส IHNV ซึ่งทำให้กุ้งที่ติดเชื้อดังกล่าวไม่โต มีขนาดแคระแกรน ได้ผลผลิตที่ต่ำ โรคไวรัสตัวแดงดวงขาว (WSSV) และ ไวรัสทอรา (TSV) การสุ่มตรวจหาการติดเชื้อโรคโดยเฉพาะเชื้อไวรัสอาจจะมีส่วนช่วยคัดกรองไม่ให้สัตว์น้ำเกิดความเสียหายจากโรคระบาดที่รุนแรง อย่างไรก็ตามไม่สามารถที่จะตรวจแต่ละตัวได้ ดังนั้น

อาจจะมียูทิลิตี้หลายตัวที่มีเชื้อโรคแฝงอยู่โดยการผ่านตรวจจับ ดังนั้นการตรวจโรคในพ่อแม่พันธุ์น่าจะเป็นวิธีการที่ดีกว่าการสุ่มตรวจลูกพันธุ์ เนื่องจากการตรวจลูกพันธุ์เป็นการสุ่มตรวจ ไม่สามารถตรวจลูกพันธุ์ทุกตัวได้

เทคโนโลยีชีวภาพถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบสภาพความแข็งแรงของสัตว์น้ำ ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบการทำงานของเซลล์เม็ดเลือด กระบวนการต้านอนุมูลอิสระ การจับกินสิ่งแปลกปลอม เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความเครียด ระบบภูมิคุ้มกันโรค ปริมาณแอนติบอดี การใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันเป็นอีกวิธีการหนึ่งสำหรับการป้องกันโรคสัตว์น้ำเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ยาและสารเคมีในการรักษาโรค (ชนกันต์, 2556; Vallejos-Vidal *et al.*, 2016; Hai *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตาม การใช้สารดังกล่าวในการผสมอาหารในการเลี้ยงกุ้งยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร แต่ก็มีผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายหลากหลายจึงควรมีการวิจัยเพื่อหาทางเลือกที่ชัดเจน ศึกษาปริมาณและเวลาที่ใช้ รวมทั้งประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ใช้เสริมอาหารเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ทำให้เกิดความสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย ป้องกันการรุกรานของเชื้อโรคในทางเดินอาหาร ลดความเครียดที่เกิดจากการเลี้ยงในความหนาแน่นสูง เป็นทางเลือกในการลดการใช้ยาปฏิชีวนะ (Vallejos-Vidal *et al.*, 2016; Akhter *et al.*, 2015; Hai *et al.*, 2015) โปรไบโอติกที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Shewanella*, *Enterobacter*, *Pseudomonas* และ *Saccharomyces* (Nayak, 2010) อย่างไรก็ตามปริมาณและระยะเวลาที่ใช้จะให้ผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันที่ต่างกัน มีงานทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเสริมโปรไบโอติกตั้งแต่ 15 – 94 วัน แต่ไม่ได้มีการชี้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรจะให้โปรไบโอติกสำหรับสัตว์น้ำแต่ละชนิด (Hai *et al.*, 2015) ดังนั้นผู้เลี้ยงปลาควรทดลองในฟาร์มตนเอง โดยคำนึงถึงต้นทุนและผลตอบแทนที่ได้ นอกจากนี้ Verschuere *et al.* (2000) กล่าวว่า การใช้โปรไบโอติกหลายสายพันธุ์จะให้ผลที่ดีกว่า ดังนั้นงานของ Aly *et al.* (2008) ที่ชี้ว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสม *B. subtilis* และ *L. acidophilus* จะมีค่าเอนไซม์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสูงกว่าการได้อาหารผสมโปรไบโอติกเพียงชนิดเดียว ซึ่งจะขัดแย้งกับงานของ Iwashita *et al.* (2015) ที่ทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารผสม *B. subtilis*, *S. cerevisiae* และ *A. oryzae* แล้วไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่การให้โปรไบโอติกชนิดเดียวกลับมีอัตราแลกเนื้อที่ดีกว่า จึงสรุปได้ว่ายังขาด

ความชัดเจนในเรื่องจำนวนสายพันธุ์ที่ควรจะใช้ในการผสมอาหารสัตว์น้ำ

มีการศึกษาการใช้พรีไบโอติกซึ่งเป็นสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตซึ่งไม่ถูกย่อยหรือถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารส่วนบน ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์อยู่ในลำไส้และช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในร่างกาย ทำให้สัตว์มีสุขภาพดีขึ้น (สาโรช, 2547) พรีไบโอติกที่นิยมใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharides: FOS) เบต้า-กลูแคน (Beta-Glucan) อินนูลิน (Inulin) Akhter *et al.* (2015) และ Song *et al.* (2014) ได้สรุปการใช้พรีไบโอติกในสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ พบว่าให้ผลที่แตกต่างกันตามชนิดของสัตว์น้ำและระยะเวลาที่ให้ ส่วนใหญ่จะมีผลทำให้ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะสูงขึ้น จินไบโอติก (Synbiotics) เป็นสารเสริมที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์กลุ่มโปรไบโอติกและสารอาหารกลุ่มพรีไบโอติก (Cerezuela *et al.*, 2011) การให้อาหารผสม *B. licheniformis* และสารสกัดจากยีสต์ช่วยให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตดีขึ้น (Hassaan *et al.*, 2014)

การพัฒนาวัคซีนเพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกในการป้องกันโรคสัตว์น้ำ มีวัคซีนเชิงพาณิชย์จำหน่ายในท้องตลาดในกลุ่มปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง Brudeseth *et al.* (2013) รายงานว่า มีการใช้วัคซีนป้องกันโรคสัตว์น้ำมากกว่า 17 ชนิดใน 40 ประเทศทั่วโลก ความยุ่งยากของการให้วัคซีนปลา คือ ต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการฉีดปลาแต่ละตัว อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาเครื่องฉีดวัคซีนอัตโนมัติที่ทำให้สามารถฉีดวัคซีนได้สูงถึง 20,000 ตัวต่อชั่วโมง (Maskon, 2012) สำหรับโรคระบาดในปลาขนาดเล็กจำเป็นต้องมีการให้วัคซีนเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรืออาจจะต้องให้วัคซีนโดยการแช่หรือการผสมอาหารให้กิน Klesius *et al.* (1999) รายงานว่า วัคซีนให้ผลดีสำหรับลูกปลากัดอเมริกัน (channel catfish, *Ictalurus punctatus*) ขนาด 7–30 วันหลังฟักเป็นตัว ในขณะที่ Amend *et al.* (1991) กล่าวว่า วัคซีนได้ผลดีในปลาแซลมอน (*Oncorhynchus kisutch*) ที่มีขนาด 2 กรัม ขึ้นไป ปัจจุบันมีวัคซีนที่ขึ้นทะเบียนจำหน่ายในกลุ่มปลาแซลมอน ปลาเทราต์ ปลากระพง ปลาหนัง (ปลาสวายและปลากดอเมริกัน) ปลานิล (Brudeseth *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามวัคซีนสำหรับกลุ่มปลานิลยังมีการใช้ไม่แพร่หลาย เนื่องจากราคาปลาต่อตัวไม่สูงมาก การพัฒนาวัคซีนใช้เวลานานและต้นทุนสูง รวมทั้งยากที่จะพัฒนาวัคซีนให้มีประสิทธิภาพดีครอบคลุมป้องกันเชื้อโรคทุกตัวและทุกสายพันธุ์ ชนกันต์ (2545) กล่าวว่า วัคซีนดีเอ็นเอสำหรับปลาถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้มีการสร้างปริมาณแอนติเจนในตัวปลาให้มีเพียงพอสำหรับการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เหมาะสำหรับการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสและ

แบคทีเรียที่มีการแบ่งตัวภายในเซลล์ (intracellular bacteria) แต่ปัญหาคือ ปลาที่ได้รับวัคซีนดีเอ็นเอถูกจัดว่าเป็นปลาที่มีการตัดแต่งพันธุกรรม เพราะมีการตัดต่อยีนแอนติเจนเข้าไปในพลาสมิดก่อนฉีดเข้าสู่ปลา (Brudeseth *et al.*, 2013) นักวิทยาศาสตร์ยังกังวลเรื่องการเพิ่มจำนวนของพลาสมิดและแอนติเจนซึ่งอาจจะไปรวมตัวกับเซลล์ของสัตว์น้ำ (Tonheim *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตามมีวัคซีนดีเอ็นเอสำหรับป้องกันโรคไอเอชเอ็นวี (IHNV disease หรือ Infectious Haematopoietic Necrosis Virus) ได้รับการขึ้นทะเบียนและอนุญาตให้ใช้ในแคนาดา (Brudeseth *et al.*, 2013)

เทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ

อาหารสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อการจัดการพ่อแม่พันธุ์ เพื่อให้ได้ไข่และน้ำเชื้อที่มีคุณภาพ อาหารสำเร็จรูปสำหรับพ่อแม่พันธุ์ปลาแต่ละชนิดยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์ เนื่องจากความต้องการของลูกค้ายังไม่มากพอสำหรับ ในขณะที่พ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำมักจะมีความต้องการสารอาหารและวิตามินที่สูงกว่าปลาทั่วไป อาหารที่ดีทำให้สัตว์น้ำโตเร็ว แข็งแรง ทนต่อโรคและสิ่งแวดล้อม อัตราแลกเนื้อต่ำ ก่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด

สำหรับลูกปลานขนาดเล็กนั้นอาหารต้องมีขนาดพอเหมาะกับปาก แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์และสาหร่ายที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีขนาดพอเหมาะกับการพัฒนาการของสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น โรติเฟอร์ (*Brachionus*) อาร์ทีเมีย (*Artemia*) ได้นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อให้สัตว์น้ำโตเร็ว แข็งแรง มีคุณภาพดี อย่างไรก็ตาม ยังมีปัญหาที่ต้องพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้ได้สารอาหารคงที่และป้องกันการปนเปื้อนจุลินทรีย์หรือแพลงก์ตอนอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อผลิตสาหร่ายแห้งสำเร็จรูป และอาหารแคปซูลขนาดเล็ก (microencapsulated diets) เพื่อใส่สารอาหารที่สำคัญต่างๆ โดยเฉพาะสารอาหารที่ลูกสัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ได้ทันทีลงไปในการอาหารขนาดเล็กสำหรับลูกสัตว์น้ำ การหาวิธีการในการฟอกไฮอาร์ทีเมียเพื่อลดการปนเปื้อน การห่อหุ้มทางชีวภาพ (bioencapsulation) ถูกนำมาใช้สำหรับการเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยการเสริมกรดไขมันและวิตามิน (Merchie *et al.*, 1995) การให้วัคซีนผสมอาหาร (Robles *et al.*, 1998) เพื่อเสริมคุ้มกันให้กับลูกปลา

มีงานวิจัยออกมามากมายเพื่อลดการใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจาก ราคาปลาป่นสูง มีปัญหาเรื่องการใช้แรงงานทาส ความไม่คงที่ของคุณภาพ

และปริมาณของปลาป่น ปัญหาน้ำมันและสิ่งแฉะลื้อ มีการทดลองใช้โปรตีนจากพืชในการผลิตอาหารกุ้ง (Mendoza *et al.*, 2001) อาหารหอย (Shipton and Britz, 2000) และอาหารปลา (Ogunji and Wirth, 2001) นอกจากนี้มีการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรตีน (Oliva-Teles and Goncalves, 2001) แต่การใช้กากถั่วเหลืองแทนโปรตีนจากปลาป่น อาจจะมีปัญหาเนื่องจากกากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) ไลซีน (lysine) และทรีโอนีน (threonine) น้อยกว่า (Yaghoubi *et al.*, 2016) รวมทั้งขาดกลูตาไมนในการดึงดูดสัตว์น้ำมากินอาหาร นอกจากนี้ถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีน หากไม่ทำลายสารยับยั้งเอนไซม์นี้ก่อนจะมีผลทำให้ไปลดการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนบางตัวเช่น เมทไธโอนีน และซิสทีน (cystine) ดังนั้นการใช้กากถั่วเหลืองไม่สกัดน้ำมันในอาหารสัตว์จึงต้องคั่วหรือผ่านความร้อนอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีซึ่งจะช่วยลดสารพิษได้ระดับหนึ่ง แต่หากใช้ความร้อนสูงเกินไปจะทำให้ทำลายกรดอะมิโนไลซีน นอกจากนี้กากถั่วเหลืองมีปริมาณวิตามินดีและวิตามินเคค่อนข้างต่ำ การนำไปใช้ทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องเสริมวิตามินเพิ่มเติมเพื่อให้สัตว์น้ำได้รับสารอาหารครบถ้วน ส่วนข้าวโพดขาดวิตามินไนอะซินหรือนิโคตินไมด์ (Niacin Nicotinamide) ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ลดลงสำหรับข้าวโพดที่มีความชื้นอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ซึ่งจะผลิตสารอัลฟาโทอกซิน (Aflatoxin) เป็นสารพิษทำให้สัตว์ที่กินอาหารเข้าไปเกิดอาการผิดปกติต่างๆ และอาจเป็นพิษสะสมถึงตายได้ (สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด, 2016)

งานวิจัยเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำที่ก่อให้เกิดของเสีย น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย (zero waste) หลายบริษัทใช้ค่าแลกเนื้อ (feed conversion ratio หรือ FCR) เป็นตัวบ่งชี้ทั้งในแง่ของการปลดปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำ การผลิตอาหารลักษณะนี้จะมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ที่มีน้ำจำกัดหรือเผชิญกับสภาวะภัยแล้ง การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาดเล็กจะช่วยลดการสูญเสียจากการจับกินของปลาได้สูงถึง 50% (Ballester-Moltó *et al.*, 2016) นอกจากนี้ความท้าทายของผู้ผลิตและนักแปรรูปสัตว์น้ำ คือ การทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ดึงดูดและยอมรับสำหรับผู้บริโภค ความต้องการอาหารปลอดภัย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและรับผิดชอบต่อสังคมมีสูงขึ้น เทคนิคทางเทคโนโลยีชีวภาพอาจจะถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบความสดใหม่ รสชาติ สีสรร คุณค่าทางอาหาร การปนเปื้อนและความปลอดภัยด้านอาหาร

ระบบเลี้ยงสัตว์น้ำและการจัดการสิ่งแวดล้อม

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ควรพิจารณาถึงสภาพและความสูงของพื้นที่ สภาพอากาศ แหล่งน้ำและต้นทุนการผลิตควบคู่ไปด้วย อุณหภูมิมีผลต่อ ชนิดของสัตว์น้ำที่เลี้ยง การเลี้ยงปลากระพงขาว ปลาเก๋า และปลาตะเพียนในกระชัง เป็นการเลี้ยงปลาที่ให้ผลตอบแทน สูง หากเลือกทำเลที่ตั้งกระชังปลาที่เหมาะสม เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้เรื่องปลาเป็นของตนเอง แต่ปัญหาที่พบคือ ของเสีย จากสัตว์น้ำอาจจะทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรม ปัญหาคุณภาพ และปริมาณน้ำที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง พัฒนาปลาให้โตเร็ว แข็งแรงและมีความทนทานต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมที่สูง

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิด ถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อลดการใช้น้ำ ลดความเสี่ยงจากปัญหาคุณภาพน้ำไม่ดี และการปนเปื้อนของสารอันตราย ปัญหาเชื้อโรคจาก ภายนอกฟาร์ม มีการจัดการสารอินทรีย์โดยใช้จุลินทรีย์ มีการให้อากาศเพียงพอเพื่อให้จุลินทรีย์ทำงานได้ดี แต่ ในทางปฏิบัติยังมีปัญหาเรื่องระบบการกำจัดของเสียที่ เหมาะสม ต้นทุนการผลิต การใช้พลังงาน นอกจากการ คิดค้นอาหารที่ดี มีคุณภาพสูง ช่วยเสริมภูมิคุ้มกัน ปลานำ อาหารมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ทำให้เกิดของเสียน้อย ที่สุดแล้ว การคิดค้นเครื่องให้อาหารอัตโนมัติก็เป็นสิ่งจำเป็น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน

มีการนำเทคโนโลยีไบโอฟลอค (biofloc technology) ซึ่งเป็นการใช้ตะกอนจุลินทรีย์ (biofloc) มา ช่วยในการย่อยสลายซากของเสีย (แอมโมเนีย) เปลี่ยนของ เสียให้กลายเป็นของดีเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ เพื่อลดปริมาณของเสียและลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ไบ โอฟลอคสามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติ แต่ถ้าไม่ หมุนเวียนฟลอคนั้นจะตกตะกอนสะสมที่พื้นก้นบ่อกลายเป็น ของเสียเช่นเดิม ไบโอฟลอคจะเกิดเมื่อเกิดความสมดุลของ อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในน้ำ ถ้ามีการปล่อย ของเสียจำพวกสารอินทรีย์ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ กรดอะมิโนโปรตีนซึ่งจะกลายไปเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) และสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต (แหล่ง คาร์บอน) ได้แก่ แป้ง น้ำตาลเซลลูโลส (cellulose) และ พวกกากใย (fiber) ลงไปในน้ำ ของเสียนี้จะถูกเปลี่ยนไป เป็นตะกอนจุลินทรีย์ ตะกอนจุลินทรีย์นี้จะกลุ่มของ จุลินทรีย์จำพวกเฮเทอโรโทรฟิก (Heterotrophic bacteria) ที่มารวมตัวกันเป็นตะกอนแขวนลอย ขนาดของ กลุ่มฟลอคอยู่ที่ 0.2–2.0 มิลลิเมตร ถ้ามีการเติมสารอาหาร จำพวกคาร์โบไฮเดรตลงไปอีกมันจะไปกระตุ้นให้ไบโอ

ฟลอคติ่งไนโตรเจน (แอมโมเนีย) มาใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ มากขึ้น

จำนวนจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ แอมโมเนียในน้ำก็จะลดลงซึ่งเนื้อเซลล์ใหม่นี้เป็นสารพวก โปรตีนเมื่อสัตว์น้ำกินจุลินทรีย์ที่รวมตัวเป็นฟลอคเข้าไปก็ เท่ากับว่าสัตว์น้ำได้กินอาหารที่มีโปรตีนนั่นเอง การใช้กลุ่ม ฟลอคในการกำจัดแอมโมเนียนี้จะเร็วกว่าการเกิด กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) เพราะ heterotrophic bacteria จะเจริญเติบโตเร็วกว่า nitrifying bacteria ประมาณ 10 เท่าทำให้น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำมี คุณภาพดีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยลงและส่งผลให้สัตว์มี สุขภาพดีตามไปด้วย

การฟื้นฟูทางชีวภาพ (bioremediation) เป็นอีก เทคโนโลยีที่ใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายของเสียให้อยู่ในระดับที่ สิ่งแวดล้อมยอมรับได้ แม้จะมีการใช้เทคโนโลยีในหลาย หลายอุตสาหกรรม แต่ด้านการเพาะเลี้ยงกุ้งและปลายังมี น้อยผลิตภัณฑ์ที่วางขายในท้องตลาดมักจะเป็นกลุ่ม แบบที่เรี่ย อย่างไรก็ตามมีการใช้หอย สาหร่าย ปลิงทะเล (sea cucumber) เพื่อลดสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้สารเสริมในอาหารเพื่อให้ของเสียที่ปลาขับถ่ายไม่ ละลายน้ำ เพื่อช่วยต่อการกำจัด และไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพ น้ำ

สรุป

นวัตกรรมเทคโนโลยีด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ก่อให้เกิดผลดีต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีชีวภาพช่วยให้สัตว์น้ำโตเร็ว มี คุณภาพเนื้อดี สุขภาพแข็งแรง ทนต่อโรคและสิ่งแวดล้อม แปรปรวน อย่างไรก็ตามควรพัฒนาองค์ความรู้และ เทคโนโลยีให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ราคาขยับเยา คำนวณใน การลงทุน รวมทั้งจัดให้มีการฝึกอบรมและแลกเปลี่ยน ข่าวสารที่มีประโยชน์เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ได้มาตรฐานและ ปลอดภัยต่อการบริโภค

เอกสารอ้างอิง

- ชนกันต์ จิตมนัส. 2556. ผลของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรต่อภูมิคุ้มกันสัตว์น้ำ. วารสารวิจัย มข. 18: 257 – 269.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2545. การพัฒนาวัคซีนเอนเฮอร์ปลา. เวชสารสัตวแพทย์ 32: 13 – 23.
- นิติกร ผิวฟ่อง. 2549. การผลิตปลาหมอไทย (Anbas testudineus Block) 2n ด้วยวิธีโคโนเจเนซิส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด กรมประมง. แนวทางการลดต้นทุนอาหารสัตว์น้ำ. [online]. [Accessed January 15, 2016]. Available from: URL: http://www.fisheries.go.th/finland_feed/web2/images/download/lowcostfeed.pdf
- Akhter, N., Wu, B., Memon, A.M. and Mohsin, M. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. Fish Shellfish Immun. 45: 733 – 741.
- Aly, S.M., Abdel-Galil, A.Y., Abdel-Aziz, G.A. and Mohamed, M.F. 2008. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. Fish Shellfish Immun. 25: 128– 136.
- Amend, D. and Johnson, K. 1981. Current status and future needs of *Vibrio anguillarum* bacterins. In: Fish biologics: serodiagnostics and vaccines.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., García-García, B., García-García, J., Cerezo-Valverde, J. and Aguado-Giménez, F. 2016. Controlling feed losses by chewing in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on growing may improve the fish farming environmental sustainability. Aquaculture 464: 111 – 116.
- Brudeseth, B.E., Wiulsrød, R., Fredriksen, B.N., Lindmo, K., Løkling, K., Bordevik, M., Steine, N., Klevan, A. and Gravningen, K. 2013. Status and future perspectives of vaccines for industrialised fin-fish farming. Fish Shellfish Immun. 35(6): 1759 – 1768.
- Cerezuela, C., Meseguer, J. and Esteban, A., 2011. Current knowledge in synbiotic use for fish aquaculture: a review. Aquac. Res. Dev. S. 1,008. <http://dx.doi.org/10.4172/2155.9546.S1-008>.
- Hans, K. and Gary, H.T. 2007. Androgenesis, gynogenesis and the production of clones in fishes: A review Aquaculture 269: 150–173.
- Hassaan, M.S., Soltan, M.A. and Ghonemy, M.M.R. 2014. Effect of synbiotics between *Bacillus licheniformis* and yeast extract on growth, hematological and biochemical indices of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The Egyptian Journal of Aquatic Research. 40 (2): 199-208.
- Klesius, P.H. and Shoemaker, C.A. 1999. Development and use of modified live Edwardsiella ictaluri vaccine against enteric septicemia of catfish. Adv Vet Med. 41: 523 – 537.
- Lisa, F.C. 2015. The current status of DNA barcoding technology for species identification in fish value chains. Food Policy. 54: 85 – 94.
- Iwashita, M.K.P., Nakandakare, I.B., Terhune, J.S., Wood, T. and Ranzani-Paiva, M.J.T. 2015. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* enhance immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* infection in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*, Fish Shellfish Immun. 43: 60– 66.
- Maskon, 2012. <https://www.agriculture-xprt.com/products/keyword-fish-vaccination-52440> [online]. [Accessed January 15, 2016].
- Merchie, G., Lavens, P., Dhert, P., Dehasque, M., Nelis, H., DeLeenheer, A. and Sorgeloos, P. 1995. Variation in ascorbic acid content in different live food organisms. Aquac. 134 (3-4): 325-337.
- Najeeb, A., Bin, W., Aamir, M.M. and Muhammad, M. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. Fish Shellfish Immun. 45 (2): 733-741
- Nayak, S.K. 2010. Review: probiotics and immunity: a fish perspective, Fish Shellfish Immun. 29: 2- 14.

- Ngo, V.H. 2015. Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: A review. *Fish Shellfish Immun.* 45(2): 592-597
- Robles, R., Sorgeloos, P., Duffel, H. and Nelis, H. 1998. Progress in biomedication using live foods. *J. Appl. Ichthol.* 14(3-4): 207-212.
- Rohana, P.S., David, C., Sharon, E.M. and Devin, B. 2016. Technological Innovations in Aquaculture. [online]. [Accessed January 15, 2016]. Available from: URL: <http://www.fao.org/3/a-y4490e/y4490E05.pdf>
- Scott, B., Kate, M., Nick, W. and Matthias, K. 2015. Responsible techno-innovation in aquaculture: Employing ethical engagement to explore attitudes to GM salmon in Northern Europe. *Aquaculture.* 437: 370 – 381.
- Seong, K.S., Bo, R.B., Daniel, K., John, P., Jungjoon, K., Hyun, D.K. and Einar, R. 2014. Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: A review. *Fish Shellfish Immun* 40(1): 40 – 48.
- Tonheim, T.C., Bøgwald, J. and Dalmo, R.A. 2008. What happens to the DNA vaccine in fish? A review of current knowledge. *Fish Shellfish Immun* 25: 1 – 18.
- Vallejos-Vidal, E., Reyes-López, F., Teles, M. and MacKenzie, S. 2016. The response of fish to immunostimulant diets. *Fish Shellfish Immun* 56: 34 – 69.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. and Verstraete, W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64: 655- 671.
- Yaghoubi, M., Mozanzadeh, M.T., Marammazi, J.G., Safari, O. and Gisbert, E. 2016. Dietary replacement of fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (*Sparidentex hasta*). *Aquaculture* 464: 50 – 59