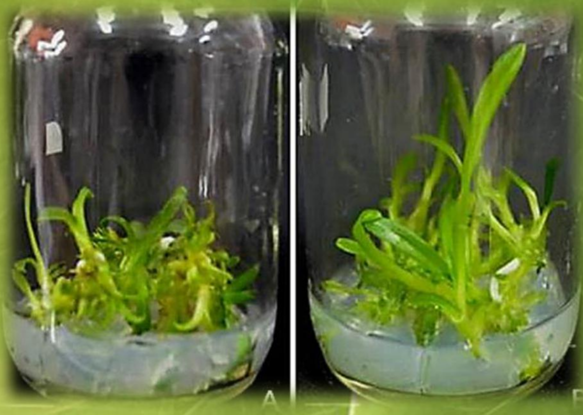
วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 ธันวาคม 2560

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

Vol. 14 No. 2 / DECEMBER 2017

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University



ISSN 1685-8379

บทความปริทัศน์

การใช้ไคโตซานต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

ฉัตรชัย เสนขวัญแก้ว[1*], ปวีณอิศรัชต์ เคนจันทน์[2], ปณัท สุขสร้อย[1] และ นิตยา ทองทิพย์[1]

[1]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ แขนงวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สระแก้ว 27000

[2]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

การใช้พรีไบโอติกในอาหารสัตว์เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมโดยไคโตซานเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่นิยมใช้เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสุกร ไคโตซานสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากไคโตซานเป็นสารพรีไบโอติกเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ความสามารถในการย่อยของสารอาหารมีประสิทธิภาพที่ดีส่งผลต่อสุขภาพของสุกรอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ไคโตซานในอาหารสุกรระยะต่างๆ นั้น ควรคำนึงถึงระดับการใช้ที่เหมาะสม โดยปริมาณไคโตซานที่เหมาะสม คือ 300 พีพีเอ็ม ในสูตรอาหารส่งผลให้สุกรระยะต่างๆ มีอัตราการเจริญเติบโตและสุขภาพที่ดีขึ้น ดังนั้นการเสริมไคโตซานควรจะเป็นการเสริมในอาหารเพื่อสุขภาพของสุกรมากกว่าใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต

คำสำคัญ: เปลือกกุ้ง, ไคโตซาน, สมรรถภาพการเจริญเติบโต และสุกร

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chatchai.sen@vru.ac.th

Using of Chitosan on Growth Performance in Swine

Chatchai Senkwankaew[1*], Paweenisaras Khenjan[1], Panut Sooksoi[1] and Nittaya Thongtip[1]

[1]Department of Agriculture branches animals Science, Faculty of Agricultural Technology, University Valaya Nationals SaKaeo, 27000, Thailand

[2]Department of Animals Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, 20110, Thailand

Abstract

Supplementation of prebiotics are not harmful for the consumers and the environment. Chitosan is one of the popular choices in animal feed, especially in swine. Chitosan effectively increased the growth rate and animal health. Since chitosan is a prebiotic, it is stimulating the growth of beneficial microorganisms in the digestive tract, and increasing digestibility of nutrients in swine. However, using chitosan on swine diets should be recommended at 300 ppm. The swine has a good performance and a good health. Therefore, chitosan supplementation should be supplemented in the feed for swine replace to the other growth promoters.

Keywords: Shrimp shell, Chitosan, Growth performance and Swine

* Corresponding author: E-mail: chatchai.sen@vru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันมีการนำสารเคมีมาใช้ผสมลงในสูตรอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตอย่างกว้างขวาง การนำเอาสารเคมีมาใช้ส่วนใหญ่ หากใช้ระยะที่ยาวนานทำให้มีสารตกค้างในเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ทำให้มีการศึกษาหาสารที่ได้จากธรรมชาติและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาใช้ผสมลงในสูตรอาหารของสัตว์ต่อการเจริญเติบโตและสมรรถภาพของผลผลิต จึงมีการนำเอาผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติมาใช้ทดแทน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและตัวสัตว์ที่มากขึ้น ในปัจจุบันมีการนำเปลือกกุ้งและหัวกุ้งไปใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนมากแล้วก็จะนำไปป่นบดเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม หากมองในแง่องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งและหัวกุ้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคติน (chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในเปลือกกุ้ง หากมีการสกัดออกมาและนำมาแปรรูปใช้งานสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย นอกจากนี้ Surawattanawan (2001) กล่าวว่าภายในเปลือกกุ้งจะมีสารอยู่ชนิดหนึ่งที่ช่วยดักจับไขมันภายในเส้นเลือด หากสัตว์ได้รับสารชนิดเข้าไปจะทำให้การสะสมไขมันของสัตว์ต่ำลง ซึ่งจะทำให้มีการสะสมเนื้อแดงที่เพิ่มขึ้นด้วย สารชนิดนั้นคือ สารไคโตซาน สารนี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสามารถกระตุ้นการสร้างภูมิต้านทานโรค ทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดีช่วยลดต้นทุนค่าผลิตภัณฑ์ด้านยาให้แก่เกษตรกร อย่างไรก็ตาม น้ำย่อยภายในตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยเปลือกกุ้งให้เป็นไคโตซานได้ ดังนั้นจึงควรนำมาสกัดด้วยสารเคมีหรือสกัดด้วยจุลินทรีย์ก่อนนำไปใช้สามารถทำให้น้ำย่อยภายในตัวสัตว์สามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มมากขึ้น

เปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการส่งออกกุ้ง ประกอบด้วยส่วนหัว เปลือกและหางกุ้ง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ โดยการนำไปบดทำเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ สารสี Astaxanthin ที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกกุ้ง มีประโยชน์ในการเพิ่มสีในเนื้อ หรือไข่ได้ จากรายงานของ Hertrampf and Piedad - Pascual (2000) พบว่าเปลือกกุ้งมีสารให้สี Astaxanthin และ Cantaxanthin ที่ระดับ 7 และ 27 มก./กก. ตามลำดับ สอดคล้องกับ Khempaka *et al*. (2006) รายงานว่าการใช้เปลือกกุ้งในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 4-12 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มความแดง (Redness) ในเนื้อส่วนน่อง และไข่แดง นอกจากเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์แล้ว หากมองลงไปให้ลึกถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง และหัวกุ้งแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่านั้น โดยเฉพาะส่วนของสารโพลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่เรียกว่า ไคติน (chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่มากในเปลือกกุ้งและหัวกุ้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งในอุตสาหกรรมยา เคมี เครื่องสำอาง อาหารและเครื่องดื่ม ตลอดจนใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Chitsatchapong, 2009) เปลือกกุ้งมีคุณสมบัติและองค์ประกอบในการใช้ประโยชน์ทางอาหารสัตว์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ แหล่งที่มา สายพันธุ์ และวิธีการแปรรูป เป็นต้น (Table 1)

ข้อจำกัดในการใช้เปลือกกุ้งป่นในอาหารสัตว์

เปลือกกุ้งประกอบด้วยไคติน ซึ่งปริมาณของไคตินมักผันแปรไปตามสัดส่วนของหัว และหางกุ้ง ซึ่งไคตินเป็นส่วนที่ย่อยได้ยาก และนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย (Chajarern, 2004) รวมทั้งมีหลายงานวิจัยที่ได้รายงานว่าไคตินเป็นตัวจำกัดในการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ เนื่องจากไคตินมีการย่อยได้ต่ำเมื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ (Khempaka *et al*., 2006) นอกจากนี้ข้อจำกัดในการใช้เปลือกกุ้งป่นในอาหารสัตว์คือ ปริมาณของเถ้า แคลเซียม และเกลือ โดยทั่วไปเปลือกกุ้งป่นมีเกลือประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ หากระดับเกลือซึ่งใช้ป้องกันไม่ให้เปลือกกุ้งเน่าก่อนที่จะนำไปทำให้แห้งสูงเกินระดับดังกล่าว การใช้เปลือกกุ้งป่นในอาหารสัตว์ ต้องจำกัดไม่ให้สูงเกินไป ควรใช้เปลือกกุ้งป่นรวมกับแหล่งโปรตีนอื่นเพื่อช่วยลดระดับของ เถ้า แคลเซียม และเกลือในอาหารให้น้อยลง (Chajarern, 2004)

ไคตินและไคโตซาน

ไคโตซานและไคตินเป็นสารพอลิเมอร์ชีวภาพที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านอุตสาหกรรม ทางด้านการแพทย์ การเกษตร เครื่องสำอาง และทางด้านอาหาร รวมถึงทางด้านอื่นๆ อีกมากไคตินถูกพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1811 โดย Henri Bracannot ด้วยการแยกได้จากเห็ด และในปี ค.ศ. 1823 มีการตั้งชื่อสารที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดนี้ว่า ไคติน โดย Odier

ที่มาจากคำว่า Chitonในภาษากรีก แปลว่า เกาะหุ้ม (Srinutthrakun, 2010) ไคติน เป็นสารโพลิแซคคาไรด์ที่เป็นสารโพลิเมอร์ ธรรมชาติที่เกิดจากสาร 2- acetamido –2-deoy-β –D-glucose และ 2- amino-2-deoxy -β – D – glucose มีความแตกต่างจากโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่น เนื่องจากไคตินมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีลักษณะโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แต่ต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เกาะอยู่ ส่วนของไคตินจะมีหมู่ acetamide (NH-CO-CH3) เกาะอยู่ (fig.1)

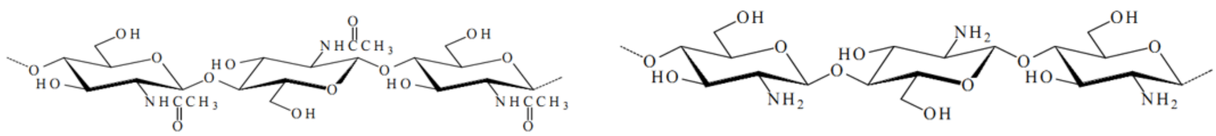
ไคติน เป็นสารโมเลกุลยาว ไม่มีประจุ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200,000 มีสูตรคือ ($C_8H_{13}NO_5$) ประกอบด้วยไฮโดรเจน 6.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน 47.3 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 6.9 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 39.4 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ไคตินพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป โดยพบมากในสิ่งมีชีวิตที่มีเปลือกหรือผนังแข็งหุ้มลำตัว เช่น กุ้ง ปู หอย แมลง รวมถึงผนังเซลล์ของเชื้อรา ยีสต์ และสาหร่าย สารนี้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกัน และสร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างร่างกาย

ไคโตซาน หรือเรียก deacetylated chitin เป็น โคโพลีเมอร์ที่เกิดจาก glucosamine และ N-acetylglucosamine ประกอบด้วย glucosamine มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นสารอนุพันธุ์ของไคตินที่ผลิตได้จากการทำปฏิกิริยากับด่างเข้มข้นเพื่อกำจัดหมู่อะซิติล ทำให้โมเลกุลเล็กลง และมีคุณสมบัติที่อ่อนตัวสามารถขึ้นรูปเป็นเจล เม็ด เส้นใย หรือคอลลอยด์ รวมถึงการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ได้มากขึ้น นอกจากนั้น ไคโตซานประกอบด้วยหมู่อะมิโน (-NH2) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นเปลี่ยนเป็นสารอนุพันธ์อื่นๆ ได้หลากหลาย

Table 1 Nutrition composition of shrimp shells (as feed basic)

Nutritional composition (%)								
Dry Matter	Crude protein	Ether extract	Ash	Crude fiber	Calcium phosphorus	Total	Chitin	Energy (Kcal/kg)
95.40[1]	56.95[1]	4.51[1]	24.46[1]	13.18[1]	-	-	-	-
-	39.32[2]	0.94[2]	26.73[2]	29.75[2]	6.05[2]	0.97[2]	30.44[2]	1,350[2]
92.13[3]	24.03[3]	5.14[3]	25.60[3]	26.89[3]	16.69[3]	0.85[3]	18.70[3]	938[3]
91.27[4]	53.47[4]	3.42[4]	16.80[4]	1.18[4]	0.74[4]	0.31[4]	-	1,312[4]
-	46.30[5]	9.04[5]	17.04[5]	4.30[5]	7.00[5]	3.03[5]	9.82[5]	2,500[5]
-	36.60[6]	10.30[6]	28.50[6]	9.60[6]	0.57[6]	0.95[6]	-	-
1,032.1[6]								

Sources: Chimsang *et al*. (2006)[1], Khempaka *et al*. (2006)[2], Mahata *et al*. (2008)[3], Ojewola and Udom (2005)[4], Okoye *et al*. (2005)[5] and Adeyeye *et al*. (2008)[6]



Chitin Chitosan

Fig. 1 Chemical structure of chitin and chitosan

Source: Surawattanawan (2001)

ประโยชน์ไคโตซาน

Srinutthrakun (2010) กล่าวว่า ในปัจจุบันนิยมนำไคโตซานและไคตินทั้งสองรูปมาใช้ประโยชน์ แต่ส่วนมากจะใช้ประโยชน์ในรูปของไคโตซานมากกว่า โดยมีประโยชน์ดังนี้

1. ทางการแพทย์ ไคโตซานเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สามารถนำมาใช้ในทางการแพทย์ได้หลายรูปแบบ สามารถเตรียมได้ในรูปแบบเม็ดเจล แผ่นฟิล์มฟองน้ำ เพลเลท แคปซูล และยาเม็ด เป็นต้น ไคโตซานและอนุพันธ์ใช้ป้องกันฟันผุ เช่น เอซิลีนไกลคอน-ไคตินคาบอกซีเมทิล-ไคตินซัลเฟตเตด ไคโตซาน และฟอสฟอไลเลตเต็ด ไคติน สามารถยับยั้งการจับและก่อตัวของแบคทีเรียบนผิวฟันที่เป็นสาเหตุของฟันผุได้ดี ไคตินหรือไคโตซานซัลเฟตสามารถยับยั้งการแข็งตัวของเลือด และปลดปล่อย lipoprotein lipase โดยนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการฟอกเลือดเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด นอกจากนี้ยังใช้สำหรับรักษาแผล และป้องกันการติดเชื้อของแผลได้ดี

2. ทางการเกษตร ด้านการเกษตรนิยมใช้ไคตินไคโตซานในหลายด้านด้วยกัน อาทิ เช่น การใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืช ป้องกันโรคแมลง การเน่าเสียจากจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ใช้เร่งการเจริญเติบโตของพืช ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนกระตุ้นการเกิดรากใช้สำหรับปรับปรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารในดิน ปรับปรุงดินเค็ม ปรับปรุงดินที่เป็นกรดเป็นด่าง

3. อุตสาหกรรมอาหาร ด้วยคุณสมบัติของไคตินและไคโตซานที่สามารถจับกับเซลล์เมมเบรน ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีน และสารอื่นๆ ออกมานอกเซลล์จนจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโต และลดจำนวนลง สำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มบรรจุอาหาร เนื่องด้วยการใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนมีข้อเสียทำให้อาหารเน่าเสียเร็วเนื่องจากกักเก็บความชื้นไว้ภายใน แต่แผ่นฟิล์มที่ผลิตจากไคโตซานสามารถยืดอายุอาหารได้ดีกว่า เนื่องจากสามารถถ่ายเทความชื้นจากอาหารสู่ภายนอกได้ดีกว่า ในสารเติมแต่งในน้ำผลไม้ การเติมสารไคโตซานจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็น fining agent และควบคุมสภาพความเป็นกรดของน้ำผลไม้ได้ดี

4. เครื่องสำอาง ด้วยคุณสมบัติของไคตินและไคโตซานที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี และการเป็นฟิล์มบางๆ คลุมผิวหนังป้องกันการเสียความชุ่มชื้นของผิว รวมถึงฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์จึงนิยมนำมาเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางหลายชนิด เช่น แป้งทาหน้า แป้งผัดหน้า สบู่ ยาสีฟัน ยาสระผม ครีมกันแดด ครีมบำรุงผิว ยาย้อมผม และยาเคลือบผม

5. ทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยคุณสมบัติของไคติน และไคโตซานที่สามารถดูดซับ และจับกับสารอินทรีย์จำพวกไขมัน สี รวมถึงสารจำพวกโลหะหนักได้ดีจึงนิยมนำมาประยุกต์ใช้สำหรับเป็นสารกรองหรือตัวดูดซับสารมลพิษในระบบบำบัดน้ำเสีย

การผลิตไคตินและไคโตซาน

ไคตินในธรรมชาติ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ อัลฟาไคตินและเบต้าไคติน โดยเปลือกปูและเปลือกกุ้งเป็นชนิดอัลฟาไคติน ส่วนไคตินจากแกนปลาหมึกเป็นชนิดเบต้าไคติน ไคตินสามารถพบได้ทั้งในพืชและสัตว์ โดยการผลิตไคโตซานจะใช้ไคตินเป็นสารตั้งต้น ซึ่งการผลิตไคตินมักนิยมใช้เปลือกกุ้ง ปูและหอยในการผลิต เพราะมีราคาถูกและหาซื้อง่ายในอุตสาหกรรมอาหาร อีกทั้งเป็นแหล่งที่สามารถให้ไคตินสูง โดยเปลือกกุ้งจะประกอบด้วยไคตินประมาณ 14-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ปูมีประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ขบวนการผลิตไคตินจากเปลือกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยใช้สารเคมี มี 3 ขั้นตอน ดังนี้ (Phayai, 2001)

1. การกำจัดโปรตีน (Deproteinization) เป็นขั้นตอนกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกกุ้ง ปู ด้วยการทำปฏิกิริยากับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในช่วง 80-90 องศาเซลเซียส 2-3 ชั่วโมง

2. การกำจัดเกลือแร่ (Demineralization) เป็นขั้นตอนการกำจัดอนินทรีย์สารจำพวกแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในเปลือกกุ้ง ปู ด้วยการทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง แร่ธาตุจะถูกกำจัดออกในรูปของอนินทรีย์สารที่ละลายน้ำได้

3. การกำจัดสี (Decoloration) เป็นขั้นตอนการกำจัดรงควัตถุหรือสีออกให้หมด ขั้นตอนนี้อาจทำก่อนกระบวนการผลิตไคโตซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไคติน และนำไคตินมาผลิตไคโตซานหรือทำหลังขั้นตอนการผลิตไคโตซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไคโตซานการฟอกสีจะจะใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือโซเดียมเปอร์คลอเรต

($NaOCl_4$) หลังการกำจัดจะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปกระบวนการผลิตไคโตซานการผลิตไคโตซานจะมีขั้นตอนเหมือนกับการผลิตไคตินจนกระทั่งได้สารไคตินบริสุทธิ์ หลังจากนั้นจะใช้สารไคตินเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไคโตซาน การกำจัดหมู่อะซิติลของไคติน (Demineralization)

การสกัดแยกโดยการหมักด้วยจุลินทรีย์

Phayai (2001) กล่าวว่า การหมักด้วยจุลินทรีย์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถผลิตเป็นไคตินได้โดยใช้เชื้อแบคทีเรียที่ชื่อว่า *Lactobacillus spp.* ซึ่งจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของเปลือกกุ้งลดลงให้เหลือค่า pH ที่ 6.0 แล้วเพิ่มน้ำตาลกลูโคส 5 เปอร์เซ็นต์ ลงไปร่วมกับกรด acetic ที่ 75-86 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกโดยสามารถกำจัดโปรตีนได้ถึง 88-90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นก็ทำตามขั้นตอนการใช้สารเคมีเพื่อทำให้ได้ไคโตซานต่อไป นอกจากนี้ Khanafari *et al*. (2008) รายงานว่า การสกัดแยกไคตินและไคโตซานด้วยจุลินทรีย์สามารถใช้เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus spp.* เช่นเดียวกัน โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อบน MRS broth และ agar media นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 48-72 ชั่วโมง หลังจากนั้นใส่ MRS broth 5 มิลลิลิตร ในเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus spp.* เพื่อให้เกิดการหมักบ่มของอาหารเลี้ยงเชื้อ (น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และเปลือกกุ้งบดละเอียด 5 กรัม) นาน 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการหมักบ่มไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบ/นาที นาน 5 นาที ทำให้คืนสภาพเป็นของแข็งนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดเพื่อนำไปใช้ต่อไป

คุณสมบัติของไคโตซาน

โดยธรรมชาติแล้วไคโตซานไม่ละลายในน้ำเช่นเดียวกับเปลือกกุ้ง กระดองปู หรือเปลือกไม้ทั่วไปและในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง แต่ไคโตซานจะละลายได้ดีเมื่อใช้กรดอินทรีย์เป็นตัวทำละลายเช่นกรดแลกติก กรดกลูตามิก เป็นต้น (Senel and McClure, 2004) และมีค่า LD_{50} เท่ากับ 16 กรัม/กิโลกรัม (Inez *et al*., 2001) และพบว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานมีผลต่อความหนืด เช่น ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสารละลายที่ได้จะมีความหนืดสูงกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Surawattanawan, 2001) ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติของไคโตซานได้ (Table 2)

คุณสมบัติในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

ไคติน เป็นสารประกอบอีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาถึง ความเป็นไปได้ในการทดสอบเพื่อใช้เป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) และไคตินยังมีคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับบทบาทของพรีไบโอติกในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ การพัฒนาเซลล์ของระบบทางเดินอาหาร การกระตุ้นภูมิคุ้มกันของเยื่อบุผนังลำไส้ และจะส่งผลให้คนและสัตว์ที่ได้รับพรีไบโอติกเป็นอาหาร มีสุขภาพที่ดีขึ้น (Okawa *et al.,* 2003) สอดคล้องกับรายงานของ Chen *et al*. (2002) รายงานว่า ไคตินเป็นส่วนประกอบในเปลือกกุ้งมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและยังสามารถกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน โดยเพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดขาวโมโนซัยต์ คือ นิวโทรฟิลส์ และแมคโครฟาจ ซึ่งมีคุณสมบัติในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย นอกจากนั้นการเพิ่มของเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ส่งผลในการกระตุ้นการทำงานของแมคโครฟาจให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลาย และตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายของเซลล์แมคโครฟาจควบคุมการหลั่ง Cytokines ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เซลล์แมคโครฟาจในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาสู่ร่างกาย เมื่อแมคโครฟาจตรวจพบจุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือการติดเชื้อ เซลล์แมคโครฟาจจะทำการโอบล้อมเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อโรคและทำลายทิ้งในที่สุด ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Phagocytosis โดยเซลล์แมคโครฟาจจะทำการฆ่าจุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือเชื้อโรคต่างๆ โดยการสร้าง Toxic free radicals หรือไลโซไซม์ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำหน้าที่ในการย่อยสลายชั้น Peptidoglycan ของผนังเซลล์ของเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ส่งผลให้เชื้อโรคถูกทำลาย อย่างไรก็ตาม Lindberg (2014) กล่าวถึงประโยชน์จากการเสริมสารพรีไบโอติกในอาหารสุกรว่าสามารถทำให้เกิดกระบวนการหมักอาหารจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สูงขึ้น ทำให้ได้กรดไขมันสายสั้นออกมาซึ่งช่วยลดความเป็นกรดด่างภายในลำไส้ ช่วยลดอัตราการตายของเซลล์ (apoptosis) ในลำไส้เล็กทำให้มีการย่อยได้และ

การดูดซึมดีขึ้น จากการวิจัยของ Yin *et al.* (2010) ทำการศึกษาถึงประโยชน์ของไคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ ในด้านต่างๆ เช่น คุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติก การกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชพบว่าไคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์มีคุณสมบัติกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรคพืชหลายชนิด เช่น ยาสูบ แคโนลา องุ่น และ ข้าว เป็นต้น

Table 2 Physical and chemical properties of chitosan

Physical property	Chemical property
- Is a natural polymer	- Less melting at high pH (pH 7.4)
- Easy to use.	- High viscosity
-Biodegradable and Biocompatible	
- Low toxicity	
- It has a positive charge, so it attaches to the surface of the negative charge.	
- Increased absorption through the mucous membranes.	

Source: Mohamed *et al*. (2005)

ข้อจำกัดของไคติน

ไคตินเป็นสารโพลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่ง ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยเอ็นไซม์ที่ผลิตจากระบบทางเดินอาหารสัตว์ เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ไม่สามารถผลิตเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยไคตินได้คือ ไคติเนส (Chitinase) แต่เอ็นไซม์ดังกล่าวจะถูกผลิตโดยจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการมีไคตินในระดับที่สูงเกินไปในอาหารสัตว์จะส่งผลในการขัดขวางการย่อย และเป็นตัวจำกัดในการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (Khempaka *et al.,* 2006)

การศึกษาการใช้ไคโตซานในสุกรระยะต่างๆ

Chen *et al.* (2009) ทดลองเสริมไคโตซาน (COS) ในอาหารสุกรหย่านมที่ระดับ 0 2.5 และ 5 กรัม/กิโลกรัม พบว่า ตลอดระยะการทดลองค่าของ ADG, ADFI และ F/G มีแนวโน้มสูงขึ้นตามจำนวนไคโตซานที่เสริมแต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ขัดแย้งกับการทดลองของ Zhou *et al*. (2012) โดยเสริมไคโตซานในอาหารสุกรหย่านมกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม กลุ่มที่ 2 เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่ 3COS 1 กรัม/กิโลกรัม กลุ่มที่ 4 เสริม COS 2 กรัม/กิโลกรัม พบว่าการเสริม COS ที่ระดับ 2 กรัม/กิโลกรัม ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ Xu *et al.* (2014) ได้ทำการทดลองเสริม ไคโตซานในอาหารสุกรหย่านมที่ระดับ 100, 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า การเสริมไคโตซานที่ระดับ 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโต/วัน ของลูกสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการทดลองของ Liu *et al*. (2008) โดยการเสริม COS ในอาหารสุกรหย่านมที่ระดับ 0 100 200 และ 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า การเสริม COS ที่ระดับ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโต/วัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไคโตซานเป็นสารพรีไบโอติกซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้เล็กทำให้มีการดูดซึมโภชนะได้ดีขึ้น ลดอัตราท้องเสียและทำให้ลักษณะสัณฐานของลำไส้ดีขึ้นอีกด้วย

Han *et al*. (2007) ทำการทดลองเสริมไคโตซานในอาหารสุกรรุ่น-ขุนที่ระดับ 0 0.04 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโต/วัน และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) Subthawapolboon *et al*. (2009) ทำการทดลองเสริมไคโตซานในอาหารสุกรรุ่น-ขุนที่ระดับ 200 400 600 และ 800 พีพีเอ็ม พบว่าการใช้ไคโตซานที่ระดับ 200 พีพีเอ็ม ใน

สูตรอาหารทำให้การอัตราเจริญเติบโต/วัน และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่การเสริมที่ระดับ 600 พีพีเอ็ม ทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และพบว่า การเสริมไคโตซานช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะ (Amoxycillin) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Senkwankaew *et al*. (2015) ซึ่งได้ทดลองเสริมไคโตซานในอาหารสุกรเล็ก-รุ่น ที่ระดับ 0 200 300 และ 400 พีพีเอ็ม พบว่าการเสริมไคโตซานที่ระดับ 300 พีพีเอ็ม ทำให้อัตราการเจริญเติบโต/วัน การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนการตรวจองค์ประกอบของเลือดพบว่ากลุ่มที่เสริมไคโตซานที่ระดับ 300 พีพีเอ็ม มีจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 3)

Table 3 Effect of chitosan on growth performance in pigs

	Level of chitosan	ADG/g	ADFi/g	F:G/kg
Weaning pig	4.5 g/kg	210[8]	270[8]	0.78[8]
	5 g/kg	420[3]	582[3]	0.722[3]
	200 mg/kg	315[5]	460[5]	0.669[5]
	500 mg/kg	572[6]	955[6]	0.60[6]
Piglet	300 ppm	711[2]	1,423[2]	1.998[2]
	2 g/kg	502[7]	855[7]	1.71[7]
Growing pig	200 ppm	990[1]	524[1]	2.60[1]
	300 ppm	692[2]	1,803[2]	2.60[2]
	0.1 %	722[4]	1.749[4]	2.49[4]
Finishing pig	200 ppm	1,060[1]	1,276[1]	2.42[1]
	0.1 %	886[4]	3.124[4]	3.53[4]

Source: [1]Subthawapolboon *et al.* (2009), [2]Senkwankaew *et al.* (2015), [3]Chen *et al*. (2009), [4]Han *et al.* (2007), [5]Liu *et al.* (2008), [6]Xu *et al*. (2014), [7]Zhou *et al.* (2012) and [8]Jiao *et al.* (2015)

สรุป

สารไคโตซานที่สกัดด้วยวิธีการต่างๆ จากเปลือกกุ้งหรือจากสัตว์จำพวกมีข้อหรือปล้องอื่นๆ เช่น กุ้ง หอย กระดองปู แกนในปลาหมึก เป็นต้น มีแนวโน้มช่วยให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นและส่งผลเด่นในด้านของสุขภาพสัตว์ โดยเฉพาะมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนและชนิดของเซลล์เม็ดเลือดขาว เมื่อนำไคโตซานมาผสมอาหารใช้เลี้ยงสุกร สุกรที่ได้รับสารไคโตซานมีสุภาพที่ดีขึ้น เพราะมีภูมิคุ้มกันโรคที่เพิ่มขึ้น เมื่อสุกรสุขภาพที่ดีแล้วส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดการใช้ยาในสัตว์ ช่วยลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มกำไรให้แก่เกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

References

Adeyeye, E.I., Adubiaro, H.O. and Awodola, O.J. 2008. Comparability of Chemical Composition and Functional Properties of Shell and Flesh of *Penaeusnotabilis.* Pakistan Journal of Nutrition 7 (6): 741-747.

Chajarern, S. 2004. Feed and feeding non ruminant. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, KhonKaen University. (In Thai)

Chen, H.C., Chang, C.C., Mau, W.J. and Yen, L.S. 2002. Evaluation of N- acetylchito-oligosaccharides as the main carbon sources of the growth of intestinal bacteria. FEMS Microbiol. Lett. 209: 53-56.

Chen, Y.J., Kim, I.H., Cho, J.H., Yoo, J.S., Wang, Y., Huang, Y., Kim, H.J. and Shin. S.O. 2009. Effects of chitooligosaccharide supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and immune responses after lipopolysaccharide challenge in weanling pigs. Livest. Sci. 124: 255-260.

Chimsang, N., Salox, N., Pimonrat, P. and Tantikitti, C. 2006. Effect of shrimp head meal in the diets on growth, feed efficiency and pigmentation of sex-reversed red tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*. Songklanakarin J. Sci. Technol. 28(5): 951-964. (In Thai)

Chitsatchapong, C. 2009. The effects of shrimp shell meal on production performance, microbial population changes and immune response of broilers. M.Sc. Thesis in Animal Production Technology, Suranaree University of Technology. (In Thai)

Han, K.N., Kwon, I.K., Lohakare, J.D., Heo, S. and Cha, B.J. 2007. Chito-oligosaccharides as an alternative to antimicrobials in improving performance, digestibility and microbial ecology of the gut in weanling pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20(4): 556-562.

Hertrampf, J.W. and Piedad-Pascual, F. 2000. Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht: Boston. 573 pp.

Inez ven der Lubben M., Verhoof, C., Borchace, G. and Jugiinger, H. 2001. Chitosan and it derivatives in mucosal drug and vaccine delivery. J. Phamarm Sci: 201:207.

Jiao,L. F., Ke, Y. L., Xiao, K., Song, Z.H., Hu, C.H. and Shi, B. 2015. Effects of cello-oligosaccharide on intestinal microbiota and epithelial barrier function of weanling pigs. J. Anim. Sci. 2015.93:1157–1164.

Khanafari, A., Marandi, R. and Sanatei, Sh. 2008. Recovery of chitin and chitosan from shrimp waste by chemical and microbial methods. Iranian J. Environ. Health Sci. Eng. 5(1): 19-24.

Khempaka, S., Koh, K. and Karasawa, Y. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. Poult. Sci. 43: 250-254.

Lindberg, J.E. 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. J. Anim. Sci. Biotechnology. 5: 1-7.

Liu, P., Piao, X.S., Kim, S.W., Wang, L., Shen, Y.B., Lee, H.S. and Li, S.Y. 2008. Effects of chito-oligosaccharide supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and fecal shedding of Escherichia coli and Lactobacillus in weaning pigs. J. Anim. Sci. 86: 2609–2618.

Mahata, M.E., Dharma, A., Ryanto, H.I. and Rizal, Y. 2008. Effect of substituting shrimp waste hydrolysate of Penaeus merguensis for fish meal in broiler performance. Pakistan J. Nutr. 7(6): 806-810.

Mohamed, M., Magnus, K.H. and Artursson, P. 2005. Chitosan and the mucosal delivery of biotechnology drugs. Drug Discov. Today Technol. 2(1): 1-6.

Ojewola, G.S. and Udom, S.F. 2005. Chemical evaluation of the nutrient composition of some unconventional animal protein sources. Poult. Sci. 4(10): 745-747.

Okawa, Y., Kobayashi, M., Suzuki, S. and Suzuki, M. 2003. Comparative study protective effects of chitin, chitosan, and N-acetyl chitohexaose against Pseudomonas aeruginosa and Listeria monocytogenes infection in mice. Biol. Pharm. Bull. 26(6): 902-904.

Okoye, F.C., Ojewol, G.S. and Njoku-Onu, K. 2005. Evaluation of shrimp waste meal as a probable animal protein source for broiler chicken. Int. J. Poultry Sci. 4(5): 458-461.

Phayai, S. 2001. Extraction and study of lead chitosan adsorption properties. Thesis Faculty of Science and Technology, Rajabhat Institute Chiang Mai. (In Thai)

Senel, S. and McClure. S.J. 2004. Potential applications of chitosan in veterinary medicine. Adv. Drug Deliv. Rev. 56(10): 1467-1480.

Senkwankaew, C., Makpangwon, A., Maneewon, B. and Thirabunyanon, M. 2015. Study on supplemented chitosan various forms in diet on nutrients absorption and growth performance of growing - finishing pig (15-90 kg). M.Sc. Thesis in Animal Science, Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University. (In Thai)

Srinutthrakun, W. 2010. From shrimp shells and crab shells to chitosan. Thailand Institute of Nuclear Technology [online]. [Accessed August 14, 2017]. Available from: http://www.tint.or.th/nkc/nkc53/content/nstkc53-062.html (In Thai)

Subthawapolboon, K., Settakul, J. and Sitthikraipong, R. 2009. Effects of chitosan supplementation on the performance of pig production. Agricultural Seminar in 2009. Faculty of Agriculture, Khonkaen University. pp. 242-244.

Surawattanawan, P. 2001. Chitin - Chitosan [online]. [Accessed August 5, 2017]. Available from: URL: http://www. Gpo.or.th./rdi/html/chitin.html.

Xu, Y., Shi, B., Yan, S., Li, J., Li, T., Guo, Y. and Guo. X. 2014. Effects of chitosan supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and digestive enzyme activity in weaned pigs. Czech J. Anim. Sci. 59(4): 156–163.

Yin, Y., Yao, K., Liu, Z., Gong, M., Ruan, Z., Deng, D., Tan, B., Liu, Z. and Wu. G. 2010. Supplementing L-leucine to a low-protein diet increases tissue protein synthesis in weanling pigs. Amino Acids. 39(5): 1477–1486.

Zhou, T.X., Cho, J.H. and Kim, I.H. 2012. Effect of supplementation of chito-oligosaccharide on the growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and appearance of dirhea in weaning pigs. Livest. Sci. 144(3): 263-268.

บทความวิจัย

การขยายพันธุ์ในหลอดแก้วของกล้วยไม้กะเรกะร่อน (*Cymbidium aloifolium* (L.) Sw.) กล้วยไม้ป่าใกล้สูญพันธุ์ในกลุ่มป่าชุมชน

จตุพร หงส์ทองคำ* และ รชยา พรมวงศ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด 45120

บทคัดย่อ

กล้วยไม้กะเรกะร่อน (*Cymbidium aloifolium* (L.) Sw.) เป็นกล้วยไม้ป่าประเภทอิงอาศัยที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ไปจากธรรมชาติ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและการกระทำของมนุษย์ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการงอกของเมล็ดและผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มกล้วยไม้กะเรกะร่อนในสภาพปลอดเชื้อ โดยนำเมล็ดกล้วยไม้จากฝักที่มีอายุ 6 เดือน มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ สูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตร ND ที่เติมน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน พบว่า อาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดกะเรกะร่อนคือ อาหารสูตร ND โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุดคือ 100 เมล็ดที่งอกสามารถเจริญเป็นโปรโตคอร์มได้ภายใน 20-25 วัน เมื่อนำโปรโตคอร์มที่มีอายุ 50 วัน มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ND ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1 มก./ล. ร่วมกับ BA หรือ Kn ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 3 และ 5 มก./ล. เป็นเวลา 90 วัน พบว่า โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มก./ล. เกิดยอดได้ดีที่สุด โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 7.27 ยอด/โปรโตคอร์ม ขณะที่อาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มก./ล. ร่วมกับ Kn ความเข้มข้น 5 มก./ล. ต้นอ่อนเกิดรากได้ดีที่สุด โดยมีจำนวนรากเฉลี่ย 3.40 ราก/ต้น และต้นอ่อนมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 12.47 ซม. เมื่อย้ายต้นอ่อนออกปลูกในสภาพโรงเรือนเป็นเวลา 30 วัน พบว่ากล้วยไม้ที่ปลูกในกระถางที่มีกาบมะพร้าวสับมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดคือ 83 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้กะเรกะร่อนเพื่อเพิ่มปริมาณในหลอดทดลอง และเพื่อเป็นประโยชน์ในการอนุรักษ์พันธุ์กล้วยไม้ชนิดนี้ต่อไป

คำสำคัญ: กล้วยไม้กะเรกะร่อน, สารควบคุมการเจริญเติบโต และโปรโตคอร์ม

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

In vitro Propagation of KareKaron (*Cymbidium aloifolium* (L.) Sw.) an Endangered Wild Orchid in Community Forestry

Jatuporn Hongthongkham*and Rachaya Promwong

Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science,
Roi Et Rajabhat University, Selaphum, Roi Et, 45120, Thailand

Abstract

Kare Karon (*Cymbidium aloifolium* (L.) Sw.) is a wild epiphytic orchid that is at risk of extinction because of environmental changes and human behavior. The aims of this study were to investigate the effect of media on seeds germination and effect of growth regulators on protocorms growth of *C. aloifolium*. Six months old seeds derived from pod were cultured on MS medium supplemented with 3% sucrose and ND medium supplemented with 1% sucrose for 30 days. The results showed that ND medium was suitable for seed germination, as it had the highest germination percentage (100%) and germinated seeds developed into protocorms within 20-25 days. Fifty-day-old protocorms were cultured on ND medium supplemented with 0, 0.5 and 1 mg/L NAA combined with 0, 1, 3, and 5 mg/L BA or Kinetin (Kn) for 90 days. Protocorms cultured on a medium with 1 mg/L BA showed the highest average number of shoot (7.27 shoot number/protocorm). The highest average number of roots/shoot was 3.40 and the maximum seedling height was 12.47 cm were found on medium supplemented with 1 mg/L NAA and 5 mg/L Kn. The seedlings were transferred to pots and grown in greenhouse condition for 30 days. The results showed that the highest survival percentage was 83 when transplanted to pots containing coconut husk chops. The data obtained from this study can be applied for multiplication and conservation of this orchid species.

Keywords: *Cymbidium aloifolium* (L.) Sw., Growth regulators and Protocorms

---

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

บทนำ

กล้วยไม้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวกลุ่มใหญ่ อยู่ในวงศ์ Orchidaceae พบทั่วโลกมากกว่า 700-800 สกุล 25,000 ชนิด (Singh and Voletri, 1995) ในประเทศไทยมีการสำรวจและตรวจสอบรายชื่อเรียบร้อยแล้วทั้งสิ้น 177 สกุล จำนวน 1,125 ชนิด (Kongbangkerd *et al*., 2007) ซึ่งเห็นได้ชัดว่ากล้วยไม้ป่าไทยมีความหลากหลายทั้งถิ่นที่อยู่และพันธุกรรมไม่น้อยไปกว่าประเทศเขตร้อนอื่นๆ แต่ในปัจจุบันพบว่า การทำลายสภาพนิเวศไม่ว่าจะเป็นการตัดไม้เผาป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอย ส่งผลกระทบต่อความอยู่รอดของพันธุ์กล้วยไม้ป่าทั้งสิ้น นอกจากนี้การนำกล้วยไม้ป่าออกมาเพื่อจำหน่ายทั้งในระดับท้องถิ่นหรือรวบรวมโดยพ่อค้าเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ ถือได้ว่าเป็นการลดปริมาณของกล้วยไม้ป่าในธรรมชาติลงอย่างมาก (Borasee and Theanhom, 2014) จากสาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้กล้วยไม้ป่าของไทยหลายชนิดมีปริมาณลดลง และบางชนิดใกล้สูญพันธุ์ไปจากแหล่งที่อยู่เดิม

กล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน (*Cymbidium aloifolium*(L.) Sw.) เป็นกล้วยไม้ประเภทอิงอาศัยพบในป่าเต็งรัง ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ ตามที่โล่งแจ้งมีแสงแดดจัด มีลำต้นขนาดสั้นเกาะรวมกันเป็นกระจุกแน่น ออกดอกเป็นช่อสายห้อยลง กลีบดอกสั้นสีเหลืองมีลักษณะเป็นแถบ แถบจะมีสีม่วงหรือสีน้ำตาลอมแดงขอบสีขาว นิยมปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับ นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยา โดยใช้ส่วนของใบเพื่อห้ามเลือด ส่วนรากใช้รักษาอาการเจ็บป่วยเรื้อรัง และส่วนของต้นใช้รักษาแผลไฟไหม้ วิงเวียน และบรรเทาความอ่อนล้าของสายตา (Pradhan *et al*., 2014) อันเป็นเหตุให้ความต้องการนำกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนออกจากธรรมชาติมาใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคและการค้ามีจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้การบุกรุกป่าเพื่อทำการเกษตร รวมถึงการเกิดไฟป่าเป็นการทำลายถิ่นที่อยู่ของกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน และการลักลอบนำต้นกล้วยไม้ออกมาจากป่าเพื่อการค้าส่งผลให้กะเรกะร่อนในป่าธรรมชาติรวมถึงป่าชุมชนมีจำนวนลดน้อยลง ปัจจุบันพบว่า กล้วยไม้หลายชนิดรวมถึงกล้วยไม้กะเรกะร่อนได้ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Vulnerable ซึ่งหมายถึงพืชที่จะเข้าสู่สภาวะอันตรายที่ใกล้จะสูญพันธุ์ไปจากแหล่งที่มีการกระจายพันธุ์ และหากยังไม่มีการดำเนินการอนุรักษ์ไว้อาจทำให้กล้วยไม้กะเรกะร่อนในประเทศไทยสูญพันธุ์ได้ในที่สุด ดังนั้นหากนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเข้ามาใช้ในการขยายพันธุ์กะเรกะร่อนจึงเป็นวิธีการที่รวดเร็วที่สุดในการอนุรักษ์กล้วยไม้ในระยะสั้นไปจนถึงระยะยาวได้

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (plant tissue culture) เป็นวิธีการขยายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถเพิ่มปริมาณต้นได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาสั้น นอกจากนี้ต้นที่ได้ยังมีความสมบูรณ์ปราศจากโรคต่างๆ และยังสามารถลดข้อจำกัดในการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของกล้วยไม้ที่ขยายพันธุ์ยากได้ ซึ่งปกติแล้วกล้วยไม้ใช้เมล็ดในการขยายพันธุ์ แต่เนื่องจากเมล็ดกล้วยไม้มีขนาดเล็กและไม่มีอาหารสะสมหรือมีอยู่น้อยมาก จึงต้องอาศัยเชื้อราไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) เพื่อช่วยในการงอก และหากเมล็ดกล้วยไม้ตกอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอาจไม่เกิดการงอกได้ นอกจากนี้การเจริญเติบโตของกล้วยไม้ตามธรรมชาติมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า ทำให้ต้นอ่อนไม่สามารถเจริญทดแทนต้นเก่าได้ทันเวลา ดังนั้นหากนำเอาเทคนิคการเพาะเลี้ยงพืชเข้ามาใช้ในการขยายพันธุ์กล้วยไม้ จะช่วยลดข้อจำกัดที่มีอยู่ตามธรรมชาติได้ อย่างไรก็ตาม กล้วยไม้แต่ละชนิดมีวิธีการขยายพันธุ์ การเจริญเติบโต และความต้องการปริมาณสารอาหารที่แตกต่างกัน การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการขยายพันธุ์กล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนโดยใช้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มปริมาณต้นกล้วยไม้ให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้น และเพื่อเป็นแนวทางในการขยายพันธุ์และอนุรักษ์พันธุ์กล้วยไม้ชนิดอื่นต่อไป ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จึงดำเนินการเพื่อศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการงอกของเมล็ดและศึกษาผลสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ NAA, BA และ Kinetin (Kn) ต่อการเพิ่มจำนวนยอด และการเกิดรากของโปรโตคอร์มของกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสูตรอาหารต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน

นำฝักกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนที่ได้จากการผสมตัวเองเป็นเวลา 6 เดือน มาตัดส่วนหัวและส่วนปลายของฝักกล้วยไม้ออกเล็กน้อย จากนั้นล้างฝักด้วยน้ำสะอาด และ

ฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวของฝักโดยจุ่มในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วเผาผ่านเปลวไฟ 2-3 ครั้ง ผ่าฝักกล้วยไม้ออกตามแนวยาว แล้วใช้ปากคีบเขี่ยเมล็ดกล้วยไม้ลงในอาหารสังเคราะห์ที่มีวุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ (w/v) 2 สูตร ได้แก่ อาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่มีน้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตร ND (Tokuhara and Mii, 1993) ที่มีน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ เพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25±2 °C ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 30 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) แต่ละสูตรอาหารทำ 5 ซ้ำๆ ละ 10 ขวด เปรียบเทียบประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดกล้วยไม้บนอาหารสังเคราะห์ทั้ง 2 สูตร โดยการสังเกตเมล็ดที่เริ่มมีการงอก ซึ่งจะแสดงลักษณะกลมและมีสีเขียว เพาะเลี้ยงต่อไปจนกระทั่งเมล็ดเจริญไปเป็นโปรโตคอร์ม

2. การศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญของโปรโตคอร์มกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน

นำโปรโตคอร์มกะเรกะร่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดบนอาหารสังเคราะห์สูตร ND ที่เติมน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 50 วัน เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรเดิมที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1 มก./ล. และ BA หรือ Kn ความเข้มข้น 0, 1, 3 และ 5 มก./ล. เพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25±2°C ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ ให้แสง 16 ชม./วัน บันทึกผลโดยนับจำนวนยอด จำนวนราก และวัดความสูงต้น ภายหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน แต่ละการทดลองทำ 5 ซ้ำๆ ละ 25 โปรโตคอร์ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) นำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคู่ด้วย LSD (Least Significant Difference)

3. การศึกษาการย้ายต้นอ่อนกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนออกปลูกในสภาพโรงเรือน

นำต้นอ่อนกล้วยไม้กะเรกะร่อนที่มีราก 5-6 ราก/ต้น และมีใบ 3-4 ใบ จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ND ที่เติมน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ NAA ความเข้มข้น 1 มก./ล. และ Kn ความเข้มข้น 5 มก./ล. ย้ายลงปลูกในกระถางที่มีวัสดุปลูก 3 ชนิด คือกาบมะพร้าวสับ กาบมะพร้าวสับและก้อนถ่าน (1:1) และกาบมะพร้าวสับและเศษกระเบื้อง (1:1) วางเลี้ยงในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิ 30-35°C ความเข้มแสง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำๆ ละ 30 ต้น สังเกตการเจริญเติบโต และบันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นกล้วยไม้ โดยสังเกตการเจริญของกล้วยไม้ ภายหลังจากการปลูกเลี้ยงเป็นเวลา 30 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) นำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคู่ด้วย LSD (Least Significant Difference)

ผลการวิจัย

1. ผลของสูตรอาหารต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน

จากการศึกษาเปรียบเทียบสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อน พบว่า เมล็ดกล้วยไม้สามารถงอกได้ในอาหารสังเคราะห์ทั้ง 2 สูตร โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกัน (Fig. 1) เมล็ดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ND ที่มีน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดคือ 100±0.00 เมื่อเมล็ดเริ่มงอกจะเจริญเป็นโปรโตคอร์มได้ภายในเวลา 20-25 วัน ขณะที่เมล็ดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีน้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 90±7.07 และเจริญเป็นโปรโตคอร์มภายในเวลา 30-35 วัน ซึ่งโปรโตคอร์มที่ได้จะมีรูปร่างกลมและมีสีเขียว (Fig. 2)

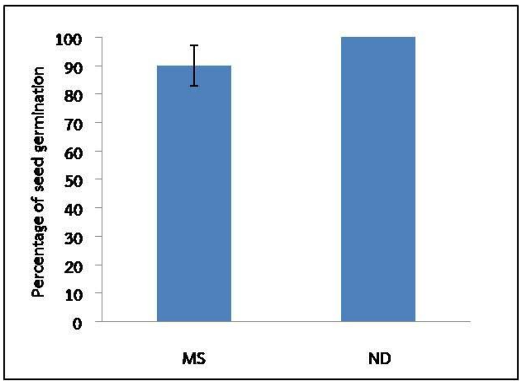


Fig. 1 Seed germination percentage of *C. aloifolium* on MS and ND medium for 30 days

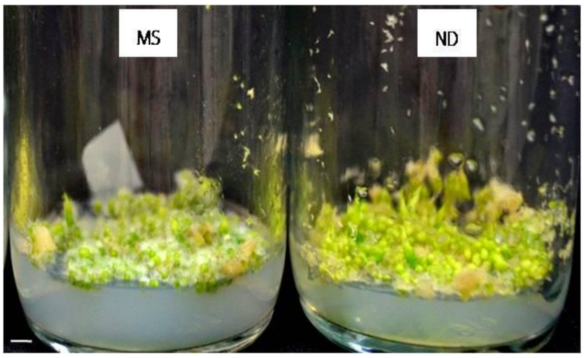


Fig. 2 Development of protocorms after 4 weeks of culture on MS and ND medium, Scale bar = 0.5 cm

2. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญของโปรโตคอร์มกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อน

ในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญของโปรโตคอร์มกล้วยไม้กะเรกะร่อน โดยการเพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มบนอาหารสูตร ND ที่เติม NAA ร่วมกับ BA หรือ Kn ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า อาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตทุกความเข้มข้น สามารถชักนำให้โปรโตคอร์มกะเรกะร่อนเจริญเป็นต้นได้ แตกต่างจากโปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มก./ล. สามารถชักนำให้โปรโตคอร์มเกิดยอดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 7.27 ยอด/โปรโตคอร์ม ขณะที่โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มก./ล. ร่วมกับ Kn ความเข้มข้น 5 มก./ล. มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.40 ราก/ต้น และต้นอ่อนมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 12.47 ซม. (Fig. 3)

3. ผลการย้ายต้นอ่อนกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนออกปลูกในสภาพโรงเรือน

จากการย้ายต้นอ่อนกะเรกะร่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ND ที่เติมน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ NAA 1 มก./ล. และ Kn 5 มก./ล. ลงปลูกในกระถางที่มีวัสดุปลูกแตกต่างกัน และวางเลี้ยงในโรงเรือนเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ต้นอ่อนกล้วยไม้มีอัตราการรอดชีวิตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นอ่อนกล้วยไม้ที่ปลูกในกระถางที่มีกาบมะพร้าวสับมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดคือ 83±4.83 ขณะที่กระถางที่มีกาบมะพร้าวสับและถ่าน (1:1) และกาบมะพร้าวสับและเศษกระเบื้อง (1:1) ต้นอ่อนกล้วยไม้มีอัตราการรอดชีวิตเท่ากับ 75±5.27 และ 77±4.83 ตามลำดับ (Fig. 4)

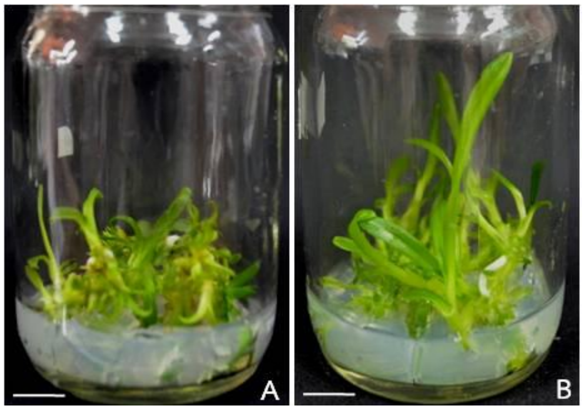


Fig.3 Shoots and roots formation of *C. aloifolium* protocorms after cultured on ND medium supplemented with growth regulators for 90 days (A) Cultue on ND medium supplemented with 1 mg/L BA (B) Cultur on ND medium supplemented with 1 mg/L NAA and 5 mg/L Kn, Scale bars = 1 cm

Fig.4 Seedlings development of *C. aloifolium* (A) after cultured on ND medium supplemented with 1 mg/L NAA and 5 mg/L Kn for 90 days. (B) Plantlets transplanted to pots containing coconut husks chops under greenhouse condition for 30 days, Scale bars = 1cm

Table1 Effects of growth regulators NAA, BA and Kn on average number of shoots, roots and height of *C aloifolium* protocorms

Growth regulators (mg/L)			Average number of shoots per protocorms ± SD	Average number of roots per shoot ± SD	Plant height (cm) ± SD
NAA	BA	Kn			
0	0	0	4.87±0.17 g	1.33±0.13 e	4.48±0.19 i
0	1	-	7.27±0.25 a	0.60±0.16 gh	4.93±0.15 h
0	3	-	7.20±0.24 ab	0.53±0.13 gh	3.87±0.13 j
0	5	-	6.93±0.33 abc	0.27±0.12 h	1.60±0.13 l
0.5	0	-	4.27±0.15 hij	2.20±0.11 d	10.20±0.20 b
0.5	1	-	6.73±0.15 bc	1.93±0.15 d	5.73±0.15 g
0.5	3	-	5.87±0.13 d	0.87±0.19 fg	4.93±0.15 h
0.5	5	-	5.93±0.18 d	0.20±0.11 h	2.80±0.14 k
1	0	-	4.47±0.13 ghi	2.13±0.17 d	3.07±0.18 k
1	1	-	5.67±0.13 d	2.13±0.13 d	3.20±0.17 k
1	3	-	5.00±0.14 ef	0.07±0.12 h	3.07±0.12 k
1	5	-	4.60±0.13 fgh	0.20±0.11 h	1.73±0.15 l
0	-	1	5.67±0.16 d	0.60±0.13 gh	6.13±0.09 g
0	-	3	6.53±0.17 c	0.47±0.13 gh	5.27±0.15 h
0	-	5	5.73±0.12 d	0.20±0.11 h	4.27±0.11 ij
0.5	-	0	5.47±0.13 de	2.27±0.12 cd	6.67±0.12 f
0.5	-	1	5.00±0.09 ef	2.67±0.13 bc	7.07±0.11 ef
0.5	-	3	4.07±0.12 ijk	1.07±0.18 ef	8.27±0.11 d
0.5	-	5	3.73±0.15 k	2.07±0.15 d	7.27±0.15 e
1	-	0	4.00±0.09 ijk	2.33±0.16 cd	9.00±0.09 c
1	-	1	3.80±0.11 jk	2.67±0.21 bc	9.13±0.13 c
1	-	3	4.13±0.13 hijk	3.07±0.23 ab	10.07±0.15 b
1	-	5	4.27±0.12 hij	3.40±0.19 a	12.47±0.23 a
Significant			*	*	*

Note: Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) tests at 95 percentages

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อน พบว่า เมล็ดกล้วยไม้สามารถงอกได้ในอาหารสังเคราะห์ทั้ง 2 สูตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันไป โดยเมล็ดกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ND สามารถงอกและเจริญเป็นโปรโตคอร์มได้อย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับเมล็ดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างกันของธาตุอาหารบางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุเหล็กในอาหารสูตร ND ที่อยู่ในรูป Fe-EDTA เมล็ดกล้วยไม้สามารถดูดมาใช้ได้ดีกว่าธาตุเหล็กในรูป $FeSO_4$ ที่เป็นส่วนประกอบในอาหารสูตร MS

นอกจากนี้ในอาหารสูตร ND ยังมีระดับของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของโปรโตคอร์มได้ (Tokuhara and Mii, 1993) นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลในอาหารทั้งสองสูตรยังส่งผลต่อการงอกและการเจริญของเมล็ดกล้วยไม้อีกด้วย การใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงอาจมีผลยับยั้งการเจริญของเมล็ดกล้วยไม้ เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสทำให้เกิด osmotic stress เนื้อเยื่อพืชต้องนำพลังงานส่วนหนึ่งไปใช้ปรับแรงดันออสโมซิสภายในและภายนอกเซลล์พืชให้สมดุลกัน ทำให้สูญเสียพลังงานส่วนนี้แทนที่จะนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตทั้งหมด ดังนั้นเมล็ดกล้วยไม้จึงมีการเจริญของโปรโตคอร์มได้ช้า (Arditti and Ernst, 1993; Tokuhara and Mii, 1993) นอกจากนี้การใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงยังยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยไม้อีกด้วย (Wotavova-Novotna *et al.*, 2007)

สำหรับการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญของโปรโตคอร์มกล้วยไม้กะเรกะร่อน พบว่า โปรโต-คอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA หรือ Kn เกิดยอดจำนวนมาก และเมื่อเปรียบเทียบผลของ BA และ Kn ต่อจำนวนยอดของโปรโตคอร์มพบว่า การเติม BA เข้มข้น 1-5 มก./ล. โปรโตคอร์มมีจำนวนยอดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่าโปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม Kn ทุกความเข้มข้น ขณะที่อาหารที่เติม NAA เพียงอย่างเดียว พบว่า ไม่มีผลต่อการเพิ่มยอดของโปรโตคอร์ม และอาหารที่เติม NAA ร่วมกับ BA พบว่า มีผลต่อการเพิ่มจำนวนยอดได้ดีกว่าการเติม NAA ร่วมกับ Kn ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า BA ที่ใช้มีระดับของความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้โปรโตคอร์มเกิดการแบ่งเซลล์ ขยายของเซลล์ และมีการเจริญไปเป็นยอดได้ ขณะที่ Kn ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองอาจไม่สามารถกระตุ้นให้โปรโตคอร์มเกิดการแบ่งเซลล์ได้ ผลที่ได้จึงไม่ดีเท่าการเติม BA เพียงอย่างเดียว ซึ่งผลที่ได้ต่างจาก Kumari *et al.* (2013) ที่พบว่า การเติม NAA เข้มข้น 0.1 มก./ล. ร่วมกับ Kn เข้มข้น 2 มก./ล. สามารถชักนำให้ส่วนยอดกล้วยไม้ *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' เพิ่มจำนวนได้มากที่สุด 4.33 ยอด/ชิ้นส่วนพืช ขณะที่การเติม BA เข้มข้น 4 มก./ล. เพียงอย่างเดียว มีจำนวนยอด 2.33 ยอด/ชิ้นส่วนพืช โดยทั่วไปสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินมีหน้าที่กระตุ้นการเจริญของราก และกลุ่มไซโตไคนินกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์และการเจริญของยอด ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า อาหารที่เติม NAA เข้มข้น 1 มก./ล. ร่วมกับ Kn ทุกความเข้มข้น สามารถชักนำให้โปรโตคอร์ม สร้างรากได้จำนวนมาก ซึ่งแตกต่างกับอาหารที่เติม NAA เพียงอย่างเดียว ผลที่ได้สอดคล้องกับ Islam *et al.* (2014) ที่พบว่า PLBs ของกล้วยไม้ลูกผสม (*Dendrobium alba* x *Ascanda dongtarm*) ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม NAA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ Kn 0.5 มก./ล. มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด 4.34 ราก/ชิ้นส่วนพืช ขณะที่โปรโตคอร์มกล้วยไม้ *Dactylo rhizamajalis* มีจำนวนยอดและรากสูงที่สุด เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม IBA 4.9 μM และ Kn 4.7 μM ตามลำดับ (Wotavova-Novotna *et al.*, 2007) จากการย้ายต้นอ่อนกล้วยไม้ที่มีต้นและรากสมบูรณ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อออกปลูกในกระถางที่มีวัสดุปลูกต่างๆ พบว่า กะเรกะร่อนที่ปลูกในกะถางที่มีกาบมะพร้าวสับเพียงอย่างเดียวมีอัตราการรอดชีวิต 83 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ภายหลังจากการย้ายออกจากขวดเพื่อปลูกในสภาพธรรมชาติคือ วัสดุปลูกซึ่งนอกจากการจะช่วยในการปรับสภาพพืชที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแล้วยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับต้นอ่อนกล้วยไม้อีกด้วย (Chaikhiri and Chouychai, 2017) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ต้นกล้วยไม้กะเรกะร่อนที่ปลูกในกระถางที่มีกาบมะพร้าวสับยังคงมีการเจริญเติบโตได้ดีใบยังคงมีสีเขียวสด ทั้งนี้เนื่องจากกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูกที่เป็นแหล่งธาตุอาหาร มีความพรุนและโปร่งมาก ทำให้รากกล้วยไม้ยึดเกาะได้ดี (Rattanavalee *et al.*, 2014) มีรายงานการใช้วัสดุปลูกต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของกล้วยไม้หลายชนิด เช่น อิฐและก้อนถ่าน (2:1) ก้อนถ่านกาบมะพร้าสับ ก้อนถ่านและเศษกระเบื้อง (1:1:1) ก้อนถ่านและเศษกระเบื้อง (1:1) มอสและต้นเฟิร์น เป็นต้น (Rattanavalee *et al.*, 2014; Malabadi *et al.*, 2005; Lo *et al.*, 2004; Sunitibala and Kishor, 2009)

สรุปผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงเมล็ดกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่มีน้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตร ND ที่มีน้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็น

เวลา 30 วัน พบว่า เมล็ดกล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนสามารถงอกและเจริญเป็นโปรโตคอร์มได้ดีบนอาหารสูตร ND เมื่อนำโปรโตคอร์มมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ND ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0-1 มก./ล. ร่วมกับ BA หรือ Kn ที่ระดับความเข้มข้น 0-5 มก./ล. เพื่อชักนำให้เจริญเป็นต้น เป็นเวลา 90 วัน พบว่า โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA เข้มข้น 1 มก./ล. มีจำนวนยอดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด ขณะที่อาหารที่เติม NAA 1 มก./ล. ร่วมกับ Kn 5 มก./ล. สามารถชักนำให้ต้นอ่อนมีจำนวนรากเฉลี่ยต่อต้น และมีความสูงต้นเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำต้นอ่อนกล้วยไม้ย้ายออกปลูกในสภาพโรงเรือนพบว่า ต้นอ่อนกะเรกะร่อนที่ปลูกในกระถางที่มีกาบมะพร้าวสับ มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดคือ 83 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สามารถขยายพันธุ์กล้วยไม้ป่ากะเรกะร่อนได้ภายในระยะเวลาสั้น นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดยังเป็นการอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมเพื่อไม่ให้กล้วยไม้ป่าสูญพันธุ์จากประเทศไทยได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยประจำปี 2558

References

Arditti, J. and Ernst, R. 1993. Micropropagation of orchid. John Wiley & Sons.: New York.

Borasee, B. and Theanhom, A.A. 2014. *In vitro* seed germination and seedling development of *Rhynchostylis coelestis*. Khon Kaen Agr. J. 45(Suppl. 3): 524-528.

Chaikhiri, A. and Chouychai, W. 2017. Effect of media culture on growth of *Cymbidium finlaysonianum* in vitro and effect of fertilizer on acclimatization. Khon Kaen Agr. J. 45(Suppl. 1): 1197-1202.

Islam, M.N., Nasiruddin, K.M. and Amin, M.A. 2014. *In vitro* growth and multiplication of a hybrid orchid (*Dendrobium alba* x *Ascanda dongtarm*) with different concentration of plant growth regulators. J. Bios. Agric. Res. 1: 27-33.

Kongbangkerd, A., Ratchawang-inn, T., Thongkum, W., Paramee, S. and Promthep, K. 2007. A survey of orchids at Phurua national park, Phurua district, Loei province. NU Science Journal. 4(1): 53-66.

Kumari, P., Sabina, G.T. and Rajmohan, K. 2013. Influence of plant growth regulators on *in vitro* clonal propagation of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul'. J. Bio Innovat. 2: 51-58.

Lo, S.F., Nalawade, S.M., Kuo, C.L., Chen, C.L. and Tsay, H.S. 2004. Asymbiotic germination of immature seeds, plantlet development and *ex vitro* establishment of plants of *Dendrobium tosaense* makino-A medicinally important Orchid. In Vitro Cell Dev. Biol. Plant. 40: 528-535.

Malabadi, R.B., Mulgund, G.S. and Kallappa, N. 2005. Micropropagation of *Dendrobium nobile* from shoot tip sections. J. Plant Physiol. 162(4): 473-478.

Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A reverse medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15(3): 473-497.

Pradhan, S., Tiruwa, B., Subedee, B.R. and Pant, B. 2014. *In vitro* germination and propagation of a threatened medicinal orchid: *Cymbidium aloifolium* (L.) Sw. through artificial seed. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 4:

971–976.

Rattanavalee, S., Piyaporn, S. and Surapon, S. 2014. *In vitro* tissue culture of *Dendrobiumkon tumense* Gagnep. KKU Research Journal. 19: 399-413.

Singh, B. and Voletri, S.R. 1995. Research and achievements. Div. Floriculture & Landscaping, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.

Sunitibala, H. and Kishor, R. 2009. Micropropagation of *Dendrobium transparens* L. from axenic pseudobulb segments. Indian J. Biotechnol. 8: 448-452.

Tokuhara, K. and Mii, M. 1993. Micropropagation of *Phalaenopsis* and *Doritaenopsis* by culturing shoot tips of flower stalk buds. Plant Cell Rep. 13(1): 7-11.

Wotavova-Novotna, K., Vejsadova, H. and Kindlmann, P. 2007. Effects of sugars and growth regulators on *in vitro* growth of *Dactylorhiza* species. Biol. Plan. 51(1): 198-200.

บทความวิจัย

การส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสำหรับชาวบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

น้ำทิพย์ คำแร่[*] และ ยุวนิดา สุภา

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อศึกษาสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความรู้และทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันก่อนและหลังการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาสภาพการรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คือ ชาวบ้าน จำนวน 83 คน ได้จากตัวแทนครัวเรือนละ 1 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย และกลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการส่งเสริมด้วยการอบรม คือ ชาวบ้าน จำนวน 30 คน โดยการสมัครใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามสภาพการรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน แบบสอบถามความรู้ แบบวัดทัศน คู่มือการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และแผ่นพับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐานใช้ paired t-test ผลการวิจัย พบว่า ชาวบ้านส่วนใหญ่ไม่เคยรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ชาวบ้านมีความรู้และทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพิ่มขึ้นจากก่อนการอบรม ($P<0.05$)

คำสำคัญ: การส่งเสริม, พืชสมุนไพรแก่นตะวัน, การปลูก, ความรู้ และทัศน

[*] ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: namtip_c@hotmail.com

The Promotion of Jerusalem artichoke for Thakhonyang Villagers in Thakhonyang Subdistrict, Kantharawichai District, Maha Sarakam Province

Namtip Cumrae* and Yuwanida Supa

Faculty of Environment and Resource Studies, Maha Sarakham University,
Maha Sarakham, 44150, Thailand

Abstract

The purposes of this research were to study the perceptions of Kaentawan (Jerusalem artichoke) as a medical plant and to compare the knowledge and opinion about Kaentawan before and after promotion training of the cultivation of Kaentawan. The sample group of this study consists of 83 randomly selected villagers, each representing one family by a random sampling technique, and the sample used to promotion training included 30 voluntary villagers. The instruments used in this study were a questionnaire about perceptions of Kaentawan plant, Knowledge questionnaire, an opinion questionnaire, promotion training manual for promoting cultivation of Kaentawan plant and brochure. The statistics used for data analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation and paired t-test. The results showed that most of locals did not know about Kaentawan plant. Also, the locals showed gains in knowledge and opinions about cultivation of Kaentawan plant from before participations in the training session ($P < 0.05$).

Keywords: Promotion, Kaentawan medicinal plants, Planting, Knowledge and Opinions

*Corresponding author: E-mail: namtip_c@hotmail.com /Tel. 043-754435

บทนำ

พืชสมุนไพรเป็นยาพื้นบ้านแผนโบราณของไทยมาแต่อดีต แม้ความนิยมในการใช้สมุนไพรจะลดลงไปบ้างเมื่อเทคโนโลยีทางการแพทย์ และเภสัชศาสตร์สมัยใหม่จากตะวันตกเข้ามามีอิทธิพล แต่ในปัจจุบันสมุนไพรกลับมาได้รับความนิยมกันมากในเมืองไทยและโลกตะวันตก ซึ่งมีการปลูกใช้ประโยชน์มานานแล้ว ในอดีตการปลูกสมุนไพรมักทำในลักษณะการปลูกผักสวนครัวหลังบ้าน หรือในพื้นที่ว่างภายในบริเวณบ้านเพราะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที (Treepinyo, 2008)

พืชสมุนไพรแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke หรือ Sunchoke) เป็นพืชตระกูลหัว ปลูกง่าย ปรับตัวได้ดีในสภาพอากาศร้อน มีความแข็งแรงทนทานและส่วนหัวสามารถนำไปรับประทานได้ แก่นตะวันเป็นพืชที่มีประโยชน์และมีสรรพคุณทางยาช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ช่วยในการลดน้ำหนัก ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดสูง ช่วยป้องกันโรคเบาหวานได้เป็นอย่างดี (Jogloy, 2006) จากการสำรวจพืชสมุนไพรในครัวเรือนของชาวบ้านในชุมชนบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม พบว่าชาวบ้านส่วนใหญ่ไม่ปลูกพืชสมุนไพรไว้ในครัวเรือน จำนวน 126 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 56.75 ของจำนวนครัวเรือนทั้งหมดในชุมชนบ้านท่าขอนย่าง โดยมีชาวบ้านที่ปลูกพืชสมุนไพรในครัวเรือน จำนวน 96 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 43.25 และจากการสำรวจเกี่ยวกับการรับรู้เรื่องสมุนไพรแก่นตะวัน พบว่าชาวบ้านในชุมชนบ้านท่าขอนยาง ไม่รู้จักพืชสมุนไพรแก่นตะวันและไม่เคยพบเห็นพืชสมุนไพรแก่นตะวันมาก่อน (Supra, 2014)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงต้องการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสำหรับชาวบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม โดยการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เพื่อให้ชาวบ้านได้รับรู้เกี่ยวกับประโยชน์และวิธีการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีทัศน ที่ดีเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และสามารถนำพืชสมุนไพรแก่นตะวันไปใช้ประโยชน์เป็นยาสมุนไพรในครัวเรือนต่อไปได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวันของชาวบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความรู้และทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ก่อนและหลังการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันของชาวบ้านท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

สมมติฐานการวิจัย

1. หลังการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันชาวบ้านที่เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสูงกว่าก่อนการอบรม

2. หลังการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันชาวบ้านที่เข้าอบรมมีทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสูงกว่าก่อนการอบรม

วิธีดำเนินการวิจัย

การส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสำหรับชาวบ้านท่าขอนยาง เป็นวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม เป็นกลุ่มทดลอง (One group Pretest-Posttest design) เปรียบเทียบความรู้และทัศนก่อนและหลังการอบรม (Srisaard, 2000) วิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

1) ติดต่อผู้นำหมู่บ้านนัดหมายกำหนดวันเวลาเพื่อที่จะลงพื้นที่

2) ลงพื้นที่สำรวจสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวันกับชาวบ้านในชุมชนบ้านท่าขอนยางตัวแทนครัวเรือนละ 1 คน จำนวน 83 คน ได้จากการเทียบตารางทาโร่ยามาเน่ ที่ความคลาดเคลื่อนร้อยละ ±10 แล้วสุ่มอย่างง่ายโดยจับฉลากเลขที่บ้าน

3) เก็บรวบรวมโดยใช้แบบสอบถาม จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ระยะที่ 2 การออกแบบและการถ่ายทอดสิ่งแวดล้อม

วิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวันในระยะที่ 1 และนำมาเป็นแนวทางในการสร้างและกำหนดรูปแบบการถ่ายทอดสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1) กำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ในการส่งเสริม เพื่อให้เนื้อหาสาระในการอบรมมีแบบแผนชัดเจนและสอดคล้องกับผลการศึกษาสภาพการรับรู้เกี่ยวกับเรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

2) จัดทำคู่มือการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันและแผ่นพับใช้ในการส่งเสริม โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากผลการศึกษาสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวัน โดยคู่มือและแผ่นพับได้มีการนำส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย พบว่า คู่มือและแผ่นพับมีค่า IOC (Index of Item Objective Congruence) มากกว่า 0.50

รูปแบบการส่งเสริม

1) เนื้อหาในการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ประกอบด้วย การบรรยายให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องวิธีการปลูก ประโยชน์ และลักษณะของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

2) สื่อที่ใช้ในการส่งเสริม คือ คู่มือการอบรมและแผ่นพับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เช่น วิธีการปลูก ประโยชน์ และลักษณะของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

3) รูปแบบการวัดและประเมินผลการส่งเสริม ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ซึ่งมีค่า IOC ทุกข้อมากกว่า 0.50 เมื่อนำไปทดลองใช้ (Try out) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.758 สำหรับการวัดทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันผู้วิจัยใช้แบบวัดทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน โดยมีค่า IOC ทุกข้อมากกว่า 0.50 นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.732 แสดงว่าแบบสอบถามความรู้และแบบวัดทัศนสามารถนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลได้เนื่องจากมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.70 ขึ้นไป (Vanichbuncha, 2002)

4) ระยะเวลาในการอบรม 2 วัน

5) กลุ่มเป้าหมาย คือ ชาวบ้านในชุมชนบ้านท่าขอนยางที่สมัครใจเข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน

ขั้นตอนในการส่งเสริม

ขั้นนำเข้าสู่การส่งเสริมโดยการอบรม

ขั้นนำเข้าสู่การอบรมเป็นการเตรียมความพร้อมของชาวบ้านที่เข้าอบรม หรือเป็นการสร้างบรรยากาศให้เอื้ออำนวยต่อการส่งเสริมและสร้างความคุ้นเคยลดความตึงเครียดทางด้านร่างกายและจิตใจของชาวบ้านที่เข้าอบรม

ขั้นกิจกรรมการส่งเสริมโดยการอบรม

กิจกรรมในการอบรมประกอบด้วย การบรรยายและการสาธิต โดยมีคู่มือประกอบในการบรรยาย และมีการกำหนดเป้าหมายของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้ชาวบ้านที่เข้าอบรมทราบว่าตนกำลังทำสิ่งใดอยู่ ซึ่งในการอบรมผู้วิจัยได้นำเทคนิคการบรรยาย เทคนิคการสาธิต เพื่อให้ชาวบ้านที่เข้าอบรมเกิดความรู้และทัศนที่ดีเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน โดยประกอบด้วยสื่อและวิธีการ ดังนี้

1) แผ่นพับ เป็นสื่อที่ใช้ประกอบในการอบรมทำให้ชาวบ้านที่เข้าอบรมเข้าใจเนื้อหาเกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวันมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีเนื้อหาสาระประกอบไปด้วย

(1) ลักษณะของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

(2) วิธีการปลูกของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

(3) ประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

2) การบรรยาย เป็นวิธีที่ทำให้ชาวบ้านที่เข้าอบรมทราบถึงวิธีการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน โดยมีคู่มือใช้ประกอบการบรรยาย ซึ่งมีเนื้อหาสาระประกอบไปด้วย

(1) ลักษณะของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

(2) วิธีการปลูกของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

(3) ประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

3) การสอนให้ปฏิบัติ เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยพัฒนาทักษะของชาวบ้านที่เข้าอบรมโดยกระบวนการสาธิตการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เป็นกระบวนการที่ชาวบ้านที่เข้าอบรมสามารถเห็นได้จริง มีการแสดงขั้นตอนปฏิบัติการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และให้ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีส่วนร่วมในการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

ขั้นวัดผลการจัดกิจกรรมการส่งเสริมโดยการอบรม

ในการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันได้มีการวัดผลการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และด้านทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การวัดผลด้านความรู้ เป็นการวัดผลจากการประเมินความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ก่อนและหลังการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

2) การวัดผลด้านทัศน เป็นการวัดผลจากแบบวัดทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันก่อนและหลังการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน

ผลการวิจัย

1. การศึกษาสภาพการรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามกับชาวบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 83 คน พบว่า ชาวบ้านส่วนใหญ่ไม่เคยรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คิดเป็นร้อย 96.40 ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ชาวบ้านไม่ได้รับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวันส่วนใหญ่เกิดจาก ไม่มีการจัดประชุม/กิจกรรมในชุมชนคิดเป็นร้อยละ 89.20 และสาเหตุที่ทำให้ชาวบ้านไม่เคยพบเห็นพืชสมุนไพรแก่นตะวันส่วนใหญ่เกิดจากไม่เคยมีนักวิชาการ/นิสิต/หน่วยงานทางการศึกษา เช่น มหาวิทยาลัยมาให้ความรู้ คิดเป็นร้อยละ 86.70 ส่วนประสบการณ์การเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คือ ชาวบ้านส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับเรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คิดเป็นร้อยละ 96.40 และชาวบ้านส่วนใหญ่มีความต้องการเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวันคิดเป็นร้อยละ 96.80

2. ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน พบว่า ก่อนการอบรม ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน อยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 12.33 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน หลังการอบรมชาวบ้านมีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันอยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 28.90 เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนความรู้ด้านประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านลักษณะพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และด้านการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันก่อนและหลังการอบรม พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยความรู้หลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 1)

3. ทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันของชาวบ้านที่เข้าอบรม พบว่า ชาวบ้านเห็นด้วยกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เมื่อจำแนกรายด้าน พบว่า ด้านที่ชาวบ้านเห็นด้วยมากที่สุด คือ ด้านวิธีการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน รองลงมา คือ ด้านประโยชน์พืชสมุนไพรแก่นตะวัน ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน พบว่า ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยของทัศนก่อนการอบรมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.10 และหลังการอบรม อยู่ในระดับเห็นด้วย คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ก่อนและหลังการอบรม พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยทัศนหลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 2)

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การศึกษาสภาพการรับรู้การปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันของชาวบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคามพบว่า ส่วนใหญ่ชาวบ้านไม่เคยรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน สาเหตุที่ทำให้ไม่เคยรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คือ ไม่มีการจัดประชุมและทำกิจกรรมในชุมชนในเรื่องการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ไม่มีหน่วยงานให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกและประโยชน์เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เนื่องจากชาวบ้านยังไม่มีการปลูกสมุนไพรแก่นตะวันในชุมชนอาจเป็นเพราะชาวบ้านคิดว่าการปลูกแก่นตะวันทำได้ยากไม่เหมาะกับสภาพแวดล้อมในชุมชนที่อาศัยอยู่ ซึ่งในทางกลับกันพืชสมุนไพรแก่นตะวันนั้นปลูกได้ง่ายเจริญเติบโตได้ดีหากมีการหมั่นดูแลรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยของ Changlek (2011) ผลการศึกษา พบว่า พืชสมุนไพรแก่นตะวันสามารถปลูกได้ทุกฤดูในพื้นที่ราบ แต่ในพื้นที่สูงมีปัญหาในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อปลูกต้นแก่นตะวันไปแล้วจะไม่โตลำต้นจะเลื้อยไปกับพื้นดินโดยที่ต้นไม่ตั้งตรงอาจจะมีปัญหาในเรื่องสภาพความยาวของแสงในแต่ละช่วงของเดือน แต่สำหรับดินสามารถปลูกได้ทั้งดิน

ร่วนปนทราย ดินเหนียวสีแดงหรือ สีดำ ในพื้นราบและในพื้นที่สูงและก่อนที่จะทำการปลูกควรมีการชักนำก่อนซึ่งสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยของ Jogloy *et al*. (2006) ผลการศึกษา พบว่า พืชสมุนไพรแก่นตะวันในแปลงทดลองที่ผ่านการชักนำให้เกิดการงอก มีร้อยละความงอกสูงกว่าแปลงทดลอง ที่ไม่ได้ผ่านการชักนำให้เกิดการงอกของแก่นตะวัน ซึ่งในการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่จะเก็บเกี่ยวเพราะระยะเวลามีผลต่อการเจริญเติบโต อันสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยของ Kesmala *et al*.(2006) ผลการศึกษา พบว่า ระยะเวลา 75 วัน 90 วัน และ 50 วัน ไม่มีความแตกต่างกันในการปลูกและไม่มีผลต่อดัชนีของน้ำหนักหัวของแก่นตะวันแต่มีแนวโน้มลดลงหากเก็บเกี่ยวแก่นตะวันหลังวันที่กำหนดมีผลทำให้หัวแก่นตะวันแห้งได้ผลผลิตลดลง และส่วนใหญ่ชาวบ้านคิดว่าการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพื่อให้ได้ผลผลิตดีควรที่จะต้องใช้ปุ๋ยเคมีด้วย แต่ในการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีก็ได้ผลผลิตที่ดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sinmaung *et al*. (2013) ผลการศึกษา พบว่า แก่นตะวันที่ทุกๆ ช่วงอายุ เมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่และขี้แดดนาเกลือ อัตราส่วน 1:1 มีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนด้านผลผลิตพบว่า แก่นตะวันที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่และขี้แดดนาเกลือ อัตราส่วน 1:1 จะมีน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 904.68 กรัมต่อต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mekaew *et al*. (2006) ผลการศึกษาพบว่าการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันควรใส่ปุ๋ยสูตร 16-12-6 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ หากดินมีความสมบูรณ์ต่ำให้ใส่ในอัตราที่สูงขึ้น ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยได้ผลผลิตถึง 1,022.37 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับสาเหตุที่ชาวบ้านท่าขอนยางไม่เคยพบเห็นพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพราะไม่เคยมีนักวิชาการ/นิสิต/หน่วยงานทางการศึกษา เช่น มหาวิทยาลัยต่างๆมาให้ความรู้ เนื่องจากชาวบ้านยังขาดการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับพืชสมุนไพรและอาจขาดการรับรู้เกี่ยวกับคุณค่าและประโยชน์ทางอาหารของสมุนไพรแก่นตะวัน รวมทั้งชาวบ้านต้องออกไปทำงานนอกบ้านจึงทำให้มีโอกาสในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้น้อย สอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยของ Petchmee (1994) ที่พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลในการรับรู้ข่าวสารของประชาชนส่วนมากรับรู้ข่าวสารจากการพูดคุยกับเพื่อนบ้าน/คนรู้จัก และมีความถี่ของการรับรู้ข่าวสารเฉลี่ย 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการพูดคุยกับเพื่อนบ้านและคนรู้จักมีส่วนขับเคลื่อนกระบวนการของโครงการอาจเป็นเพราะเพื่อนบ้านและคนรู้จักได้รับข้อมูลในการดำเนินงานโครงการอย่างมีประสิทธิภาพและสม่ำเสมอรวมทั้งการพบปะพูดคุยกับผู้นำชุมชนก็มีความสำคัญในการทำกิจกรรมของประชาชนในชุมชน โดยประชาชนส่วนใหญ่จะได้รับข้อมูลจากการพูดคุยกับเพื่อนบ้านและ คนรู้จักรวมทั้งจะเพิ่มความถี่ในการประชาสัมพันธ์ของข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการเผยแพร่ให้ประชาชนในชุมชนและให้ความสำคัญกับประชาชนในการให้ความรู้ในเรื่องต่างๆ ที่ต้องการส่งเสริมให้ประชาชนรับทราบข้อมูล สำหรับผลการศึกษาความต้องการที่จะเข้าร่วมการส่งเสริมเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คือ ส่วนใหญ่ชาวบ้านเคยเข้าร่วมการส่งเสริมเรื่องพืชสมุนไพรที่นำมาแปรรูปใช้ประโยชน์ เช่น การทำลูกประคบ การทำแชมพูที่ทำจากสมุนไพรต่าง ๆ แต่ไม่เคยได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับประโยชน์ทางยาของสมุนไพรแก่นตะวัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hunt and Ruben (1993) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกเปิดรับข่าวสารของบุคคล โดยพบว่า ความสามารถด้านภาษา การตีความหมายของผู้รับสาร ลีลาในการสื่อสารของผู้ส่งสาร รวมถึงความชอบไม่ชอบล้วนมีอิทธิพลในการที่จะเลือกรับข่าวสารของผู้รับสาร

2. ผลการเปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ก่อนและหลังการอบรม พบว่า หลังการอบรมชาวบ้านที่เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสูงกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการอบรมมีผลทำให้ความรู้ของชาวบ้านที่เข้าอบรมเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Kesakorn (2001) กล่าวว่า การส่งเสริมเป็นกระบวนการที่พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเสริมพัฒนาหรือเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจทัศนคติตลอดจนทักษะของผู้เข้ารับการส่งเสริมให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพอาจดำเนินการในช่วง

ระยะเวลาสั้น/ยาวตามความเหมาะสมของเนื้อหาความรู้ที่ต้องการซึ่งสามารถกระทำได้ทั้งเป็นรายบุคคลและกลุ่ม ซึ่งการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสำหรับชาวบ้านท่าขอนยางได้มีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรร่วมด้วยเพื่อนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับชาวบ้านที่เข้าอบรม รวมถึงการศึกษาการรับรู้และความต้องการเข้าร่วมการส่งเสริมเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันทำให้ทราบว่าชาวบ้านมีความต้องการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน จึงได้นำมาใช้ประกอบในกิจกรรมอบรม เมื่อเปรียบเทียบความรู้ของชาวบ้านที่เข้าอบรมก่อนและหลังการอบรม โดยจำแนกรายด้าน จะเห็นได้ว่า ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนความรู้ด้านประโยชน์จากพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพิ่มขึ้นมากที่สุด เพราะชาวบ้านให้ความสนใจและเห็นถึงความสำคัญกับประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวันที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Jantakoon *et al*. (2015) ที่มีผลการทดลองใช้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความรู้หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Cumrae *et al*. (2016) พบว่า ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมมีความรู้หลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมมีความสำคัญและส่งผลต่อความรู้ของผู้เรียนได้ จากการอบรมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันด้วยวิธีการบรรยายและการสาธิต เป็นรูปแบบที่จะทำให้ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีความสนใจในการกิจกรรมการอบรมเป็นพิเศษและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ จึงทำให้คะแนนเฉลี่ยออกมาในทางที่ดีหรือเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sintuboon (1997) ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ร่วมโครงการมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำการเกษตรแบบผสมผสานในเชิงอนุรักษ์เป็นอย่างดี และเกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อโครงการและมีการนำเอาความรู้เกี่ยวกับการทำเกษตรแบบผสมผสานในเชิงอนุรักษ์ไปปฏิบัติตามคำแนะนำของโครงการเป็นอย่างมาก และสอดคล้องกับแนวคิดของ Ponpairin (1997) กล่าวว่าการวัดความรู้เป็นการวัดระดับความจำ ความสามารถในความคิด เข้าใจกับข้อเท็จจริงที่ได้รับการศึกษา และประสบการณ์เดิม โดยผ่านการทดสอบคุณภาพ เป็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวกันระหว่างความรู้สึกและความเชื่อ หรือการรู้ของบุคคล กับแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมโต้ตอบในทางใดทางหนึ่งต่อเป้าหมายของทัศนคติ

3. ผลการเปรียบเทียบทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันก่อนและหลังการอบรม พบว่า หลังการอบรมชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยของทัศนสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการอบรมมีผลทำให้ทัศนของผู้เข้าร่วมการอบรมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Newcomb (1954) ให้ความหมายของทัศนคติว่า เป็นความรู้สึกของจิตใจที่มีต่อประสบการณ์ที่มนุษย์ได้รับ อาจจะมากหรือน้อยก็ได้และทัศนคตินี้จะแสดงออกได้ทางด้านพฤติกรรมสองลักษณะคือ การแสดงออกในลักษณะของความพึงพอใจ เห็นด้วยหรือชอบ ทัศนคติเช่นนี้ทำให้คนอยากปฏิบัติ อยากได้ อยากเข้าใกล้สิ่งนั้น ลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่าทัศนคติทางบวก อีกลักษณะหนึ่ง คือทัศนคติทางลบคนจะแสดงออกทำนองไม่พึงพอใจ ไม่ชอบหรือไม่เห็นด้วย ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย การส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันให้กับชาวบ้านท่าขอนยางด้วยวิธีการบรรยายและสาธิต โดยใช้สื่อประกอบในกิจกรรมการส่งเสริมคือ คู่มือการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันและแผ่นพับ เรื่อง การปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันเป็นปัจจัยที่ทำให้ทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันของชาวบ้านที่เข้าอบรมเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sawananon (1969) กล่าวว่า ทัศนคติ เป็นบุคลิกภาพที่สร้างขึ้นได้ เปลี่ยนแปลงได้และเป็นแรงจูงใจที่กำหนดพฤติกรรมของบุคคลที่มีต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เชื่อมโยงไปถึง พฤติกรรมของบุคคลของความรู้สึก หรือการมีอคติของบุคคลในการที่จะสร้างความพร้อม ที่จะกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งตามประสบการณ์ของบุคคลนั้น ที่ได้รับมา และสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยของ Kosiyachinda (2010) ที่ผลการศึกษาพบว่า หลังการฝึกอบรมกลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติต่อการปลูกสมุนไพรแก่นตะวันมีเพิ่มขึ้น

Table 1 The results of comparison of mean scores of knowledge about cultivation of Kaentawan plant of villager were before and after training. (n=30)

Knowledge	Before training			after training			df	*t*	p
	$\overline{X}$	S.D.	degree	$\overline{X}$	S.D.	degree			
Knowledge (Full score 30)	12.33 (41.10%)	12.47	least	28.90 (96.33%)	1.47	most	29	-6.932	<.00*

*The level of statistical significance 0.05

Table 2 The results of comparison of mean scores of opinion about cultivation of Kaentawan plant of villager were before and after training. (n=30)

Opinion	Before training			after training			df	*t*	p
	$\overline{X}$	S.D.	degree	$\overline{X}$	S.D.	degree			
Opinion (Full score 3)	2.10	0.42	uncertain	2.89	0.05	favorable	29	-10.180	<.00*

*The level of statistical significance 0.05

สรุปผลการวิจัย

การส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันสำหรับชาวบ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม เพื่อศึกษาสภาพการรับรู้เรื่องพืชสมุนไพรแก่นตะวัน พบว่า ชาวบ้านส่วนใหญ่ไม่เคยรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน สาเหตุที่ทำให้ไม่เคยรับรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรแก่นตะวัน คือ ไม่มีการจัดประชุมและทำกิจกรรมในชุมชนเกี่ยวกับเรื่องการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และไม่มีหน่วยงานให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกและประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ผลการศึกษาและเปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน พบว่า ก่อนการอบรมชาวบ้านที่เข้าอบรมส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน อยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.33 สำหรับหลังการอบรมชาวบ้านที่เข้าอบรมทุกคนมีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันเพิ่มขึ้น โดยมีความรู้อยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.90 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน จำแนกเป็นรายด้านก่อนและหลังการอบรม พบว่า ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีความรู้ด้านประโยชน์ของแก่นตะวันเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านลักษณะพืชสมุนไพรแก่นตะวัน และด้านวิธีการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ก่อนและหลังการอบรม พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยความรู้หลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ชาวบ้านที่เข้าอบรมเห็นด้วยกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ด้านวิธีการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวันมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านประโยชน์พืชสมุนไพรแก่นตะวัน ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน พบว่า ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยของทัศนก่อนการอบรมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.10 และหลังการอบรมอยู่ในระดับเห็นด้วย คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทัศนเกี่ยวกับการปลูกพืชสมุนไพรแก่นตะวัน ก่อนและหลังการอบรม พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ชาวบ้านที่เข้าอบรมมีคะแนนเฉลี่ยทัศนหลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ดังนี้

1. ควรมีการส่งเสริมให้ความรู้ และทัศนเกี่ยวกับการปลูกและการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรแก่นตะวันให้กับชาวบ้านในชุมชนที่มีบริบทใกล้เคียงกับชุมชนท่าขอนยาง

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประโยชน์ของพืชสมุนไพรแก่นตะวันแต่ละชนิดที่มีอยู่ในท้องถิ่นและไม่ได้อยู่ในท้องถิ่นเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความหลากหลายของวิธีการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรแก่นตะวันมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

References

Changlek, P. 2011. The benefit of Kaentawan [online]. [Accessed August 19, 2014]. Available from: URL: http://www.komchadluek.net/detail/.

Cumrae, N., Toomhome, P. and Momkuntod, S. 2016. The development of environmental friendly consumer training manual for undergraduate student MahaSarakham University. Veridian E-Journal, Silpakorn University. 9(3): 543-556. (in Thai)

Hunt, T. and Ruben, B.D. 1993. Mass Communication: Producer and Consumers. Harper Collins College Publishers, New York.

Jantakoon, J., Wattanatorn, A., Kaewurai, W. and Lincharearn, A. 2015. The development of curriculum to enhance consciousness on disaster preparedness based on contemplative education approach for lower secondary students. Journal of Education Naresuan University. 17(1): 1-13.

Jogloy, S. 2006. Study on Kaentawan (*Jerusalem Artichoke*) production for ethanol production. Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen. 277 pp. (in Thai)

Jogloy, S.,Tula, V., MeKaew, R. and Kesmala, T. 2006. Effects of sprouting induction methods on germination of Kaentawan. Khon Kaen Agr. J. 34(2): 157-163. (in Thai)

Kesakorn, Y. 2001. Leadership and motivation techniques. 3rd edition. SK Booknet: Bangkok. 342 pp. (in Thai)

Kesmala, T., Jogloy, S., MeKaew, R. and Tula, V. 2006. Effects of sprouting induction methods on germination of Kaentawan. Khon Kaen Agr. J. 34(2): 183-189. (in Thai)

Kosiyachinda, S. 2010. Kaentawan properties and planting. Faculty of Agriculture, Kasetsart University. (in Thai)

Mekaew, R., Jogloy, S.,Tula, V. and Kesmala, T. 2006. Effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of Kaentawan. Khon Kaen Agr. J. 34(2): 171-182. (in Thai)

Newcomb, T.M. 1954. Social psychology. The Dryden Press Publishers: New York.

Petchmee, P. 1994. Women's participation in community development activities of Chiang Mai province. M.Ed. Thesis in Nonformal Education, Chiang Mai University. (in Thai)

Ponpairin, S. 1997. Meaning of measuring knowledge [online]. [Accessed September 18, 2014]. Available from: URL: https://www.google.co.th/webhp?sourceid=chrome-instant&ion.

Sawananon, D. 1969. Concept of attitude [online]. [Accessed September 18, 2014]. Available from: URL:

http://www.novabizz.com/NovaAce/Attitude.htm.

Sinmaung, P., Singtien, T., Juntawong, T. and Khumjing, C. 2013. Effect of chicken manure and salt pan sediments on growth and yield of Jerusalem Artichoke, Phetchaburi province. Khon Kaen Agr. J. 42(2): 158- 163. (in Thai)

Sintuboon, S. 1997. Knowledge, attitude and adoption of farmers relating to integrated conservation farming at Chiang Dao district, Chiang Mai province. M.Sc. Thesis in Agricultural Extension. Chiang Mai University. (in Thai)

Srisaard, B. 2000. Research in measurement and evaluation. Suweeriyasan: Bangkok. 305 pp. (in Thai)

Supra, Y. 2014. Survey results of cultivation of Kaentawan medicinal plant of villagers Thakhonyang in of Tambon Thakhonyang, Amphur Kantharawichai, MahaSarakam province. Maha Sarakam. Faculty Environment and Resource Studies, Maha Sarakham University. (in Thai)

Treepinyo, A. 2008. Eat wash detox Ayurveda medicine. Pailin: Bangkok. 199 pp. (in Thai)

Vanichbuncha, K. 2002. Statistics. Chulalongkorn University Printing House: Bangkok. 489 pp. (in Thai)

บทความวิจัย

ผลของปุ๋ยหมักกากครามต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า

ครองใจ โสมรักษ์*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยหมักกากครามต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้า โดยใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 คือ ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 คือ กากคราม กรรมวิธีที่ 3 คือ ปุ๋ยหมักกากคราม และกรรมวิธีที่ 4 คือ ปุ๋ยคอก (มูลโค) ดำเนินการวิจัย ณ แปลงปฏิบัติการพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ระหว่างเดือนธันวาคม 2558 ถึง มีนาคม 2559 ผลการศึกษาพบว่า คะน้าที่ใส่ปุ๋ยหมักกากครามส่งผลให้คะน้ามีการเจริญเติบโต และผลผลิตดีที่สุด โดยคะน้ามีความสูงมากที่สุด เท่ากับ 35.19 เซนติเมตร ขนาดความกว้างของทรงพุ่ม เท่ากับ 28.92 เซนติเมตร และจำนวนใบ เท่ากับ 7.15 ใบ รวมทั้งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 118.49 กรัมต่อต้น และ 9.56 กรัมต่อต้น ตามลำดับ รองลงมาคือ ปุ๋ยคอก กากคราม และไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) โดยมีน้ำหนักสดเท่ากับ 70.16, 68.52 และ 52.80 กรัมต่อต้น ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, กากคราม, ปุ๋ยคอก, คะน้า และคราม

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

Effects of Indigo Sludge Compost on Growth and Yield of Chinese Kale (*Brassica alboglabra*)

Krongjai Somrug*

Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

Abstract

The objective of this research was to study the effects of indigo sludge compost on growth and yields of Chinese kale (*Brassica alboglabra*). The experiment was set as randomized complete block design (RCBD) with 4 treatments and 4 replications; treatment 1; control, treatment 2; fresh indigo sludge, treatment 3; indigo sludge compost and treatment 4; cow dung manure at Plant Science Field, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University between December, 2015 to March, 2016. The results showed that indigo sludge compost could produce highest growth and yield of Chinese kale, as well as, plant height, canopy width, number of leave, fresh weight and dry weight. The plant height were 35.19 cm, canopy width were 28.92 cm, 7.15 leave /plant, fresh weight were 118.49 g/plant and dry weight were 9.56 g/plant. Fresh weight in cow dung manure was second, and then fresh indigo sludge and the control treatment without fertilizer, 70.16, 68.52 and 52.80 g/plant, respectively and were significantly different ($P<0.01$).

Keywords: Compost, Indigo sludge, Manure, Chinese kale and *Indigofera tinctoria* L.

* Corresponding author: Email: krongjai@snru.ac.th

บทนำ

คะน้า (Chinese kale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นผักที่อยู่ในวงศ์ Cruciferae คะน้าเป็นผักเศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน (Kabjun, 2014) สำหรับการปลูก และการดูแลรักษา เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมี เพื่อเร่งการเจริญเติบโต และเพียงพอต่อความต้องการของตลาดที่เพิ่มมากขึ้น จากรายงานผลการตรวจสารพิษตกค้างในผัก พบว่าคะน้ามีสารพิษตกค้างมากที่สุด โดยตรวจพบ 10 ตัวอย่าง จากคะน้า 11 ตัวอย่าง และสูงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด (Thailand Pesticide Alert Network, 2016) ผลจากการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมี ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิตสูง รวมทั้งส่งผลเสียต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมซึ่งจากปัญหาดังกล่าวประกอบกับกระแสการรักสุขภาพ จึงเกิดการรณรงค์ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีในการผลิตพืช ทั้งภาครัฐ และเอกชนได้ส่งเสริมการนำเอาวัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการผลิตพืช ดังรายงานการพัฒนาปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของมะขาม คือ ใบมะขาม และเปลือกของฝักมะขามที่เหลือทิ้งจากการแกะเนื้อมะขามไปใช้ในการแปรรูป พบว่าปุ๋ยหมักมีคุณสมบัติทางเคมี และค่าอินทรียวัตถุในดินที่ดี (Chattrakul, 2012) เช่นเดียวกันกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงในดินชุดชุมพวง ให้ผลผลิตคะน้า 1,920 กิโลกรัมต่อไร่ (Srihabun *et al*., 2013) รวมทั้งการผลิตผักอินทรีย์ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน พบว่า ปุ๋ยหมักจากมูลโคให้น้ำหนัก 2,964 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักแห้งของผักคะน้า ผักชีกวางตุ้ง เท่ากับ 1,352 กิโลกรัมต่อไร่ 661.79 กิโลกรัมต่อไร่ และ 2,110 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยหมักจากมูลโคให้น้ำหนักแห้ง 294.30 กิโลกรัมต่อไร่ (Chindachia *et al*., 2014) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักจากทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน และปุ๋ยน้ำหมักต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด พบว่าอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มสูงขึ้น (Wongkrachang, 2015)

จังหวัดสกลนคร มีการปลูกคราม (*Indigofera tinctoria* L.) ซึ่งเป็นพืชวงศ์ถั่ว (Family Leguminosae) เพื่อนำมาย้อมผ้าครามเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน (Saithong, 2000; Teanglum, 2012) มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ประจำตำบล หรือ OTOP สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และสร้างชื่อเสียงให้กับจังหวัดสกลนคร สำหรับขั้นตอนการทำสีคราม คือ ต้นครามอายุ 3-4 เดือน จะถูกนำมามัดเป็นฟ่อนแล้วแช่ในน้ำ 18-24 ชั่วโมง จึงแยกกากคราม (indigo sludge) ออก เหลือแต่น้ำครามเพื่อทำในกรรมวิธีต่อไป (Saithong, 2002) ซึ่งกากคราม Somrug and Teanglum (2016) ได้นำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักพบว่ามี ไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 1.85 ฟอสฟอรัส (P_2O_5) พบร้อยละ 0.63 และ โพแทสเซียม (K_2O) พบร้อยละ 0.88 และลักษณะของปุ๋ยหมักมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อปุ๋ยมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ยและขาดออกจากกันง่าย ดังนั้นเพื่อการพัฒนาการเกษตรของประเทศไทยสู่การผลิตพืชแบบปลอดภัยจากปุ๋ยเคมี สารเคมี และลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งการนำวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ มาสร้างมูลค่าเพิ่ม และจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงได้นำกากครามที่เหลือใช้จากการทำสีคราม มาผลิตปุ๋ยหมัก และศึกษาผลของปุ๋ยหมักกากครามต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) มี 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 คือ ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 คือ ใส่กากคราม อัตรา 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กรรมวิธีที่ 3 คือ ใส่ปุ๋ยหมักกากคราม อัตรา 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และกรรมวิธีที่ 4 คือ ใส่ปุ๋ยคอก (มูลโค) อัตรา 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน ธันวาคม 2558 ถึง มีนาคม 2559 ณ แปลงปฏิบัติการพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ-สกลนคร

2. การเตรียมปุ๋ยหมักกากคราม

นำกากครามที่เหลือจากการทำสีครามมาผึ่งให้แห้ง แล้วสับให้มีชิ้นขนาดเล็กลง โดยใช้เครื่องสับไม้ แล้วนำกากครามที่ได้มาผสมกับปุ๋ยคอก (มูลโค) ในอัตราส่วน 5:1 (w/w) โดยนำกากครามมากองบนพื้นสูงไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร และโรยทับด้วยปุ๋ยคอกหนาประมาณ 1-2 นิ้ว

ปฏิบัติเช่นเดิม จนกระทั่งได้กองปุ๋ยหมักสูงไม่ต่ำกว่า 1.0 เมตร พร้อมกับรดน้ำ และคลุมกองปุ๋ยหมักด้วยพลาสติก หมักนาน 30 วัน โดยทุกๆ 7 วัน กลับกองปุ๋ยหมักโดยพลิกเอาส่วนล่างขึ้นมาไว้ด้านบน และคลุกเคล้าให้เข้ากัน

3. การเตรียมแปลง การปลูกผักและการดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูก ขนาด 1.0x1.5 เมตร จำนวน 16 แปลง พร้อมกับเตรียมกล้าผักคะน้า โดยนำเมล็ดผักคะน้าหยอดลงในถาดเพาะที่มีวัสดุปลูก คือ พีทมอส จำนวน 1-2 เมล็ดต่อหลุม รดน้ำทุกวัน เช้า-เย็น วางไว้ในที่ร่มรำไร นาน 20 วัน แล้วนำกล้าผักคะน้าลงปลูกในแปลง จำนวน 4 แถว ๆ ละ 6 ต้น ต่อแปลง ในระยะปลูก 20x25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ย 4 ครั้ง ๆ ละ 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ครั้งที่ 1 คือ รองพื้นตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ ครั้งที่ 2, 3 และครั้งที่ 4 หลังย้ายปลูก 10, 20 และ 30 วัน ตามลำดับ ตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ พร้อมกับรดน้ำทุกวัน เช้า-เย็น

4. การเก็บตัวอย่างและเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของคะน้าทุกๆ 7 วัน โดยวัดความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม จำนวนใบ และเก็บข้อมูลผลผลิต เมื่อถึงอายุการเก็บเกี่ยวที่อายุ 55 วัน โดยตัดส่วนเหนือดินของคะน้า ได้แก่ ลำต้น และใบ แล้วนำชั่งน้ำหนักสด และนำไปอบแห้ง ด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

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

ผลการวิจัย

1. ความสูงของคะน้า

ความสูงของคะน้าที่ช่วงอายุ 20-34 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ตั้งแต่อายุ 41 วันขึ้นไป โดยผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยหมักกากครามให้ความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 35.19 เซนติเมตร รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และ ใส่กากคราม มีความสูงเท่ากับ 28.36, 25.00 และ 22.80 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table1)

2. ความกว้างของทรงพุ่มและจำนวนใบของคะน้า

ความกว้างของทรงพุ่มของคะน้า อายุ 20-34 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ตั้งแต่อายุ 41 วันขึ้นไป โดยคะน้าที่ใส่ปุ๋ยหมักกากครามมีความกว้างของทรงพุ่มมากที่สุด ที่อายุ 55 วัน เท่ากับ 28.92 เซนติเมตร รองลงมา คือ ใส่ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และ ใส่กากคราม มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 25.81, 21.93 และ 21.36 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) และจำนวนใบของคะน้า ที่อายุ 55 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยคะน้าที่ใส่ปุ๋ยหมักกากครามมีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 7.15 ใบต่อต้น รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยคอก ใส่กากคราม และไม่ใส่ปุ๋ย มีจำนวนใบเท่ากับ 6.52, 6.46 และ 6.44 ใบต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

3. ผลผลิตของคะน้า

เก็บเกี่ยวคะน้าที่อายุ 55 วัน (Fig.1) โดยการตัดที่โคนต้น (ส่วนเหนือดิน ได้แก่ ลำต้น และใบ) แล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด (Fig.2) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยคะน้าที่ใส่ปุ๋ยหมักกากคราม ให้น้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 118.49 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยคอก, ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่กากครามมีน้ำหนักสดเท่ากับ 70.16, 68.52 และ 52.80 กรัมต่อต้น ตามลำดับ รวมทั้งน้ำหนักสดต่อไร่ และน้ำหนักแห้งให้ผลเช่นเดียวกัน คือ การใส่ปุ๋ยหมักกากคราม ส่งผลให้คะน้ามีน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 9.56 กรัมต่อต้น (Table 4)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยหมักกากครามเพื่อปลูกคะน้าให้ผลดีที่สุดทั้งด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตเนื่องจากครามเป็นพืชตระกูลถั่ว และมีไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 5.11 จากน้ำหนักใบครามแห้ง (Saithong, 2000) และจากงานวิจัยของ Somrug and Teanglum (2016) พบว่า เมื่อนำกากครามที่เหลือจากกระบวนการทำสีครามมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักแล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด พบร้อยละ 1.85 ฟอสฟอรัส (P_2O_5) พบร้อยละ

0.63 และ โพแทสเซียม (K_2O) พบร้อยละ 0.88 ซึ่งปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานของปุ๋ยหมัก (Land Development Department, 2007) และปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N) และค่าความเป็นกรด-ด่าง ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินเช่นกัน คือ พบร้อยละ 47.93, 15:1 และ 7.69 ตามลำดับ รวมทั้ง ลักษณะของปุ๋ยหมักมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อปุ๋ยมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ยและขาดออกจากกันง่าย ดังนั้นจึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าจากการใส่ปุ๋ยหมักกากครามมีการเจริญเติบโต และผลผลิตดีที่สุด ส่วนคะน้าที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ซึ่งโดยทั่วไปมูลโคจะมีไนโตรเจนอยู่ระหว่างร้อยละ 1.27-1.36 ทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้ามีน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยหมักกากคราม ส่วนคะน้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีการเจริญเติบโต และผลผลผลิตน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักกากครามมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้า คือ คะน้าได้รับปุ๋ยที่ใส่ลงไปจากปุ๋ยหมักกากคราม สอดคล้องกับการทดลองใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะต่อการปลูกผักคะน้าเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าคะน้าที่อายุ 55 วัน ผลผลิตเฉลี่ยในช่วงฤดูหนาว คือ 1,920 กิโลกรัมต่อไร่ (Srihabun *et al.*, 2013) และการทดลองผลิตคะน้าให้ปลอดภัยจากสารพิษโดยการใช้สารชีวภัณฑ์ พบว่า คะน้าที่อายุ 45 วัน ให้ความสูงของต้น 23.7 เซนติเมตร และความกว้างของทรงพุ่ม 15.57 เซนติเมตร (Sukto *et al.*, 2015) ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยหมักกากคราม คือ คะน้าที่อายุ 48 วัน ให้ความสูงของต้น 26.57 เซนติเมตร และความกว้างของทรงพุ่ม 23.04 เซนติเมตร นอกจากนี้ Chattrakul (2012) ได้นำวัสดุเหลือใช้ของมะขามมาผลิตปุ๋ยหมัก และศึกษาผลของปุ๋ยหมักต่อสภาพดิน และผลผลิตพืช พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักเพื่อปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ทำให้ดินมีค่าอินทรียวัตถุมากกว่าชุดควบคุม ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตที่ดี ให้น้ำหนัก และความยาวของฝักข้าวโพดมากกว่าชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) และงานวิจัยของ Lesing and Anugoolprasert (2016) พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 กรมพัฒนาที่ดิน และปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง ที่ระดับ 2.5 กรัมไนโตรเจน ต่อดิน 5 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคในการปลูกคะน้าได้ รวมทั้งการใส่ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 200 มิลลิลิตรต่อสัปดาห์ ให้น้ำหนักดอกของบลอกโคลีใกล้เคียงกันกับการใส่ปุ๋ยเคมี (Jigme *et al.*, 2015) และการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนสามารถนำมาปลูกผักกาดขาวปลีได้ เนื่องจากให้ความสูงของต้น จำนวนใบ และพื้นที่ใบ มากกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรีย (Prado, 2013)

Table 1 Plant height of Chinese kale at 20-55 day

Treatments	Height of plant (cm)					
	20 Days	**27 Days**	**34 Days**	**41 Days**	**48 Days**	**55 Days**
Without fertilizer (control)	6.82	7.27	8.66	13.29 b[1/]	19.38 b	25.00b c
Fresh Indigo sludge	6.38	6.86	8.42	13.88 b	19.67 b	22.80 bc
Indigo sludge compost	6.00	6.71	9.32	17.38 a	26.57 a	35.19 a
Cow dung manure	6.47	7.05	8.19	15.29 b	21.05 b	28.36 b
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	*	*	**
C.V. (%)	**10.56**	**9.68**	**9.09**	**8.41**	**9.72**	**10.49**

[1/]Means within columns with different letters are significantly by DMRT

ns= non-significant, *significantly different at P<0.05, ** significantly different at P<0.01

Table 2 Width of canopy of Chinese kale at 20-55 day

Treatments	Width of canopy (cm)					
	20 Days	27 Days	34 Days	41 Days	48 Days	55 Days
Without fertilizer (control)	4.51	6.01	7.16	12.09[b1/]	16.35[b]	21.93[b]
Fresh Indigo sludge	4.64	5.76	7.42	12.12[b]	16.38[b]	21.36[b]
Indigo sludge compost	4.47	6.10	8.19	15.95[a]	23.04[a]	28.92[a]
Cow dung manure	4.66	5.60	7.78	12.81[b]	18.90[b]	25.81[a]
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**	**	**
C.V. (%)	**9.11**	**6.12**	**11.35**	**8.49**	**11.17**	**9.33**

[1/]Means within columns with different letters are significantly by DMRT

ns=non-significant, **significantly different at P<0.01

Table 3 Number of leave of Chinese kale at 20-55 day

Treatments	Number of leave per plant					
	20 Days	27 Days	34 Days	41 Days	48 Days	55 Days
Without fertilizer (control)	2.17	2.56	3.56	5.29	5.94	6.44[b1/]
Fresh Indigo sludge	2.25	2.65	3.81	5.58	6.31	6.46[b]
Indigo sludge compost	2.13	2.58	3.94	5.86	6.38	7.15[a]
Cow dung manure	2.23	2.73	3.71	5.61	6.09	6.52[b]
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	*
C.V. (%)	**5.96**	**7.98**	**6.26**	**4.71**	**7.15**	**3.80**

[1/]Means within columns with different letters are significantly by DMRT

ns= non-significant, *significantly different at P<0.05

Table 4 Yield of Chinese kale

Treatments	Fresh weight		Dry weight
	(g/plant)	(kg/rai)	(g/plant)
Without fertilizer (control)	68.52[b1/]	1,752.75[b]	5.85[b]
Fresh Indigo sludge	52.80[b]	1,350.00[b]	5.75[b]
Indigo sludge compost	118.49[a]	2,859.25[a]	9.56[a]
Cow dung manure	70.16[b]	1,899.20[b]	6.31[b]
F-test	**	*	*
C.V. (%)	**24.00**	**29.37**	**22.94**

[1/]Means within columns with different letters are significantly by DMRT

*significantly different at P<0.05, **significantly different at P<0.01

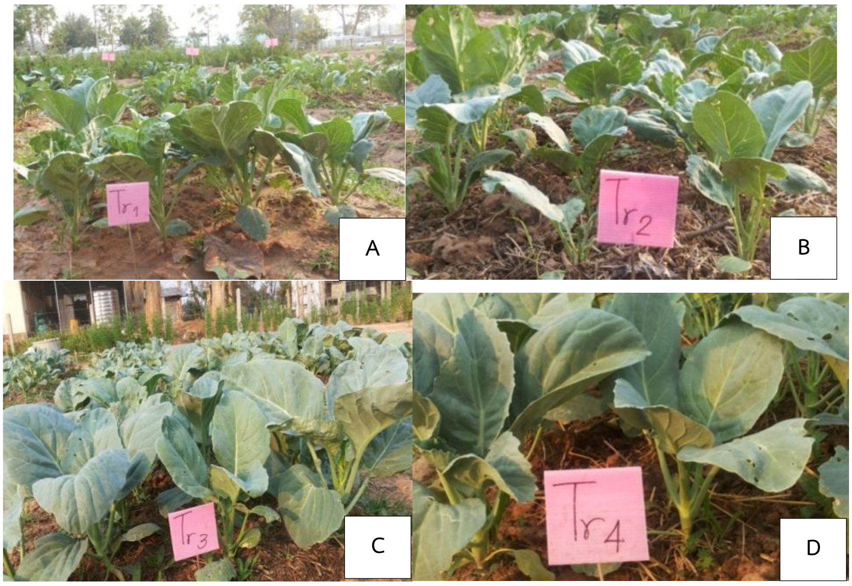


Fig.1 Chinese kale at 55 day in field without fertilizer (A),fresh indigo sludge (B) indigo sludge compost (C) and cow dung manure (D)

Fig.2 Chinese kale at 55 day without fertilizer (T1), fresh indigo sludge (T2), indigo sludge compost (T3) and cow dung manure (T4)

สรุปผลการวิจัย

การใช้ปุ๋ยหมักกากคราม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากการนำต้นครามมาทำสีย้อมผ้า ส่งผลให้คะน้ามีการเจริญเติบโต และผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยคอกจากมูลโค การใช้กากคราม และการไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ปุ๋ยหมักกากครามส่งผลให้ความสูงของต้นเท่ากับ 35.19 เซนติเมตร ความกว้างของทรงพุ่ม 28.92 เซนติเมตร จำนวนใบ 7.15 ใบ และให้ผลผลิต น้ำหนักสด 118.49 กรัมต่อต้น และ 2,859.25 กิโลกรัมต่อไร่ รวมทั้งน้ำหนักแห้ง 9.56 กรัมต่อต้น ดังนั้นกากครามที่เหลือใช้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก เพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยในการปลูกผักคะน้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 สำหรับทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ทำให้งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

Chattrakul, A. 2012. Research report of development of compost products from Tamarind waste. Faculty of Agricultural Technology. Petchabun Rajabhat University, Petchabun. 69 pp.

Chindachia, R., Panyadee, S., Keawdoung, M. and Sukhakat, W. 2014. Study of production of organic vegetables compared with the application of fertilizers in crop rotation system. Khon Kaen Agr. J. 42(Suppl. 3): 815-818.

Jigme, Jayamangkala, N., Sutigoolabud, P., Inthasan, J. and Sakhonwasee, S. 2015. The effect of organic fertilizers on growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italic*a Plenck cv. Top Green). J. Organic Syst. 10(1): 9-14.

Kabjun, P. 2014. Manual of Chinese kale planting. The office of Agricultural Research and Extension, Maejo University. Chiang Mai. 20 pp.

Land Development Department. 2007. Rule of logo using for agricultural product certification, 2550 BE. Land Development Department. Bangkok.

Lesing, S. and Anugoolprasert, O. 2016. Efficacy of high quality organic fertilizer on growth and yield of Chinese kale. Journal of Science and Technology. 24(2): 320-332.

Prado, A.J. 2013. Effect of organic fertilizer on the growth performance of *Brassica rapa* under La Union, Philippines [online]. [Accessed February 2, 2017]. Available from: URL: http://eisrjc.com/journals-abstract.html?id=10stat=2&vol=5&issue=4.

Saithong, A. 2000. Chemical from Indigo and pharmacological activity [online]. [Accessed October 10, 2013]. Available from: URL:http://kram.snru.ac.th/components/contents/view.php?id=147.

Saithong, A. 2002. Chemical from indigo and pharmacological activity [online]. [Accessed June 22, 2015]. Available from: URL:http://kram.snru.ac.th/components/contents/view.php?id=149.

Somrug, K. and Teanglum, S. 2016. Compost production from indigo sludge (*Indigofera tinctoria*). Acedemic Journal Uttaladit Rajabhat University. 11(Suppl. 3): 131-140.

Srihabun, P., Saelim, S., Potinam, P. and Teamthaisong, S. 2013. High quality organic fertilizer for vegetable growing on Chum Phuang soil series, case study of Chinese kale [online]. [Accessed March 28, 2013]. Available from: URL: http://www. r05.ldd.go.th.

Sukto, S., Bavornpornmatee, S., Reanrungreung S. and Siripanich, N. 2015. Appropriate production technologies for kale safety form toxic and Coliform bacteria in Ayutthaya and Uthai Thani province. The office of agricultural and development Region 5, Chainat. 32 pp.

Teanglum, A. 2012. A Study on botanical characteristics of indigo plant (*Indigo feratinctoria* L.) concerning its leaf yields, color quantity and dry dye. Khon Kaen Agr. J. 40(1): 47-52.

Thailand Pesticide Alert Network. 2016. Report from result of toxic residue in vegetables and fruits [online]. [Accessed December 28, 2016]. Available from: URL: http://www.thaipan.org/node/847.

Wongkrachang, S. 2015. Effects of compost from oil palm bunch and liquid fertilizer for plant growth. The 53rd Kasetsart University Annual conference. February 3-6, 2015. Bangkok.

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 173-180

บทความวิจัย

การใช้สารเคมีในการทำนาข้าวของเกษตรกรในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

สยาม อรุณศรีมรกต[1*], วรพร สังเนตร[1]และ ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์[2]

[1]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

[2]คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ.เมือง จ.ยะลา 95000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี โดยใช้แบบระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ทำนาข้าว อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ที่ได้จากการสุ่มด้วยวิธีการคัดเลือกแบบลูกโซ่ (Snowball Selection) จำนวน 15 คน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวหลายประเภท ได้แก่ 1) ปุ๋ยเคมี 2) สารเคมีกำจัดแมลง 3) สารเคมีกำจัดวัชพืช 4) สารเคมีป้องกันโรคพืช และ 5) สารเคมีเพิ่มผลผลิตของข้าว เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็ว ทำให้รวงข้าวใหญ่ ข้าวงาม เขียวทนเขียวนาน ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ นอกจากนั้น เกษตรกรยังมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการผสมสารเคมี การเก็บรักษาสารเคมี การป้องกันอันตรายขณะพ่นสารเคมี การปฏิบัติตนหลังจากพ่นสารเคมี และวิธีปฏิบัติตนหากคนในครอบครัวแพ้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

คำสำคัญ: การทำนาข้าว, สารเคมีทางการเกษตร, ปุ๋ยเคมี และเกษตรกรทำนา

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

The Chemical Application in Rice Production of Farmers in Nong-Sue District, Pathum Thani Province

Sayam Aroonsrimorakot[1*], Voraporn Sangnate[1] and Piyaruk Pradabphetrat[2]

[1]*Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, 73170, Thailand*
[2]*Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala, 95000, Thailand*

Abstract

This research aims to study the chemical using in rice production of Nong-Sue district, Pathum Thani province. The qualitative method was used by in-depth interview with 15 farmers by using snowball technique of sampling. Data were collected in the month of January 2016 and analyzed. The obtained data were analyzed by using content analysis. This qualitative study was using key-informant for data collection. The results found that farmers in Nong-Sue district applied a lot of chemical in growing rice such as 1) Chemical fertilizers, 2) Pesticides, 3) Herbicides, 4) Plant diseases protection chemicals, 5) Plant growth and promotion chemicals. The reasons for them using these chemical were because it was easy, convenient and had high yield to apply in rice production, and the rice was very green and healthy. In addition, the farmers had good knowledge and understanding regarding the process of the application of chemicals, such as, mixing, storage and self-protection during and after application of the chemicals.

Keywords: Rice production, Agricultural chemical, Chemical fertilizer and Rice production farmer

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

บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ข้าวนอกจากจะใช้บริโภคเป็นอาหารหลักของประชาชนแล้ว ยังมีการแปรรูปใช้ทำเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร รวมทั้งใช้แปรรูปเป็นอาหารประเภท นอกจากนั้นข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อการส่งออกของประเทศไทย ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาข้าวไทยได้รับการพัฒนาสายพันธุ์และคุณภาพมาอย่างต่อเนื่อง จนเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคทั่วโลกว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพดี ทำให้ข้าวไทยเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ที่ปลูกจะให้ผลผลิตสูงมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อม โรค และแมลงต่างๆ อย่างไรก็ตามงานปรับปรุงพันธุ์ข้าวยังคงต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสภาพแวดล้อม โรค หรือแมลงศัตรูข้าวมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งต้องหาพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีขึ้น มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการของตลาดโลก และต้องเป็นพันธุ์ข้าวมีศักยภาพสูงสำหรับการแข่งขันในตลาดโลกได้

การทำนาข้าวในประเภทไทยมี 2 ประเภท ได้แก่ 1) การทำนาปี คือ การปลูกข้าวโดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ปริมาณผลผลิตที่ได้จึงขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของฝน และ 2) การทำนาปรัง คือ การที่ปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปี การปลูกข้าวแบบนี้จะอาศัยน้ำจากการชลประทานเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันกำลังเผชิญกับปัญหาระบบชลประทานที่ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากยังไม่มีการพัฒนาระบบคลองชลประทานอย่างจริงจัง ทำให้หลายพื้นที่ยังต้องอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติในการทำนาข้าว จึงทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่น้อยและมีคุณภาพไม่ดีนัก นอกจากนั้นอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญ คือ ขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตโดยศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมีไม่เพียงพอในการจำหน่ายให้กับเกษตรกร ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ เกษตรกรจึงแก้ปัญหาด้วยการเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้เองซึ่งเกษตรกรบางคนขาดความรู้ในเรื่องการเก็บรักษาและวิธีการคัดเลือกเม็ดพันธุ์อย่างถูกวิธี ทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ คุณภาพไม่ดี มีเปอร์เซ็นต์การงอกน้อย พร้อมทั้งยังมีปัญหาศัตรูข้าวระบาด ส่งผลให้ต้นทุนในการปลูกข้าวเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงมากขึ้น (Thai rice, 2016) ทำให้ในปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการทำการนาข้าวเพิ่มมากขึ้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นข้าว มีการใช้สารช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชที่มาปกคลุมต้นข้าวจนเกิดความเสียหาย และมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชต่างๆ ที่ได้ผลง่ายและรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีสารเคมีตกค้างอยู่ในผลผลิตและผลิตภัณฑ์จากข้าวซึ่งส่งผลกระทบด้านสุขภาพทั้งเกษตรกรผู้ปลูกข้าวเอง และประชาชนผู้บริโภคข้าว ด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งด้านเศรษฐกิจ ถึงแม้ว่าปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงจะมีราคาสูง แต่เกษตรกรก็ยังคงจำเป็นต้องใช้เพื่อที่จะให้ผลผลิตตามที่ตลาดต้องการ (Biothai, 2016; Trueplookpanya, 2016) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาลักษณะการปลูกข้าว และการใช้สารเคมีในการปลูกข้าวเพื่อประเมินหาข้อเสนอแนะแนวทางการใช้สารเคมีในการปลูกข้าวให้ถูกวิธี รวมทั้งการลดการใช้สารเคมีในการปลูกข้าว ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกร และสภาพแวดล้อมรอบๆ ชุมชนเพื่อนำไปสู่การเป็นการทำการเกษตรแนวใหม่ที่มิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต (Information and Communication Service, Pathum Thani governor office, 2016) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะบริบทชุมชนในการทำนาและการใช้สารเคมีในการทำนาของเกษตรกรในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

การวิจัยเรื่องนี้มุ่งศึกษาการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี รวมทั้งศึกษาลักษณะการทำนาข้าวในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี โดยมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และบริบทชุมชนของอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี เพื่อใช้ประกอบการการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาตามวิธีการดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้ทำนาข้าวในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี (Fig.1) ที่ได้จากการ

สุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) ด้วยวิธีการคัดเลือกแบบลูกโซ่ (Snowball Selection) กำหนดช่วงเวลาเก็บรวบรวมข้อมูล 1 เดือน คือ เดือนมกราคม 2559 และกลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์ 15 ราย

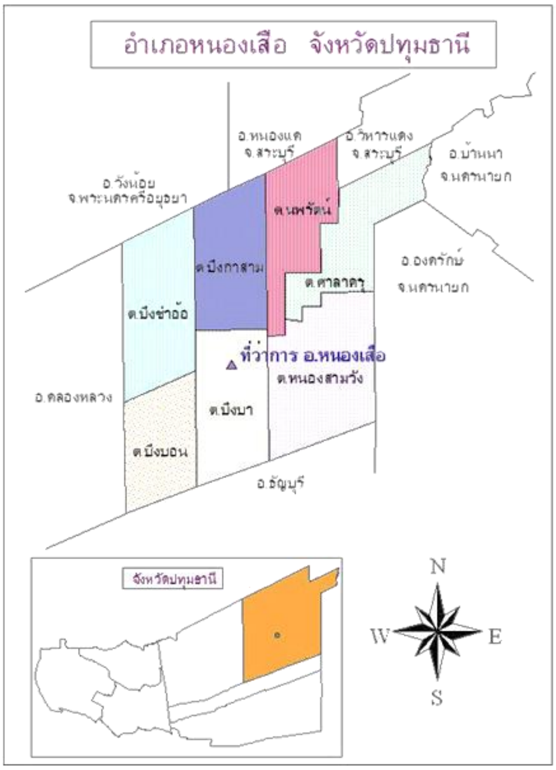


Fig. 1 Map of Subdistrict area in Nong Sue District, Pathum Thanee Province

Source: District contact center (n.d.)

2. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มีจำนวน 4 ตอน คือ 1) ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และข้อมูลบริบทชุมชน 2) ลักษณะการทำนาข้าว 3) การใช้สารเคมีในการทำนาข้าว และ 4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีในการทำนาข้าว ในพื้นทีอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย ด้วยการตรวจสอบความเป็นปรนัยและความตรงของแบบสอบถาม ด้วยการหาค่า IOC (Index of Item-objective Congruence) ปรากฏว่า ข้อคำถามที่ได้ค่ามากกว่า 0.50 ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนข้อคำถามที่ได้ค่าน้อยกว่า 0.50 ตัดออก นอกจากนั้นยังมีการเพิ่มเติมข้อคำถามของผู้เชี่ยวชาญเข้าไปในแบบสอบถามด้วย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ด้วยคณะผู้วิจัยเอง และผู้ช่วยนักวิจัย ระหว่างเดือนมกราคม 2559 ได้กลุ่มตัวอย่างให้การสัมภาษณ์ทั้งสิ้น 15 ราย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ได้ผลการวิจัยที่สามารถตอบวัตถุประสงค์การวิจัยตามประเด็นสำคัญดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพและบริบทชุมชนของอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

อำเภอหนองเสือเป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี มีการแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 7 ตำบล (Fig. 1) มีหมู่บ้านทั้งหมดรวม 70 หมู่บ้าน การคมนาคมระหว่างจังหวัดปทุมธานีกับอำเภอหนองเสือ มี 2 เส้นทาง คือ 1) เดินทางผ่านอำเภอธัญบุรี ตามเส้นทางเลียบคลองสิบ (ธัญบุรี-หนองแค) ไปเชื่อมเส้นทางองครักษ์-รังสิตปทุมธานี และ 2) เส้นทางหนองเสือ-คลองหลวง-ปทุมธานี ซึ่งทั้งสองเส้นทางเป็นทางลาดยางตลอดสาย ส่วนเส้นทางเชื่อมระหว่างตำบลและหมู่บ้านภายในอำเภอหนองเสือ สามารถเดินทางตามสายทางหลักซึ่งเป็นถนนลาดยาง ได้แก่ ถนนคลองเจ็ด ถนนคลองเก้า ถนนคลองสิบ ถนนคลองสิบสอง ถนนเชื่อมคลองสิบ-คลองสิบเอ็ด-คลองสิบสอง ส่วนในเส้นทางอื่นยังเป็นถนนลูกรังแต่สามารถใช้เดินทางได้ทุกฤดูกาล (Fig. 2)

ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอหนองเสือ สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบเหมาะสมแก่การทำนา ทำสวน และทำไร่ มีคลองส่งน้ำและระบายน้ำเชื่อมติดต่อระหว่างคลองรังสิตประยูรศักดิ์ กับคลองระพีพัฒน์ รวม 8 คลอง เริ่มตั้งแต่คลองระบายน้ำที่ 7 ถึงคลองระบายน้ำที่ 14 โดยมีระยะห่างระหว่างคลองยาว 2.4 กิโลเมตร ไม่มีภูเขาหรือเนินสูงๆ และไม่มีแม่น้ำไหลผ่าน เป็นพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรมากที่สุดในจังหวัดปทุมธานี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนาข้าว รองลงมา ได้แก่ ไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่

สำหรับน้ำประปาสำหรับอุปโภคบริโภคอยู่ในความรับผิดชอบของการประปาภูมิภาค 1 แห่ง ในเขตเทศบาลตำบลหนองเสือ ส่วนในส่วนหมู่บ้านจัดสรรเป็นน้ำประปาที่องค์การบริหารตำบลและหมู่บ้านจัดสรรรับผิดชอบ มีจำนวนรวม 53 แห่ง นอกจากนั้นยังใช้น้ำอุปโภคบริโภคจากคลองเจ็ด คลองแปด คลองเก้า คลองสิบ คลองสิบเอ็ด คลองสิบสอง คลองสิบสาม และคลองสิบสี่ รวมทั้งคลองซอยต่างๆ ที่เชื่อมระหว่างคลองดังกล่าว และยังมีแหล่งอื่นๆ อีก ได้แก่ บ่อน้ำบาดาลรวม 72 บ่อ บ่อน้ำตื้น 49 บ่อ ในส่วนของไฟฟ้าก็มีระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกระจายครอบคลุมครบถ้วนทุกหมู่บ้าน

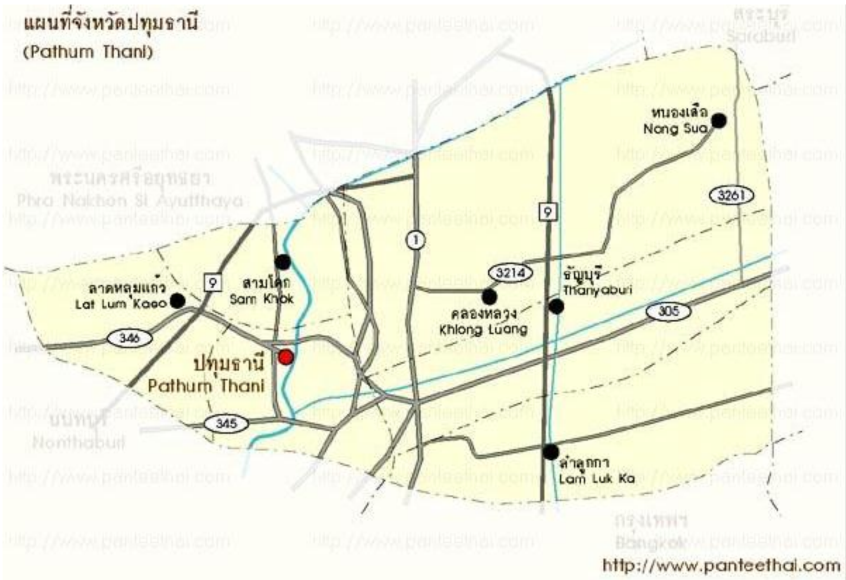


Fig. 2 Map of Pathum Thanee Province and roads network

Source: Pantee Thai (n.d.)

2. ลักษณะการทำนาข้าวในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

พื้นที่อำเภอหนองเสือเป็นที่ราบลุ่ม ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวจัด ระบายน้ำไม่ดี การไหลบ่าของน้ำผิวดินช้า ไม่เหมาะกับการปลูกพืชไร่ และทำนาข้าวได้ผลผลิตต่ำ ซึ่งต้องมีการปรับปรุงโดยใช้ปูนขาวควบคู่กับการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อให้การเพาะปลูกได้ผลผลิตดีขึ้น ในพื้นที่อำเภอหนองเสือนี้จะเป็นการทำนาแบบนาปรัง เพราะจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตของข้าวในระยะสั้นประมาณ 90-100 วัน หรือประมาณ 3 เดือนกว่าๆ จะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้รวดเร็วและสามารถทำได้ 2-3 รอบ/ปี แต่ต้องขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในคลองชลประทานด้วย ถ้าปีไหนมีน้ำมากพอก็สามารถทำนาข้าวได้ 3-4 รอบ/ปี แต่ถ้าปีไหนมีน้ำในคลองชลประทานน้อยจะทำได้แค่ 1-2 รอบ/ปี เท่านั้น แหล่งน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกจะใช้น้ำจากคลองรังสิตประยูรศักดิ์เป็นหลัก

พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกจะเป็นพันธุ์ข้าวที่แสงไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอก ซึ่งจะเป็นพันธุ์ข้าวที่ออกตามอายุ คือ ไม่ว่าจะปลูกเมื่อใดพอครบอายุก็จะเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งเป็นลักษณะพันธุ์ข้าวที่เหมาะแก่การทำนาปรัง โดยเกษตรกรจะนิยมใช้พันธุ์ข้าว กข 47 เพราะเป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุ 104-107 วัน และ 112 วัน ก็เก็บเกี่ยวได้ มีลักษณะกอตั้งสูง 90-100 เซนติเมตร ลำต้นแข็งมาก ใบสีเขียว ทนต่อโรคพืช ประหยัดต้นทุน ผลผลิตดี เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่ที่ใช้ปลูกจะได้จากการซื้อมากกว่าเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้เอง เพราะสะดวกรวดเร็ว มีความทนทาน ให้ผลผลิตสูง ทนต่อโรคพืชต่างๆ นอกจากนั้น ยังพบว่า เกษตรกรทำนาโดยใช้วิธีการหว่าน เนื่องจากขาดแคลนแรงงาน ประกอบกับสภาพน้ำมีจำกัด จึงทำให้ยากแก่การปักดำข้าว โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวหว่านลงไปในนาที่เตรียมดินไว้แล้ว หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว เมื่อข้าวเริ่มเจริญเติบโตจะอยู่ในช่วงที่ต้องดูแล (Fig. 3) โดยการใส่ปุ๋ย เกษตรกรจะใช้เคมีมากกว่าปุ๋ยอินทรีย์เพราะสะดวก

รวดเร็ว และทำให้รวงข้าวใหญ่ ข้าวงาม เขียวทนเขียวนาน ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ ระหว่างนั้นหากมีแมลงศัตรูพืชรบกวนก็อาจมีการใช้ยาควบคุมแมลงศัตรูพืช ชนิดของยาและอัตราส่วนที่ใช้ ขึ้นอยู่กับชนิดของแมลงและปริมาณที่ระบาด

Fig. 3 Rice growing in paddy field in Nong Sue District, Pathum Thanee Province

การเก็บเกี่ยวจะเก็บเกี่ยวผลผลิตจะใช้วิธีการจ้างรถเกี่ยว เพราะสะดวกและรวดเร็ว ผลผลิตที่ได้ประมาณ 300-1,000 กิโลกรัม/ไร่ โดยเฉลี่ย 700-800 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตที่ได้จะจำหน่ายหมด มีทั้งการจำหน่ายเองให้กับโรงสี และเข้าโครงการรับจำนำข้าวเปลือกของ ธกส. แต่หลังจากไม่มีโครงการรับจำนำข้าว เกษตรกรจะขายให้กับโรงสีทั้งหมด ส่วนฟางข้าวและตอซังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว มีการทำลายทั้งโดยการเผา การปล่อยให้เน่า และมีการนำมาทำเป็นฟางก้อนอัดเพื่อจำหน่าย (Fig. 4)

Fig. 4 Paddy field after harvest in Nong Sue District, Pathum Thanee Province

3. การใช้สารเคมีในการทำนาข้าวในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

เกษตรกรส่วนมากมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำนาข้าว โดยสูตรปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้ในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ได้แก่ 21-0-0, 46-0-0, 16-20-0, 15-15-15, 13-13-21 และ 16-16-16 ปริมาณที่ใช้อยู่ที่ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกหลังคาเรือน มีการใส่ปุ๋ยทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้ง 1 บำรุงต้นข้าวครั้งที่ 2 บำรุงรวงข้าวส่วนสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะเป็นประเภทสารกำจัดแมลงเช่น หนอนกอ หนอนม้วนใบ แมลงสิง แมลงกะแท้ หนอนเจาะสมอฝ้าย เพลี้ยอ่อน และเสี้ยนดิน มีชื่อการค้า อะบาแม็กตินพรีวาธอนคลอร์ไพริฟอส ไอโซบิวทิลเอสเทอร์+โพรพานิล ขณะที่สารเคมีกำจัดวัชพืชและหญ้าที่ใช้ มีชื่อการค้า ไกลโพเซต ราวอั๊พ พาราควอท (Fig. 5) นอกจากนั้น คือ สารเคมีป้องกันโรคพืชที่ใช้ มีชื่อการค้า ฟูจิ-วัน และสารเคมีเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ใช้มีชื่อการค้า โอบาซ่า เป็นต้น ในช่วงของการทำนาจะมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 3 ครั้ง แต่ละครั้งที่พ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชใช้เวลานานถึง 4-6 ชั่วโมง/ครั้ง ซึ่งเกษตรกรจะผสมยาใช้ตามปริมาณตามฉลากผลิตภัณฑ์นั้นกำหนดไว้ การเลือกซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีการพิจารณาจากความเหมาะสมกับแมลงที่กำจัด

Fig. 5 Chemical fertilizer and pesticide application in paddy field

4. ความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีของเกษตรกร

เกษตรกรทราบว่ามีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องจะมีอันตรายต่อคนข้างบ้านอย่างไร รวมทั้งวิธีปฏิบัติตนหากคนในครอบครัวแพ้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และทราบว่าเมื่อสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ทางผิวหนังจะเกิดอาการของการแพ้ คือ การเป็นผื่นคัน ฯลฯ การใช้สารเคมีเกษตรกรจะอ่านฉลากก่อนใช้สารเคมีทุกครั้ง ไม่มีการใช้ปากเปิดขวดสารเคมี มีการแยกเก็บสารเคมีในที่เฉพาะและใส่กุญแจไว้ นอกจากนั้น มีการป้องกันตัวเองโดยใส่หน้ากากหรืออุปกรณ์ปิดจมูก สวมใส่เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว รวมทั้งไม่มีการรับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ขณะพ่นสารเคมี และมีการ

ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงเวลา เช้าและเย็น หลังจากฉีดสารเคมีแล้วจะนำภาชนะที่ใช้ฉีดพ่นล้างทำความสะอาดให้เรียบร้อย และมีการทำความสะอาดร่างกายด้วยการล้างมือและอาบน้ำถูสบู่ก่อนกลับเข้าบ้าน แต่ยังพบว่าเกษตรกรยังไม่มีการกำจัดบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หมดแล้วให้ถูกต้อง (Fig. 6)

Fig. 6 Chemical mixing tank

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้มีประเด็นที่สำคัญและน่าสนใจพอจะนำมาสรุปผลดังต่อไปนี้

1. อำเภอหนองเสือมีสาธารณูปโภคเอื้อต่อการทำการเกษตร

จากผลการศึกษาพบว่า อำเภอหนองเสือเป็นพื้นที่ที่มีน้ำสำหรับทำการเกษตรอย่างบริบูรณ์ เพราะอำเภอหนองเสือมีระบบชลประธานครอบคลุมทั่วทั้งอำเภอ และยังมีเส้นทางคมนาคมขนส่งผลผลิตทางการเกษตรที่สะดวกสบายหลากหลายเส้นทาง ประกอบกับมีสาธารณูปโภคทั้งน้ำประปาและไฟฟ้าอย่างครบครัน ดังนั้น อำเภอหนองเสือจึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตรเป็นอย่างยิ่ง ถึงแม้ว่าลักษณะดินจะไม่เอื้ออำนวยแก่การปลูกพืช เพราะเป็นดินเหนียวจัด มีการระบายน้ำไม่ดี แต่ก็สามารถปรับปรุงบำรุงดินจนสามารถทำนาข้าวได้ตลอดทั้งปีถ้ามีปริมาณน้ำมากพอ

2. สารเคมีเป็นปัจจัยสำคัญในการทำนาข้าว

จากผลการศึกษาพบว่า ในพื้นที่อำเภอหนองเสือมีการใช้สารเคมีร่วมในการทำนา ตั้งแต่เริ่มต้นปลูกจนกระทั่งถึงก่อนการเก็บเกี่ยว จำแนกประเภทได้ ดังนี้

1) สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืชและหญ้ามีชื่อการค้า ไกลโพเซต ราวอั๊พ พาราควอท เป็นต้น

2) สารเคมีป้องกันและกำจัดโรคพืชมีชื่อการค้า ฟูจิ-วัน เป็นต้น

3) สารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช เช่น หนอนกอ หนอนม้วนใบ แมลงสิง แมลงกะแท้ หนอนเจาะสมอฝ้าย เพลี้ยอ่อน และเสี้ยนดิน มีชื่อการค้า อะบาแม็กตินพรีวาธอนคลอร์ไพริฟอส ไอโซบิวทิลเอสเทอร์+โพรพานิล เป็นต้น

4) สารเคมีเพิ่มผลผลิตของข้าว มีชื่อการค้าโอบาซ่า เป็นต้น

5) ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0, 46-0-0, 16-20-0, 15-15-15, 13-13-21 และ 16-16-16

จากสารเคมีหลากหลายประเภทข้างต้นจะเห็นได้ว่าการทำนาข้าวในอำเภอหนองเสือนั้นมีสารเคมีเป็นปัจจัยหนึ่งในกระบวนการผลิต เพราะสะดวกและรวดเร็ว ทำให้รวงข้าวใหญ่ ข้าวงาม เขียวทนเขียวนาน ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ

3. ปัญหาขาดแคลนแรงงานส่งผลต่อวิธีการทำนาข้าว

จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรทำนาโดยใช้วิธีการหว่านแทนวิธีการปักดำข้าว เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เกษตรกรลดขั้นตอนและต้นทุนในการปลูกข้าว การเก็บเกี่ยวก็ใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรเพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีการจ้างรถเกี่ยวเพราะสะดวกและรวดเร็ว

4. เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีเป็นอย่างดี

จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรรู้วิธีการใช้สารเคมีประเภทต่างๆ จากการอ่านฉลากก่อนใช้ทุกครั้ง มีการแยกเก็บสารเคมีในที่เฉพาะมีการป้องกันตัวเองโดยใส่หน้ากากหรืออุปกรณ์ปิดจมูก สวมใส่เสื้อแขนยาว และกางเกงขายาวฉีดพ่นสารเคมี และไม่มีการรับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ขณะฉีดพ่นสารเคมี หลังจากฉีดสารเคมีแล้วจะนำภาชนะที่ใช้ฉีดพ่นล้างทำความสะอาดให้เรียบร้อย ตลอดจนมีการทำความสะอาดร่างกายด้วยการล้างมือและอาบน้ำถูสบู่ นอกจากนั้น เกษตรกรยังรู้วิธีการปฏิบัติตน หากคนในครอบครัวแพ้สารเคมี และรู้ถึงอาการเมื่อสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ทางผิวหนัง คือ จะเกิดอาการแพ้เป็นผื่นคัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะเกษตรกรต้องใช้สารเคมีประเภทต่างๆ ในการทำนา

ข้าวอยู่เป็นประจำ จึงทำให้เกิดการความรู้ความเข้าใจในการป้องกันตนเองจากอันตรายที่เกิดจากสารเคมี

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลของการวิจัยทำให้ได้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ร่วมทั้งการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนควรส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถใช้สารเคมีในการทำนาข้าวประเภทต่างๆ อย่างเกิดประสิทธิภาพสูงสุด สร้างผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และควรหาแนวทางลดปริมาณการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวลง แต่ยังคงปริมาณผลผลิตคงเดิม รวมทั้งควรส่งเสริมให้เกษตรกรใช้สารอินทรีย์ชีวภาพทดแทนการใช้สารเคมีในการทำนาข้าว

2. เกษตรกรควรใช้สารเคมีในการทำนาข้าวเฉพาะในกรณีที่มีความจำเป็น และควรลดการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวลง ตลอดจนควรทดลองใช้สารอินทร์ชีวภาพทดแทนสารเคมีในการทำนาข้าว

3. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการทำวิจัยเชิงเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการทำนาปีและการทำนาปรัง รวมทั้งควรมีการวิจัยทางการเกษตรหรือทางสังคมศาสตร์เพื่อหาแนวทางในการลดใช้สารเคมีในการทำนาข้าว หรือความเหมาะสมของสารอินทร์ชีวภาพในการทดแทนสารเคมีในการทำนาข้าว

References

Biothai. 2016. Chemicals in rice fields [online]. [Accessed April 11, 2016]. Available from: URL: http://www.biothai.net/node/8688. (in Thai)

District contact center. n.d. Map of Nong Suea District, Pathum Thani Province [online]. [Accessed April 27, 2017]. Available from: URL: http://www.amphoe.com/view.php?file=map1149740074&path=picture/27.

Information and Communication Service, Pathum Thani governor office. 2016. Information of Pathum Thani Province [online]. [Accessed April 11, 2016]. Available from: URL:http://www2.pathumthani.go.th/. (in Thai)

Pantee Thai. n.d. Map of Pathum Thani Province [online]. [Accessed April 27, 2017]. Available from: URL: http://www.panteethai.com/province_show.php?pv_name=%E0%B8%9B%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B8%A1%E0%B8%98%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%B5&pv_image=province/Pathumthani.jpg.

Thai rice. 2016. Rice farming process [online]. [Accessed April 11, 2016]. Available from: URL: https://thairice.wikispaces.com. (in Thai)

Trueplookpanya. 2016. Application of pesticides [online]. [Accessed April 11, 2016]. Available from: URL: http://www.trueplookpanya.com/new/cms_detail/knowledge/12584-00/. (in Thai)

บทความวิจัย

อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

กฤตภาส ยุทธอาจ[1], สำราญ พิมราช[2*] และ เหล็กไหล จันทะบุตร[3]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
[2]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยทำการทดลองที่บ้านดอนหัน ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ จากการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ มีผลทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มากที่สุด และให้เปอร์เซ็นต์แป้งมากที่สุด (75.20 % โดย นน.แห้ง) แต่ให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสด (4,016.0 กก./ไร่) ไม่แตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ ซึ่งกรรมวิธีดังกล่าวมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตมากที่สุด (4,309.4 กก./ไร่) และไม่แตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (3,776.1 กก./ไร่) และการไม่ใส่ปุ๋ย (3,018.7 กก./ไร่) ซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตต่ำสุดและให้เปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, ผลผลิต, ปุ๋ยอินทรีย์ และ ปุ๋ยเคมี

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

The Influence of High-Quality Organic Fertilizer and Chemical Fertilizer on Growth, Yield and Starch Content of Cassava cv. Kasetsart 50

Kittaphap Yutaaj[1], Sumran Pimratch[2*] and Leklai Chanthabut[3]

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

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

[3]*Program in Aquaculture Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

Abstract

This research aim to study the effect of using high quality organic fertilizer and chemical fertilizer on growth, yield and starch content of cassava cv. Kasetsart 50. The experiment was conducted under field conditions at Ban Donhun, Thasongkorn sub-district, Muang district, Maha Sarakham province during May 2014 to February 2015. The field experiment was laid out in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. The four treatments consisted of 1) no application of fertilizer (T1), chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai (1 rai = 0.16 ha) combined with fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai, 3) high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg/rai (T3) and 4) high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg/rai combined with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg/rai + fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 25 kg/rai (T4).The results found that the application of chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai + 15-7-18 at the rate of 50 kg./rai was the highest growth and starch content of cassava roots (75.20 % by dry weight). However, the yield (roots fresh weight) of this treatment was not significant different from the other treatments. Casava applied with high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg/rai combined with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg/rai and fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 25 kg/rai tended to have a higher roots fresh weight (4,309.4kg/rai) followed by cassava applied with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai + fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai (4,016.0 kg./rai) and high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg/rai (3,776.1kg/rai), respectively. Whereas, cassava was treated without fertilizer had low tuber yield (3,018.7kg/rai) and low starch content.

Keywords: Cassava, Yield, Organic fertilizer and Inorganic fertilizer

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

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* L. Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่มีปริมาณการส่งออกมากเป็นอันดับ 1 ของโลก มีมูลค่าการส่งออกรวมมากกว่า 60,000 ล้านบาท/ปี แบ่งเป็นผลผลิตสำหรับใช้ในประเทศ 27% บริโภคโดยตรง (แป้ง) อาหารสัตว์ และพลังงานเท่ากับ 20, 4 และ 3% ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics, 2010) สำหรับพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่กระจายอยู่ทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง และจากรายงานการสำรวจของ Office of Agricultural Economics (2015) พบว่า ปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังและพื้นที่เก็บเกี่ยวเป็นอันดับ 1 ของประเทศและกระจายปลูกอยู่ทั่วทุกจังหวัด เช่น นครราชสีมา หนองคาย อุดรธานี กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ และมหาสารคาม เป็นต้น ปัญหาในการผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ดินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากเป็นแหล่งของธาตุอาหาร น้ำ และอากาศให้กับพืช มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในดินทั่วไปตั้งแต่ดินเหนียวถึงดินทรายแต่จะให้ผลผลิตสูงในดินเนื้อหยาบ และดินร่วนที่มีการระบายน้ำได้ดีและควรหลีกเลี่ยงการปลูกในดินที่ชื้นแฉะ (Chotinun, 2011)

การเติมธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช (essential nutrient elements) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างผลผลิตและอาจจะเพิ่มปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง เพราะธาตุอาหารเหล่านี้มีหน้าที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์แป้ง-น้ำตาล การหายใจ และเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการดังกล่าวซึ่งผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ แป้ง และซูโครส โดยมันสำปะหลังจะเก็บสะสมไว้ที่ราก การเพิ่มธาตุอาหารดังกล่าวในระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจึงน่าจะเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Songnam *et al.* (2009) พบว่า การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังโดยการใช้เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งใส่ในอัตราค่อนข้างสูง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 6.82 ตัน/ไร่ เปรียบเทียบกับวิธีการของเกษตรกรที่ได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 2.98 ตัน/ไร่ และ Samutthong *et al.* (2011) รายงานว่าการให้น้ำอัตรา 60 มม./เดือน ร่วมกับการเพิ่มอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี 100 กก./ไร่ ทำให้มีปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 สูงสุดเท่ากับ 30.6%

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แผนการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองของเกษตรกร ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม โดยทำการทดลองระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่

1) ไม่ใส่ปุ๋ย (T1)

2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ (T2)

3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงของกรมพัฒนาที่ดิน (สูตร 3) อัตรา 400 กก./ไร่ (T3)

4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ (T4)

2. การปลูกและการดูแลรักษา

1) การเตรียมพื้นที่ เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์ไถดะเพื่อกลบวัชพืชเศษใบไม้ต่างๆ ให้ย่อยสลายลงในดิน ตากดินไว้ 7 วัน ไถแปรอีกครั้งเพื่อพรวนดินให้ดินร่วนซุย และใช้จอบหมุนตีดินเพื่อให้ดินละเอียดแล้วจึงทำการยกร่องความกว้างขนาด 1 x 1 ม. จากนั้นแบ่งแปลงทดลองออกเป็น 16 แปลงย่อย ขนาด 10 x 10 ม. ทิ้งดินไว้ประมาณ 7 วันก่อนทำการปลูกพืช

2) เตรียมท่อนพันธุ์และการปลูกมันสำปะหลัง เลือกท่อนพันธุ์อายุ 8-12 เดือน ที่สมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง และมีตาถี่ นำท่อนพันธุ์มาสับขนาดท่อนพันธุ์ยาว 20 ซม. ก่อนที่จะนำไปปลูกแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีไทอะมีโทแซม (Thiamethoxam) เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้ง ประมาณ 5-10 นาที ส่วนการปลูกเสียบท่อนพันธุ์แบบเฉียงเพื่อให้ลงหัวรอบต้นอย่างสมดุลโดยปลูกระยะ 1 × 1 ม. โดยการใช้แรงงานคนปลูก

3) ดูแลรักษา กำจัดวัชพืช 2 ครั้ง โดยวิธีการดายหญ้าตามร่อง และรอบโคนต้นของต้นพันธุ์เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 3 และ 6 เดือนหลังปลูก

4) การใส่ปุ๋ยเคมีและใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 และ 50 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือน และใส่ปุ๋ยสูตร 15-7-18 อัตรา 25 และ 50 กก./ไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 4 เดือน ส่วนในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงนั้นใส่ในขั้นตอนการเตรียมดินก่อนทำการปลูกมันสำปะหลังในอัตรา 200 และ 400 กก./ไร่ ตามกรรมวิธีที่ทดลอง

3. การเก็บข้อมูล

ข้อมูลดิน สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 ซม. นำไปผึ่งให้แห้ง (air dried) นำดินมาบดให้ละเอียดและร่อนด้วยตระแกรงขนาด 80 เมช (mesh) แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน โดยวิธีมาตรฐานทั่วไป ซึ่งมีลักษณะดังนี้ คือ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อนุภาคของ Sand, Silt และ Clay โดยวิธี Hydrometer (Drilon, 1980) ส่วนสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธี Kjeldahl Method (Amin and Flowers, 2004) 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 (Cation Exchange, CEC) โดยวิธี Peech Method (Pacharapreecha, 1994) และอินทรียวัตถุ (Organic Matter, OM.) โดยวิธี Walkley and Black (Black, 1965)

ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่

1) ความสูงของต้น โดยวัดจากโคนต้นที่เหนือจากผิวดินจนถึงปลายยอดของต้น วัดจำนวน 8 ครั้ง คือ ระยะ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วันหลังปลูก โดยสุ่มวัดความสูงจำนวน 10 ต้น/1 แปลงย่อย แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย

2) เส้นรอบวงโคนต้น โดยวัดเส้นรอบวงจากโคนต้นเหนือจากผิวดินประมาณ 5 ซม. วัดจำนวน 8 ครั้ง คือ ระยะหลังปลูก 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วัน โดยสุ่มวัดเส้นรอบวง จำนวน 10 ต้น/1 แปลงย่อย (ต้นเดียวกันกับที่วัดความสูง) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย

3) นับจำนวนใบ โดยนับจำนวนใบทั้งหมด บันทึกหน่วยเป็นใบต่อต้นวัดจำนวน 8 ครั้ง คือ ระยะ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วันหลังปลูก จำนวน 10 ต้น/1 แปลงย่อย (ต้นเดียวกันกับที่วัดความสูง) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย

4) ความกว้างของรัศมีเส้นรอบวงทรงพุ่ม วัดจำนวน 8 ครั้ง คือ ระยะ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วันหลังปลูก โดยวัดจากปลายสุดของใบจากฝั่งซ้ายไปถึงฝั่งขวาของทรงพุ่ม จำนวน 10 ต้น/1 แปลงย่อย (ต้นเดียวกันกับที่วัดความสูง) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย

ข้อมูลด้านผลผลิต เก็บตัวอย่างมันสำปะหลังเมื่ออายุเก็บเกี่ยว 10 เดือนหลังปลูก โดยการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังในพื้นที่ 8 x 8 ม. ดังนี้

1) น้ำหนักหัวสด โดยชั่งน้ำหนักหัวมันสำปะหลังทั้งหมดของแต่ละแปลงย่อยในพื้นที่ 8 × 8 ม. แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่

2) น้ำหนักต้นและใบสด ชั่งน้ำหนักต้นมันสำปะหลังสดของแต่ละแปลงย่อยในพื้นที่ 8 × 8 ม. แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่

3) น้ำหนักแห้งหัว โดยสุ่มหัวมันสด จำนวน 10 กก./1 แปลงย่อย นำมาสับเป็นชิ้นๆ แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งของหัวมันสำปะหลัง และคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง

4) น้ำหนักแห้งต้นและใบ โดยสุ่มต้นและใบสดมันสำปะหลัง จำนวน 10 กก./1 แปลงย่อย นำมาสับเป็นชิ้น ๆ

แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งของต้นและใบ และคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นและใบ

5) เปอร์เซ็นต์แป้ง โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างหัวมันสำปะหลังที่ตากแห้งในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำส่งให้บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น วัดหาเปอร์เซ็นต์แป้งด้วยวิธี EC-Method 1999/79

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป MSTAT-C (Bricker, 1989)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง พบว่า ดินที่ใช้ในการทดลองมีอนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินร่วน (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) เท่ากับ 69.6, 19.4 และ 11.0% ตามลำดับ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) และจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินมี pH เท่ากับ 6.7 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 28.12 cmol/kg ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.02 mS/cm มีอินทรียวัตถุ เท่ากับ 0.18 %ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.009 %ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 14.15, 48.51, 130.22 และ 25.39 มก./กก. ตามลำดับ

จากการวัดความสูงที่อายุ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วันหลังปลูก พบว่า ความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 120, 150, 210 และ 240 วันหลังปลูก มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) ซึ่งความสูงต้นมันสำปะหลังที่ระยะดังกล่าวอยู่ในช่วง 115.6-144.2, 141.2-174.5, 180.0-246.7 และ 179.0-237.8 ซม. ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ มีผลทำให้การเจริญเติบโตในด้านความสูงมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ ในขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีความสูงต้นน้อยที่สุด

เมื่อวัดความยาวเส้นรอบวงโคนต้นที่อายุ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วันหลังปลูก พบว่าลักษณะดังกล่าวมีความแตกต่างในทางสถิติที่ระยะ 90 และ 120 วันหลังปลูก โดยมีความยาวเส้นรอบวงโคนต้นอยู่ในช่วง 7.6-8.8 และ 9.0-11.0 ซม. ตามลำดับ (Table 2) ในกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีความยาวเส้นรอบวงโคนต้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น พบว่าการเจริญเติบโตในลักษณะดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับความกว้างของรัศมีเส้นรอบวงทรงพุ่มที่อายุ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วันหลังปลูก พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิตที่อายุ 120 และ 150 วันหลังปลูกเท่านั้น (150.2-158.6 และ 170.0-174.2 ซม. ตามลำดับ) ในกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีความกว้างของรัศมีเส้นรอบวงทรงพุ่มน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงหรือปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (Table 3)

เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ (Table 4) ในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดมากที่สุดเท่ากับ 4,309.4 กก./ไร่ รองลงมาคือใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ (4,016.0 กก./ไร่) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (3,776.1 กก./ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตมันสำปะหลังในกรรมวิธีไม่มีการใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มให้น้ำหนักหัวสดต่ำสุด (3,018.7 กก./ไร่)

สำหรับผลผลิตน้ำหนักหัวแห้ง พบว่า มีความแตกต่างในทางสถิติ (Table 4) ในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร

15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักหัวแห้งมากที่สุด เท่ากับ 1,749.8 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ (1,701.7 กก./ไร่) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (1,603.1 กก./ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตมันสำปะหลังในกรรมวิธีไม่มีการใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักหัวแห้งต่ำสุด (1,046.1 กก./ไร่) ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ที่มีการใส่ปุ๋ย

จากการชั่งน้ำหนักต้นและใบสด และน้ำหนักต้นและใบแห้ง พบว่า ทั้ง 2 ลักษณะมีความแตกต่างในทางสถิติ โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ ให้น้ำหนักต้นและใบสด และน้ำหนักต้นและใบแห้งมากที่สุด เท่ากับ 2,446.0 และ 1,043.9 กก./ไร่ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ (1,891.4 และ 573.0 กก./ไร่ ตามลำดับ) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (1,541.2 และ 451.5 กก./ไร่ ตามลำดับ) ในขณะที่การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักต้นและใบสด และน้ำหนักต้นและใบแห้งน้อยที่สุด (638.0 และ 286.9 กก./ไร่ ตามลำดับ)

Table 1 The height at 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 days after planting of Kasetsart 50 cassava cultivated in Donhun Village, Thasonhkhon Sub-District, Muang District, Maha Sarakham Province between May 2014 to February 2015.

Treatments	Plant height (cm)							
	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days	180 days	210 days	240 days
T1	23.5	44.3	68.0	115.6$^{c\ 1/}$	141.2^{b}	167.0	180.0^{c}	179.0^{b}
T2	25.5	46.3	75.6	143.4^{a}	174.5^{a}	203.2	246.7^{a}	246.7^{a}
T3	24.3	47.5	78.0	130.6^{b}	156.3^{b}	181.2	197.4^{b}	197.4^{b}
T4	24.0	44.6	75.0	144.2^{a}	171.6^{a}	200.0	237.9^{a}	237.8^{a}
F- test	**ns**	**ns**	**ns**	*****	*****	**ns**	*****	*****
C.V. (%)	**7.7**	**4.1**	**6.9**	**2.26**	**9.3**	**11.1**	**8.2**	**9.3**

Remarks : no application of fertilizer (T1), chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai combined with fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai (T2), high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg/rai (T3), high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg/rai combined with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg/rai + fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 25 kg/rai (T4)

ns = No significantly

*= Significantly different (P < 0.05).

[1/] Mean values with the different superscript in each column are significantly different (P < 0.05).

Table 2 The circumference of the base at 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 days after planting of Kasetsart 50 cassava cultivated in Donhun Village, Thasonhkhon Sub-District, Muang District, Maha Sarakham Province between May 2014 to February 2015.

Treatments	Circumference of the base (cm)							
	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days	180 days	210 days	240 days
T1	2.1	4.5	7.6$^{b1/}$	9.0^{b}	12.7	14.1	15.1	15.7
T2	2.3	4.7	8.7^{a}	11.0^{a}	13.2	14.3	15.2	15.8
T3	2.4	5.3	8.6^{a}	9.9a^{b}	12.6	13.9	14.8	15.4
T4	2.3	5.0	8.8^{a}	10.8^{a}	13.1	14.6	15.3	16.0
F- test	**ns**	**ns**	*****	*****	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
C.V. (%)	**7.3**	**6.1**	**3.2**	**3.7**	**3.1**	**3.2**	**2.5**	**2.3**

Remarks : no application of fertilizer (T1), chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai combined with fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai (T2), high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg/rai (T3), high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg/rai combined with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg/rai + fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 25 kg/rai (T4)

ns = No significantly

*= Significantly different (P < 0.05).

[1/] Mean values with the different superscript in each column are significantly different (P < 0.05).

Table 3 Width of the circumference of the bush at 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 days after planting of Kasetsart 50 cassava cultivated in Donhun Village, Thasonhkhon Sub-District, Muang District, Maha Sarakham Province between May 2014 to February 2015.

Treatments	Width of the circumference of the bush (cm)							
	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days	180 days	210 days	240 days
T1	46.0	109.3	122.1	150.2$^{b1/}$	170.0^{b}	180.7	192.0	201.4
T2	46.8	101.5	126.2	156.1^{a}	173.0^{ab}	183.4	193.0	203.0
T3	46.2	111.0	124.0	158.6^{a}	174.2^{a}	183.2	193.0	201.0
T4	47.4	108.0	127.3	153.0^{b}	174.0^{a}	184.0	193.3	203.1
F- test	**ns**	**ns**	**ns**	*****	*****	**ns**	**ns**	**ns**
C.V. (%)	**2.1**	**4.0**	**4.6**	**1.2**	**1.0**	**0.9**	**0.9**	**0.8**

Remarks : no application of fertilizer (T1), chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai combined with fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai (T2), high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg/rai (T3), high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg/rai combined with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg/rai + fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 25 kg/rai (T4)

ns = No significantly

*= Significantly different (P < 0.05).

[1/] Mean values with the different superscript in each column are significantly different (P < 0.05).

Table 4 The roots fresh weight, roots dry weight, shoot fresh weight, shoot dry weight and starch content of Kasetsart 50 cassava cultivated in Donhun Village, Thasonhkhon Sub-District, Muang District, Maha Sarakham Province between May 2014 to February 2015.

Treatments	Roots fresh weight (kg/rai)	Roots dry weight (kg/rai)	Shoot fresh weight (kg/rai)	Shoot dry weight (kg/rai)	Starch content (% dw)
T1	3,018.7	1,046.1[b1/]	638.0[c]	286.9[c]	72.79[c]
T2	4,016.0	1,701.7[a]	2,446.0[a]	1,043.9[a]	75.20[a]
T3	3,776.1	1,603.1[a]	1,541.2[b]	451.5[ab]	74.38[b]
T4	4,309.4	1,749.8[a]	1,891.4[ab]	573.0[b]	72.97[c]
F- test	**ns**	*	*	*	*
C.V. (%)	**13.4**	**13.82**	**28.0**	**26.0**	**0.5**

Remarks : no application of fertilizer (T1), chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 50 kg/rai combined with fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai (T2), high quality organic fertilizer at the rate of 400 kg/rai (T3), high quality organic fertilizer at the rate of 200 kg/rai combined with chemical fertilizer formula 15-15-15 at the rate of 25 kg/rai + fertilizer formula 15-7-18 at the rate of 25 kg/rai (T4)

ns = No significantly

*= Significantly different (P < 0.05).

[1/] Mean values with the different superscript in each column are significantly different (P < 0.05).

และเมื่อตรวจวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง พบว่า การใส่ปุ๋ยต่างชนิดกันและต่างอัตรากันมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 4) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด เท่ากับ 75.20% โดยน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ (74.38% โดยน้ำหนักแห้ง) ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ ให้เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำกว่าทั้ง 2 กรรมวิธีแรก เท่ากับ 72.79 และ 72.97 % โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากการศึกษาในครั้งนี้ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ มีผลทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกันในบางลักษณะ โดยเฉพาะความสูงแต่ในด้านผลผลิตพบว่า น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 4) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง โดยผลผลิตมีแนวโน้มมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ประมาณ 294.4 กก./ไร่ และมีแนวโน้มมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหรือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงเพียงอย่างเดียว ประมาณ 1,290.7 และ 533.3 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sinchai *et al*. (2010) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก. ไนโตรเจน/ไร่ ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 16 กก. ฟอสฟอรัส/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 16 กก.โพแทสเซียม/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 4.8 ตัน/ไร่ มีผลทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีและได้ผลผลิตสูงสุด (3,131 กก./ไร่) ซึ่งผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (2,001 กก./ไร่) นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักครบร่วมกับปุ๋ยมูลโคมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมากที่สุด โดยปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จะมากที่สุดในลำต้นและโพแทสเซียมในรากเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ

Ausungnoen *et al*. (2005) รายงานว่า การให้ปุ๋ยมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ให้ผลผลิตหัวมันสด น้ำหนักหัวสด จำนวนหัวต่อต้นมากกว่า และอัตราการแปรสภาพหัวมันสดเป็นมัน

เส้นดีกว่า การให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และการไม่ให้ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การให้ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่เนื้อผสมแกลบ ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการให้ปุ๋ยมูลสุกร ปุ๋ยกากตะกอนของมูลสุกรจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และไม่ให้ปุ๋ยมันสำปะหลังที่ได้รับปุ๋ยมูลโค และเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 เดือน ให้ผลผลิตหัวสดมากที่สุด

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่) ส่งผลให้มันสำปะหลังมีผลผลิตน้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้งและน้ำหนักแห้งทั้งหมดสูงสุด แสดงให้เห็นว่าการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยการใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีเท่านั้นมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงของต้น เส้นรอบวงโคนต้น และความกว้างของรัศมีเส้นรอบวงทรงพุ่มสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตในด้านน้ำหนักหัวสดและน้ำหนักหัวแห้ง และเปอร์เซ็นต์แป้งที่มีค่าสูง แต่การใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมดทำให้มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง การลดการใช้ปุ๋ยเคมีจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตร เนื่องจากผลการทดลองมีอัตราเจริญเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้เฉพาะปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งจะสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำหลังต่อไป แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใช้หลายปีต่อเนื่องและต้องใส่ในอัตราสูงจึงจะประสบผลสำเร็จ เพราะปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ดินร่วนซุย รากพืชแผ่ขยายออกไปหาอาหารได้สะดวก ดินอุ้มน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยปรับสมดุลทางเคมี ค่าความเป็นกรด-เป็นด่างของดินให้ดีขึ้น ทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารพืชหรือดูดใช้ปุ๋ยเคมีได้ดีขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์สามารถอยู่ในดินได้นานและค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้เรื่อยๆ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์มีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมครบถ้วน ทำให้พืชมีความสมบูรณ์ มีความแข็งแรง ต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชมากขึ้น และส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในดินดำเนินกิจกรรมได้ดี ทำให้สภาพแวดล้อมรอบๆ ต้นพืชและในดินดีขึ้น (Wongsa, 2015) และจากการศึกษาของ Songnam *et al*. (2009) พบว่า การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังโดยการใช้เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งใส่ในอัตราค่อนข้างสูงให้ผลผลิตเฉลี่ย 6.82 ตัน/ไร่ เปรียบเทียบกับวิธีการของเกษตรกรที่ได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 2.98 ตันต่อไร่

สรุปผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ มีผลทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มากที่สุด และให้เปอร์เซ็นต์แป้งมากที่สุด แต่ให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดไม่แตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 25 กก./ไร่ ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กก./ไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตต่ำสุดและให้เปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด

References

Amin, M. and Flowers, T. H. 2004. Evaluation of kjeldahl digestion method. Journal of Res (Sci). 15(2): 159-179.

Ausungnoen, P., Chattupornpong, S., Chutamanee, K., and Mala, T. 2005. Effects of different manure application on yield, percent starch of cassava roots, and nutrient composition of soybean. Conference of Kasetsart University No. 43: Plant science program. 1-4 February 2005. Kasetsart University, Kampangsan Campus, Nakhonpathom. pp. 114-123.

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.

Chotinun, N. 2011. How to grow cassava? It will yield maximum. New Research and Development Newsletter. Department of Agriculture.

Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. FAO, Rome.

Drilon, J.R. 1980. Standard methods of analysis for soil, plant water and fertilizer. Los, Banos, Laguna, Philippines.

Gomez, K.A. and Gomez, A.A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons: New York.

Office of Agricultural Economics. 2010. Basic data of agricultural economics 2010. Ministry of Agriculture and Cooperatives: Bangkok.

Office of Agricultural Economics. 2015. Agricultural production [online]. [Accessed December 14, 2016]. Available from: URL: http://www.oae.go.th.

Pacharapreecha, P. 1994. Principles and methods of soil and plant analysis. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Khonkaen University.

Samutthong, N., Somwang, T., Pleangkai, S., Vichukit, V. and Sarobol, E. 2011. Improving cassava yield through increasing chemical fertilizer rate in combination with irrigation. Academic conference No. 49, Kasetsart University. 1-4 February 2011. Kasetsart University. pp. 632-639.

Sinchai, K., Pholthani, A. and Katawethin, R. 2010. Effect of N, P and K fertilizer and cattle manure on growth, yield and nutrient uptake of cassava growth on Yasothon series soil. Research report. Department of plant science and agricultural resources, Faculty of agriculture, Khonkaen University.

Songnam, B., Sangsoda, P., Nuan-on, S., Charoensuk, K., Wongsiri, A., Praprom, S. and Srihata, J. 2009. Testing technology for increasing cassava production in the upper Northeast. National agricultural system conference No. 5: Renewable energy and food security for humanity. 2-4 July 2009. Ubonratchathani international hotel: Ubonratchathani. p. 490.

Wongsa, W. 2015. Knowledge of plant nutrients and soil improvement [online]. [Accessed March 19, 2015]. Available from: URL: http://www.chainat.go.th/sub1/ldd/Report/page-02.doc.

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 191-198

บทความวิจัย

การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

เพ็ญฑิตา เอี่ยมชม[1], เฉลิมพล จตุพร[2*], พัฒนา สุขประเสริฐ[3] และ สุวิสา พัฒนเกียรติ[4]

[1]สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองลพบุรี กรมส่งเสริมการเกษตร จ.ลพบุรี 15000

[2]สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

[3]ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

[4]สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี โดยกลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ประสบปัญหาภัยแล้งในปีการเพาะปลูก 2558/59 จำนวน 356 คน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีการปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งภาพรวมในระดับต่ำ โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการผลิต ปรับตัวในระดับต่ำ 2) ด้านเศรษฐกิจและการดำรงชีวิต ปรับตัวในระดับปานกลาง และ 3) ด้านการมีส่วนร่วมในชุมชนและสังคมเพื่อจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง ปรับตัวในระดับต่ำ นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้ง ได้แก่ อายุ การศึกษา พื้นที่ปลูกข้าว จำนวนแรงงาน การปลูกพืชหมุนเวียน การมีรายได้นอกภาคเกษตร ความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง และการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง สำหรับข้อเสนอแนะเชิงนโยบายมีดังนี้ 1) ควรส่งเสริมอาชีพให้เกษตรกรนอกเหนือจากการทำการเกษตรเพียงอย่างเดียว 2) ควรส่งเสริมการปลูกพืชหมุนเวียนและเกษตรผสมผสาน และ 3) ควรจัดเตรียมระบบสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าเพื่อรองรับกับสถานการณ์ภัยแล้ง เป็นต้น

คำสำคัญ: ภัยแล้ง, เกษตรกรผู้ปลูกข้าว, ลพบุรี และการถดถอยพหุคูณ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: Chalermpon.Jat@stou.ac.th

Adaptation of Rice Farmers to Drought Situation in Mueang District, Lop Buri Province

Phenthita Aiamchom[1], Chalermpon Jatuporn[2*], Patana Sukprasert[3] and Suwisa Pattanakiat[4]

[1]Mueang Lop Buri District Agricultural Extension Office, Department of Agricultural Extension, Lop Buri, 15000, Thailand

[2]School of Economics, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, 11120, Thailand

[3]Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

[4]Extension and Training Office, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

Abstract

The purpose of this study was to analyze factors influencing adaptation of rice farmers to the drought situation in Mueang district, Lop Buri province. The 356 rice farmers, who affected by the drought situation in crop year 2015/16 were collected to be the samples using questionnaire approach. The descriptive and inferential statistics were utilized to explain farmers' description and hypothesis testing, namely, mean, percentage, maximum, minimum, standard deviation (S.D.) and multiple regression analysis (MRA). The results of this study showed that the overall adaptation to drought situation was conducted in low level. Measuring of the adaptation consisted of three issues following 1) production adaptation (Low level), 2) economic and livelihood adaptation (Medium level) and 3) community and social participation in managing of drought situation (Low level). In addition to the results of the MRA, the factors influencing adaptation of rice farmers to drought situation were age, education, planted area, workforce, crop sequencing, non-agricultural income, knowledge for drought management and perception of drought impacts. Based on the policy implications, government and related stakeholders should: 1) promote career development not only farming but also non-farming, 2) promote crop rotation and integrated farming, 3) provide early warning system for drought preparedness and management.

Keywords: Drought, Rice farmers, Lop Buri and Multiple regression

* Corresponding author: E-mail: Chalermpon.Jat@stou.ac.th

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นอันดับสองรองจากยางพารา โดยพบว่าในปี 2558 ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวได้ถึง 9.80 ล้านตัน มีมูลค่าเท่ากับ 155,912 ล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 22.93 เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าส่งออกรวมสินค้าเกษตรทั้งหมด (Office of the Permanent Secretary, Ministry of Commerce, 2015) ประเทศผู้นำเข้าข้าวที่สำคัญของไทย ได้แก่ จีน ฟิลิปปินส์ และเบนิน มีปริมาณนำเข้าข้าวจากไทยรวม 2.58 ล้านตัน มีมูลค่าเท่ากับ 36,635 ล้านบาท ในส่วนของประเทศคู่แข่งที่สำคัญของไทย ได้แก่ อินเดียและเวียดนาม โดยอินเดียเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวอันดับหนึ่งมีปริมาณส่งออกข้าวมากกว่าไทย 0.44 ล้านตัน ถึงแม้ว่าเวียดนามเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวอันดับ 3 รองจากไทย แต่เวียดนามนั้นมีความได้เปรียบทางการแข่งขันมากกว่าเนื่องจากมีต้นทุนการผลิตข้าวต่ำกว่าทำให้เวียดนามขายข้าวได้ในราคาถูกกว่า อีกทั้งมีปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงกว่าไทยเกือบเท่าตัว นอกจากนี้เวียดนามยังมีระบบชลประทานในประเทศครอบคลุมร้อยละ 90 ในขณะที่ระบบชลประทานของไทยมีเพียงร้อยละ 22 (Mekchai, 2014) สำหรับปัญหาที่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตข้าวของไทยอยู่ในระดับต่ำคือวิธีการผลิตและพื้นที่ปลูกข้าวไม่เหมาะสม ทรัพยากรเสื่อมโทรม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช เป็นต้น

ในปี 2558 ประเทศไทยประสบปัญหาวิกฤตภัยแล้งอย่างรุนแรงในรอบหลายปีที่ผ่านมา ประกอบกับปรากฏการณ์เอลนิญโยทำให้ปริมาณฝนตกน้อยและสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงผิดปกติเป็นผลมาจากผิวน้ำทะเลทางฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนสูงขึ้นและแผ่ขยายเป็นวงกว้างออกไปเป็นเวลานาน (Thai Meteorological Department, 2016) สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณน้ำในเขื่อนขนาดใหญ่ต่างๆ ลดลง รวมถึงเขื่อนเจ้าพระยาที่มีปริมาณน้ำในเขื่อนไม่เพียงพอต่อพื้นที่ทำการเกษตร โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกข้าวในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา ดังนั้นภาครัฐจึงได้มีนโยบายลดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง และส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกพืชใช้น้ำน้อยเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ ซึ่งผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งดังกล่าวทำให้พื้นที่ปลูกข้าวในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยาลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาถึงร้อยละ 39.28

จังหวัดลพบุรีเป็น 1 ใน 22 จังหวัด ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา และเป็นจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาภัยแล้งเช่นกัน โดยพบว่าข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดและได้รับผลกระทบมากที่สุด มีพื้นที่ปลูกข้าวลดลงเหลือเพียง 562,949 ไร่ เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาที่มีพื้นที่ปลูกข้าว 848,844 ไร่ หรือลดลงร้อยละ 33.68 (Office of Agricultural Economics, 2015) โดยพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่ของจังหวัดลพบุรีอยู่ในอำเภอเมืองและอำเภอบ้านหมี่ ซึ่งเป็นพื้นที่ในเขตชลประทาน ต้องอาศัยน้ำจากเขื่อนเจ้าพระยา ทั้งนี้เมื่อเดือนกรกฎาคม 2558 เขื่อนเจ้าพระยาได้งดการปล่อยน้ำเนื่องจากปริมาณน้ำในเขื่อนไม่เพียงพอต่อการชลประทาน อีกทั้งไม่มีฝนตกลงมาในช่วงเวลาดังกล่าว จึงทำให้พื้นที่ปลูกข้าวในอำเภอเมืองและอำเภอบ้านหมี่บางส่วนได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง โดยพื้นที่ปลูกข้าวได้รับความเสียหายอย่างสิ้นเชิง ต้นข้าวในระยะต้นกล้าจนถึงระยะออกรวงเกิดอาการแห้งเหี่ยวและตายลงเนื่องจากการขาดน้ำ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อเกษตรกรซึ่งส่วนใหญ่มีรายได้จากการปลูกข้าวเป็นหลัก ภาครัฐจึงได้ประกาศให้จังหวัดลพบุรีเป็นเขตให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติเป็นกรณีฉุกเฉินเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง

จากตัวอย่างสถานการณ์ภัยแล้งในอดีตที่ผ่านมาพบว่า เมื่อเกษตรกรได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง เกษตรกรจะสามารถปรับตัวเพื่อรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งได้ เช่น เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในตำบลออนใต้ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ปรับตัวด้วยการพัฒนาแหล่งน้ำระบบการส่งจ่ายน้ำ การประหยัดน้ำ การปรับเปลี่ยนวิธีการผลิต การปรับปรุงบำรุงดิน การอนุรักษ์ป่าไม้และสภาพแวดล้อม (Sitthisuntikul *et al.*, 2015) รวมถึงเกษตรกรผู้ปลูกลำไยในตำบลแม่สอย อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ปรับตัวด้วยการลดความเสียหายในขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่เริ่มเตรียมความพร้อมของต้นลำไย รวมถึงการปลูกพืชชนิดอื่น การรับจ้าง และการกักเก็บน้ำไว้ใช้ เป็นต้น (Tongtip, 2012)

ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีการปรับตัวเพื่อรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้ง โดยหันมาปลูกพืชใช้น้ำน้อยหรือปลูกพืชหมุนเวียนทดแทนการ

ปลูกข้าวกันมากขึ้น และบางรายได้มีการประกอบอาชีพเสริมนอกเหนือจากการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวรายอื่นๆ ได้รู้ถึงวิธีการรับมือและเตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อสถานการณ์ภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งในปีการเพาะปลูก 2558/59 จำนวน 3,112 ราย ในเขตพื้นที่ 16 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยคำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ได้จำนวนตัวอย่าง 356 ราย และกำหนดจำนวนตัวอย่างตามสัดส่วนใน 16 ตำบลของอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ตามลำดับ

สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยวิธีของ Yamane (1973)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{3,112}{1 + (3,112)(0.05)^2}$$

โดยกำหนดให้ n คือ จำนวนตัวอย่าง

N คือ จำนวนประชากร

e คือ ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5

2. เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดและคำถามปลายปิดเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคม และปัจจัยด้านการรับรู้ต่อสถานการณ์ภัยแล้ง ตามลำดับ ทั้งนี้แบบสอบถามดังกล่าวได้ทำการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient: α) ของครอนบาค (Cronbach) จากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวซึ่งไม่ใช่กลุ่มประชากร จำนวน 30 ราย ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.925 (Tirakanant, 2014)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

แหล่งข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามกับเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง สมบูรณ์ และครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้จากเอกสารทางวิชาการ หนังสือ ตำรา บทความทางวิชาการ งานวิจัย ข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต รวมถึงเอกสารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการอ้างอิง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) โดยวิธีการปรับลดตัวแปร (Backward elimination) (Kaiyawan, 2014) รูปแบบสมการถดถอยพหุคูณสามารถแสดงได้ ดังนี้

$$Y = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_{17} X_{17} + \varepsilon$$

โดยกำหนดให้

Y หมายถึง การปรับตัวของเกษตรกร

α_0 หมายถึง ค่าคงที่

β หมายถึง สัมประสิทธิ์ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์

ε หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

X หมายถึง ตัวแปรอิสระ ได้แก่ เพศ (X_1) อายุ (X_2) การศึกษา (X_3) ประสบการณ์ปลูกข้าว (X_4) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (X_5) รายได้ (X_6) พื้นที่ปลูกข้าว (X_7) ปริมาณผลผลิต (X_8) จำนวนแรงงาน (X_9) ต้นทุนการผลิต (X_{10}) หนี้สิน (X_{11}) การปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าว (X_{12}) การมีรายได้นอกภาคเกษตร (X_{13}) การเป็นสมาชิกกลุ่มหรือองค์กรต่างๆ (X_{14}) การได้รับการฝึกอบรม (X_{15}) ความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง (X_{16}) และการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง (X_{17}) (Table 1)

Table1 Descriptive statistics

Variable	Mean	Maximum	Minimum	S.D.
X_2	52.94	82.00	26.00	10.90
X_3	7.46	16.00	0.00	3.97
X_4	25.36	69.00	2.00	15.71
X_5	3.92	11.00	1.00	1.63
X_6	157050.00	1500000.00	12000.00	137990.60
X_7	38.21	290.00	4.00	30.70
X_8	708.02	1000.00	350.00	115.19
X_9	3.70	11.00	1.00	2.17
X_{10}	4191.52	6600.00	2000.00	849.44
X_{11}	208939.60	2000000.00	0.00	279333.60
X_{16}	14.51	20.00	8.00	2.08
X_{17}	3.65	5.00	0.36	0.67

Note = X_1 X_{12} X_{13} $X_{14}$and$X_{15}$are dummy variables.

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี สามารถอธิบายได้ ดังนี้

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เป็นเพศชาย จำนวน 198 คน (ร้อยละ 55.62) และเป็นเพศหญิง จำนวน 158 คน (ร้อยละ 44.38) เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 52.94 ปี จำนวนปีที่ได้รับการศึกษาเฉลี่ย 7.46 ปี ประสบการณ์ปลูกข้าวเฉลี่ย 25.36 ปี และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.92 คน

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยจากการปลูกข้าว 157,050.00 บาท พื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 38.21 ไร่ต่อครัวเรือน ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 708.02 กิโลกรัมต่อไร่ การจ้างแรงงานเฉลี่ย 3.70 คนต่อครัวเรือน ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 4,191.52 บาทต่อไร่ และหนี้ครัวเรือนเฉลี่ย 208,939.60 บาทต่อครัวเรือน นอกจากนี้เกษตรกรจำนวน 56 คน (ร้อยละ 15.73) มีรายได้จากการปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าว และเกษตรกร จำนวน 64 คน (ร้อยละ 17.98) มีรายได้นอกภาคเกษตร

ปัจจัยด้านสังคม พบว่า เกษตรกร จำนวน 239 คน (ร้อยละ 67.13) เป็นสมาชิกกลุ่มหรือองค์กรต่างๆ ได้แก่ กลุ่มลูกค้าธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) ร้อยละ 83.26 กลุ่มสหกรณ์การเกษตรร้อยละ 8.37 กลุ่มเกษตรกรศูนย์ข้าวชุมชนร้อยละ 5.44 และกลุ่มอื่นๆ ร้อยละ 2.93 นอกจากนี้ เกษตรกร จำนวน 136 คน (ร้อยละ 38.20) เคยได้รับการฝึกอบรมด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง

ปัจจัยด้านการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง พบว่า เกษตรกรมีความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้งเฉลี่ย 14.51 คะแนน จากคำถาม 20 ข้อ และเกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในระดับมาก ($\overline{X}$= 3.65)

การวิเคราะห์การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งใน Table 2 พบว่า เกษตรกรปรับตัวด้านการผลิตในระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.24) ปรับตัวด้านเศรษฐกิจและการดำรงชีวิตในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.58) และปรับตัวด้านการมีส่วนร่วมในชุมชนและสังคมเพื่อการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้งในระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.40) โดยภาพรวมเกษตรกรปรับตัวเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน ในระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.41) (Table 2)

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรต่อสถานการณ์ภัยแล้งใช้วิธีการถดถอยพหุคูณ ทั้งนี้ ได้คำนึงถึงปัญหาของแบบจำลองการถดถอยซึ่งอาจจะเกิดขึ้น ได้แก่ ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation: r) ต้องไม่เกิน 0.8 (Stevens, 1992) และปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่ (Heteroskedasticity) พิจารณาจากการทดสอบ White heteroskedasticity โดยมีสมมติฐาน (H_0) คือ แบบจำลองไม่มีปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่ (Homoskedasticity) (Gujarati and Porter, 2009)

ในการตรวจสอบปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระต้องพิจารณาก่อนทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยหากตัวแปรอิสระคู่ใดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เกินกว่า 0.8 จะต้องตัดตัวแปรคู่นั้นออกตัวหนึ่ง อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระพบว่า ไม่มีคู่ความสัมพันธ์ใดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เกินกว่า 0.80 ดังนั้นตัวแปร X_1-X_{17} สามารถใช้เป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลองการถดถอยพหุคูณได้ทั้งหมด ในขณะที่การทดสอบสถิติ White heteroskedasticity กับแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่พบปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่เช่นกัน

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณใน Table 3 พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีจำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ อายุ การศึกษา จำนวนแรงงาน พื้นที่ปลูกข้าว การปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าว การมีรายได้นอกภาคการเกษตร ความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง และการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง โดยตัวแปรทั้งหมดสามารถอธิบายแบบจำลองการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งได้ร้อยละ 38.15

ปัจจัยที่มีผลกระทบเชิงบวก ได้แก่ การศึกษา พื้นที่ปลูกข้าว การปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าว การมีรายได้นอกภาคการเกษตร ความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง และการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง อธิบายได้ว่าปัจจัยดังกล่าวสามารถเพิ่มโอกาสในการปรับตัวของเกษตรกร กล่าวคือ เกษตรกรที่มีรายได้นอกภาคเกษตรและปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าวจะทำให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งมากกว่าเกษตรกรที่ทำการเกษตรหรือปลูกข้าวเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 0.27 และ 0.26 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 3) เนื่องจากการที่เกษตรกรมีรายได้เสริมจากอาชีพนอกภาคเกษตรสามารถสร้างความมั่นคงในรายได้ให้กับเกษตรกร และการปลูกพืชหลายชนิดในลักษณะเกษตรผสมผสานสามารถลดความเสี่ยงในการประกอบอาชีพการเกษตร สำหรับปัจจัยด้านการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งของเกษตรกรพบว่า หากเกษตรกรมีการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งเพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะส่งผลให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งเพิ่มขึ้น 0.21 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรที่รับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งมีลักษณะเป็นคนช่างสังเกตต่อสิ่งรอบข้าง รับฟังข้อมูลข่าวสารจากสื่อต่างๆ สม่ำเสมอ ไม่ว่าจะเป็นโทรทัศน์ วิทยุ หนังสือพิมพ์ รวมถึงประกาศเตือนภัยต่างๆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรเพื่อใช้ในวางแผนรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งที่จะเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกษตรกรเคยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งมาก่อนแล้วจะสามารถหาวิธีรับมือและปรับตัวได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sitthisuntikul *et al.* (2015) พบว่า หากเกษตรกรได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งจะปรับตัวโดยการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบการจ่ายน้ำ รวมถึงลดปริมาณการใช้น้ำ ปรับเปลี่ยนเทคนิคและวิธีการผลิต ปรับปรุงอนุรักษ์ดิน ป่าไม้ และสภาพแวดล้อม

ในส่วนของความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้งพบว่า หากเกษตรกรมีคะแนนความรู้เพิ่มขึ้น1 คะแนน จะส่งผลให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งเพิ่มขึ้น 0.11 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรที่มีความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้งจะมีระบบคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งได้จากการเรียนรู้หรือการสังเกตจากประสบการณ์ส่วนตัว เช่น การเลื่อนฤดูเพาะปลูก การใช้พันธุ์ข้าวทนแล้ง พันธุ์ข้าวต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืช การปรับเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการเพาะปลูก การเตรียมดิน เป็นต้น สำหรับระดับการศึกษา พบว่า เมื่อเกษตรกรได้รับการศึกษาเพิ่มขึ้น 1 ปี จะส่งผลให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งเพิ่มขึ้น 0.05 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และหากเกษตรกรมีพื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้น 1 ไร่ จะส่งผลให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งเพิ่มขึ้น 0.002 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบเชิงลบ ได้แก่ อายุและการจ้างแรงงานในการปลูกข้าว กล่าวคือ เมื่อเกษตรกรมีอายุเพิ่มขึ้น 1 ปี จะส่งผลให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งลดลง 0.01 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรอายุมากขึ้นจะมีความเคยชินกับวิธีการปลูกข้าวในรูปแบบเดิม ไม่สนใจการปลูกข้าวด้วยวิธีการอื่นนอกเหนือจากที่เคยปฏิบัติ อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการปรับตัวเพื่อรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งและเกษตรกรบางรายอาจมีปัญหาเรื่องสุขภาพ รวมถึงทัศนคติที่ยึดติดการดำเนินชีวิตแบบเดิม ไม่ต้องการปรับตัว ในส่วนของการจ้างแรงงาน พบว่า หากเกษตรกรมีการจ้างแรงงานเพิ่มขึ้น 1 คน จะส่งผลให้เกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งลดลง 0.11 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรที่มีการจ้างแรงงานในการปลูกข้าว มักไม่จำเป็นต้องลงมือทำเอง จึงไม่อยากปรับตัวมากนัก

ปัญหาและอุปสรรค ได้แก่ เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้ง ขาดเงินทุน

และแหล่งเงินทุน ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น สภาพพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่น ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ขาดความร่วมมือร่วมใจของคนในชุมชนเพื่อต่อสู้กับสถานการณ์ภัยแล้ง แหล่งน้ำไม่เพียงพอเนื่องจากเกษตรกรยังคงอาศัยน้ำในเขื่อนและคลองชลประทานเป็นส่วนใหญ่

Table 2 Adaptation to drought situation

Farmer adaptation	Mean	S.D.	Level
Production adaptation	2.24	1.26	Low
Economic and livelihood adaptation	2.58	1.16	Medium
Community and social participation in managing of drought situation	2.40	1.18	Low
Total average	**2.41**	**1.20**	**Low**

Table 3 Multiple regression analysis

Variable	Coefficient	S.E.	t-statistics	Prob.
α_0	0.69	0.54	1.28	0.20
X_2	-0.01	0.01	-2.91	0.00
X_3	0.05	0.01	3.22	0.00
X_7	0.00	0.00	1.80	0.07
X_9	-0.11	0.02	-4.84	0.00
X_{12}	0.26	0.13	1.96	0.05
X_{13}	0.27	0.12	2.35	0.02
X_{16}	0.11	0.02	4.63	0.00
X_{17}	0.21	0.07	2.97	0.00

R^2 = 0.38 D.W. = 2.03 F-statistics = 23.65

สรุปผลการวิจัย

ข้อสรุปในการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี พบว่าเกษตรกรมีวิธีปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในหลายรูปแบบแตกต่างกัน โดยภาพรวมพบว่าเกษตรกรปรับตัวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในระดับน้อย สามารถแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ 1) การปรับตัวด้านเศรษฐกิจและการดำรงชีวิต เกษตรกรปรับตัวในระดับปานกลาง เช่น การลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน การใช้จ่ายอย่างประหยัด ปรับแนวทางและวิถีการดำเนินชีวิต ลดการกู้ยืมเงิน หาอาชีพเสริมเพื่อเป็นแหล่งรายได้ และการปลูกพืชไว้บริโภคกินเองในครัวเรือน เป็นต้น 2) การปรับตัวด้านการผลิต เกษตรกรปรับตัวในระดับน้อย เช่น การเลื่อนฤดูปลูกข้าว การสังเกตปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณน้ำในเขื่อน การคาดการณ์สถานการณ์น้ำล่วงหน้าซึ่งถือเป็นการปรับตัวเฉพาะหน้า การเตรียมดินด้วยวิธีการไถตากดินเพื่อรอช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเพาะปลูก การปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกข้าวจากนาหว่านน้ำตมเป็นการหว่านแห้งเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ และการเปลี่ยนชนิดพันธุ์ข้าวเพื่อเก็บเกี่ยวให้ทันกับฤดูน้ำหลากในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน เป็นต้น และ 3) การปรับตัวด้านการมีส่วนร่วมในชุมชนและสังคมเพื่อจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง เกษตรกรปรับตัวในระดับน้อย เช่น การหาแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงฤดูแล้ง การสร้างความร่วมมือของคนในชุมชนเพื่อสู้กับสถานการณ์ภัยแล้ง เป็นต้น

ข้อสรุปในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสถานการณ์ภัยแล้งในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกร ได้แก่ อายุ การศึกษา จำนวนแรงงาน พื้นที่ปลูกข้าว การปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าว การมีรายได้นอกภาคเกษตร ความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้ง และการรับรู้ถึงผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง

ข้อเสนอแนะ

จากข้อสรุปในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกรสามารถให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายดังนี้

1. ควรให้ความรู้และการฝึกอบรมอาชีพเสริม ควบคู่กับการทำการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มเติม เป็นการลดความเสี่ยงจากการปลูกข้าวหรือประกอบอาชีพด้านการเกษตรเพียงอย่างเดียว

2. ควรส่งเสริมการเกษตรในลักษณะเกษตรแบบผสมผสานและการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อลดความเสี่ยงอันเนื่องมาจากสถานการณ์ภัยแล้ง และเป็นแหล่งรายได้เสริมของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

3. ควรจัดเตรียมระบบสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าและช่องทางเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร รวมถึงจัดเตรียมแนววิธีปฏิบัติเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ภัยพิบัติต่างๆ อาทิ สถานการณ์ภัยแล้ง น้ำท่วม โรคและแมลงศัตรูพืชระบาด เป็นต้น

4. ควรให้ความรู้ด้านการจัดการกับสถานการณ์ภัยแล้งเพื่อให้เกษตรกรได้ทราบและตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น พร้อมทั้งมีแนวปฏิบัติและมาตรการรองรับเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรอย่างเป็นรูปธรรม

5. ควรสนับสนุนการสร้างเครือข่ายของเกษตรกรรุ่นใหม่ พร้อมทั้งจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถึงแนวทางการรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งระหว่างพื้นที่หรือระหว่างชุมชน

References

Gujarati, D.N. and Porter, D.C. 2009. Basic econometrics. 5th edition. McGraw Hill: New York. 946 pp.

Kaiyawan, Y. 2014. Multivariate statistical analysis for research. 2nd edition. Chulalongkorn University Press: Bangkok. 599 pp. (in Thai)

Mekchai, K. 2014. Thai rice vs Vietnam rice [online]. [Accessed November 14, 2016]. Available from: URL: http://oopm.rid.go.th/subordinate/opm9/pdf/km/2557_1/file_2557_7.pdf. (in Thai)

Office of Agricultural Economics. 2015. Agricultural statistics of Thailand 2015. Office of Agricultural Economics: Bangkok. 217 pp. (in Thai)

Office of the Permanent Secretary, Ministry of Commerce. 2015. Export of Thailand [online]. [Accessed November 17, 2016]. Available from: URL: http://www.ops3.moc.go.th/infor/Export/recode_export_rank/report.asp. (in Thai)

Sitthisuntikul, K., Jolanun, B. and Yossuk, P. 2015. Alternatives for adapting rice farming to drought of On Tai farmers, San-Khampaeng district, Chiangmai province. The 53rd Kasetsart University Annual Conference. February 3-6, 2015. Kasetsart University. Bangkok. pp. 1241-1248. (in Thai)

Stevens, J. 1992. Applied multivariate statistics for the social science. 2nd edition. Lawrence Erlbaum Associate, Inc.: New Jersey. 699 pp.

Thai Meteorological Department. 2016. ElNiño and LaNiña [online]. [Accessed November 14, 2016]. Available from: URL: http://www.tmd.go.th /info/info.php?FileID=50. (in Thai)

Tirakanant, S. 2014. Social sciences research methodology: Practical approach. 12th edition. Chulalongkorn University Printing House: Bangkok. 302 pp. (in Thai)

Tongtip, K. 2012. Impact of drought on logan farmers' and their adaptation in Mae Soi sub-district, Chom Thong district, Chiang Mai province. M.Sc. Thesis in Agricultural Extension, Chiang Mai University. (in Thai)

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. 3rd edition. Harper and Row: New York. 1130 pp.

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 199-207

บทความวิจัย

การปรับปรุงประสิทธิภาพการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร เพื่อลดปัญหาสารพิษตกค้างในสินค้าเกษตร

ไชยนันต์ แท่งทอง[1,2], แพรวพรรณ คงนิล[3], อิงอร ปัญญากิจ[4], ประทีป อารยะกิตติพงศ์[4], กุลพิพิทย์ จันทร์บวย[4], สุธาวัลย์ สิทธิวิชชาพร[4], สมฤดี ฤดีเจริญสกุล[4] และ สรา อาภรณ์[1,2*]

[1]ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[2]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและพิษวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[3]แผนกวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีกาญจนบุรี อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี 71000
[4]สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของภาครัฐในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อให้เกิดการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและช่วยลดปัญหาการตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรเก็บข้อมูลโดยการรวบรวมเอกสารข้อมูลและการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เจ้าหน้าที่กรมวิชาการเกษตร สารวัตรเกษตร ร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรใน 9 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี ศรีสะเกษ เชียงใหม่ จันทบุรี กระบี่ และน่าน รวมทั้งสิ้น 49 ร้าน ตัวแทนสมาคมผู้ผลิตหรือจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร เกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเกษตร องค์กรอิสระ และเจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รวมไปถึงการประเมินหลักสูตรอบรม “ผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตร” ผลการศึกษาสรุปเป็นแนวทางมาตรการในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อลดการตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ได้แก่ ร้านจำหน่ายควรมีบุคลากรเฉพาะด้านที่มีความรู้ความสามารถในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรประจำร้านควรระบุวุฒิการศึกษาภาคบังคับเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับบุคลากรจากร้านจำหน่ายที่จะเข้ารับการอบรมผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางเกษตร และร้านจำหน่ายควรมีระบบรายงานผลการจำหน่ายและการได้มาซึ่งวัตถุอันตรายทางการเกษตร นอกจากนี้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการกำกับดูแลวัตถุอันตรายทางการเกษตรหน่วยงานภาครัฐควรมีมาตรการอื่นเพิ่มเติม เช่น ส่งเสริมการทำงานร่วมกันของหน่วยงานภาครัฐที่กำกับดูแลกับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สนับสนุนการทำงานของสารวัตรเกษตร ส่งเสริมให้มีแหล่งจำหน่ายอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลจากการสัมผัสวัตถุอันตรายทางการเกษตร และสนับสนุนให้บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่ายวัตถุอันตรายทางเกษตรดำเนินการฝึกอบรมการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยให้กับเกษตรกรโดยตรง

คำสำคัญ: ร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางเกษตร, การปนเปื้อนของสารเคมีเกษตร และการจัดการสารเคมี

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail sara.arphorn@gmail.com

Efficiency Improvement for the Supervision of Agrochemical Shop to Reduce Pesticide Residue Problem in Agricultural Commodities

Chaiyanun Tangtong[1,2], Praewpan Khongnil[3], Ingorn Panyakit[4], Prateep Arayakittipong[4], Kulpipith Chanbuey[4], Sutawan Sittiwitchaporn[4], Somrudee Rudeecharoensakun[4] and Sara Arphorn[1,2*]

[1]*Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand*

[2]*Center of Excellence on Environmental and Toxicology, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand*

[3]*Department of Plant Science, Kanchanaburi College of Agriculture and Technology, Kanchanaburi, 71000, Thailand*

[4]*National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 10900, Thailand*

Abstract

The objective of this study aim to improve the efficiency for the supervisions of the agrochemical (pesticides) shops and reduce a pesticide residue problem in agricultural commodities. The analyzed data was collected from existing documents and stakeholder interview. The target population of stakeholder were selected by using selective sampling including, Government officers from the Office of Agricultural Regulatory and a few agency under the Department of Agriculture, 49 sellers in agrochemical shops from 9 provinces (as a representatives of Thailand namely, Ayudhaya, Suphanburi, Kanchanaburi, Ratchaburi, Srisaket, Chiang Mai, Chanthaburi, Krabi and Nan), agrochemical producers, farmers, NGOs as well as the officers from the local governments at foresaid provinces. Also, the training program for agrochemical vendors was evaluated. The results of the study were concluded as guidelines for the supervisions of the agrochemical shops that the agrochemical shop should have a qualified person, who must be able to work at the shop regularly, giving the suggestion on chemical utilization and have education background related to plant protection or production, the compulsory education level should be defined as a minimum requirement of persons from agrochemical shops who will participate in training program for agrochemical vendors and the agrochemical shops should have a report of selling or buying agrochemicals to provide to government officers. For more efficiency improvement, the government agencies should have more alternative measures such as enhancing collaboration between the authorized government offices and local administrative offices, empowering for agricultural inspectors, supporting agrochemical shops to be agents for personal protective equipment and promoting to use it properly and finally agrochemical producers should be responsible for safe chemical use training to the farmers directly.

Key words: Agrochemical shop, Agrochemical residual and Chemical management

[*] Corresponding author: E-mail sara.arphorn@gmail.com

บทนำ

ประเทศไทยมีร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วประเทศ จากการลงพื้นที่ตรวจโดยกลุ่มงานสารวัตรเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์พบว่า ร้านจำหน่ายปัจจัยผลิตทางการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ย วัตถุอันตรายทางการเกษตร และเมล็ดพันธุ์พืช ทั่วประเทศมีจำนวนกว่า 40,000 ร้าน (Prachachat, 2016) โดยร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรเหล่านี้เป็นตัวแปรหนึ่งของระบบการจัดการและควบคุมวัตถุอันตรายทางการเกษตรซึ่งเป็นคนกลางเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตกับผู้ใช้วัตถุอันตราย จากรายงานจากการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของกลุ่มเกษตรกรของเยาวเรศ ส่วนบุญ และสรา อาภรณ์ ชี้ให้เห็นว่าร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรมีความสำคัญต่อการใช้สารเคมีของเกษตรกร โดยร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางเกษตรเป็นแหล่งข้อมูลหลักเกี่ยวกับการใช้ยากำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร เช่น ประสิทธิภาพและวิธีการใช้ยากำจัดศัตรูพืชนั้นๆ คิดเป็นสัดส่วนถึง 56.8% (Suanboon and Arphorn, 2014) และจากการศึกษา Sangpakdee *et al.* (2014) เรื่องพฤติกรรมการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชของชาวนาอำเภอองค์รักษ์ จังหวัดนครนายก พบว่าเกษตรกรมีการตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีด้วยเหตุผลหลัก 4 ประการ คือ 1) ใช้ตามที่เคยใช้เมื่อพบแมลงชนิดเดิม 2) ใช้ตามเพื่อนเกษตรกรที่ปลูกข้าวเหมือนกัน 3) ใช้ตามคำแนะนำของร้านหรือตัวแทนบริษัทที่จำหน่าย และ 4) ใช้เพราะผู้แทนจำหน่ายนำมาให้ทดลองใช้ฟรี (Sangpakdee *et al.*, 2014) จะเห็นได้ว่าร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรอาจมีอิทธิพลทางความคิดเกี่ยวกับการเลือกและวิธีการใช้สารเคมีของเกษตรกร นอกจากนี้ร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรยังเป็นกลไกที่ภาครัฐได้ออกแบบให้ร้านจำหน่ายให้ข้อมูลต่อเกษตรกรซึ่งองค์ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุอันตรายทางการเกษตรดังกล่าวจะได้รับมาจากการอบรมในหลักสูตรผู้ขายวัตถุอันตรายทางการเกษตร หลักสูตรการอบรมนี้เป็นความรับผิดชอบของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ภายใต้การดำเนินการของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1-8 ซึ่งตั้งอยู่ในเขตจังหวัดต่างๆ ของประเทศไทย

ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการควบคุมการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรของเกษตรกรและลดโอกาสการปนเปื้อนหรือการตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในสินค้าเกษตร โดยอาศัยแนวทางที่จะปรับปรุงมาตรการและการบังคับใช้กฎหมายเพื่อกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรให้เข้มงวดมากขึ้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาให้เกิดผลบังคับใช้เพื่อประโยชน์ของผู้บริโภค งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงสถานการณ์ของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปัจจุบัน กลไกการเปิดร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร มาตรการกำกับดูแลจากภาครัฐ ความเชื่อมโยงของเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเกษตรต่อร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร และความเชื่อมโยงของบริษัทผู้ผลิตสารเคมีเกษตรต่อร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อประเมินสิ่งที่ควรแก้ไขปรับปรุงพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะกับหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาของข้อมูล พรรณนาข้อมูล รายละเอียดและตีความเพื่อมุ่งหาคำอธิบาย (Podhisita, 2016) ซึ่งแบ่งเป็นการศึกษาหลัก 3 ทางคือ การสืบค้นข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ การศึกษาโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการสังเกตการณ์หลักสูตรการอบรมผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การสืบค้นข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประเภท จำนวน และการกระจายตัวของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรในภาคต่างๆ ของประเทศไทย รวมไปถึงร้านจำหน่ายที่มีคุณภาพหรือ Q shop จากเว็บไซด์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น เว็บไซด์ของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เว็บไซด์ของกรมวิชาการเกษตร

2) การสัมภาษณ์กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ผู้แทนของร้านจำหน่ายวัตถุอันตราย สารวัตรเกษตร ผู้แทนสมาคมผู้ผลิตหรือจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร ผู้แทนจากองค์กรอิสระ และเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเกษตรใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือหลักซึ่งประกอบด้วยชุดคำถามเป็นคำถามปลายเปิด และใช้แนว

ทางการสนทนาเพื่อค้นหาความสมบูรณ์ของข้อมูลหรือความอิ่มตัวของข้อมูลการสัมภาษณ์มีผู้ดำเนินการสัมภาษณ์เพียงคนเดียวเพื่อลดข้อผิดพลาดในการเก็บข้อมูลโดยออกแบบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการศึกษา สอบถามสถานการณ์ปัจจุบันและแนวทางในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายจากหลากหลายมุมมองของกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน แนวทางการสัมภาษณ์นี้ได้รับการพิจารณาและได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และแบบสัมภาษณ์ได้ถูกนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรจำนวน 2 ร้านที่จังหวัดระยองและเจ้าหน้าที่ภายใต้สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเลือกกลุ่มตัวอย่างร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อทำการสัมภาษณ์นั้นจะทำการสุ่มแบบเจาะจงเพื่อให้ครอบคลุมร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรทุกประเภท โดยมีแนวคิดให้เชื่อมโยงกับแหล่งผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว พืชผัก ผลไม้ เช่น ส้ม ทุเรียน เป็นต้น ในจังหวัดที่เป็นตัวแทนของแหล่งผลิตที่มีพื้นที่ปลูกจำนวนมากโดยที่จังหวัดตัวแทนผลผลิตและจำนวนร้านที่ดำเนินการสัมภาษณ์มีทั้งสิ้น 49 ร้าน (Table1) การเลือกจะเลือกร้านที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมืองของทุกจังหวัดที่กำหนดไว้และในอำเภอที่มีพื้นที่ผลิตจำนวนมากอย่างน้อย 2 ร้านค้า

3) การสังเกตการณ์หลักสูตรการอบรมผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตร โดยการเข้าร่วมรับฟังการฝึกอบรมในหลักสูตรผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตรทั้งสำหรับรายใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการฝึกอบรมและสำหรับรายเก่าที่ใบประกาศนียบัตรหมดอายุครบ 5 ปี หลักสูตรละ 1 ครั้ง (Office of Agricultural Research and Development Region 1, 2016)

Table 1 Number of interviewed agrochemical shops in each Province

Provinces	Districts	Number of agrochemical shops
Ayutthaya (Rice)	Muang	3
	Phachi	3
Suphanburi (Rice and Vegetable)	Muang	2
	Sriprachan	2
Kanchanaburi (Vegetable)	Muang	4
	Thongphaphum	3
Ratchaburi (Vegetable)	Muang	2
	DamnoenSaduak	2
Sisaket (Rice and Vegetable)	Muang	4
	Kantharalak	2
Chiang Mai (Orange)	Muang	3
	Fang	3
Chanthaburi (Fruits)	Muang	3
	Makham	2
Krabi (Palm and Rubber)	Muang	3
	NueaKhlong	3
Nan (Corn)	Muagn	3
	Tha Wang Pha	1
	Pua	1
Total		**49**

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 วิธีดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปผลออกมาได้ตามวัตถุประสงค์ 5 ข้อ ได้แก่ สถานการณ์ของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปัจจุบัน กลไกการเกิดร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร มาตรการกำกับดูแลจากภาครัฐความเชื่อมโยงของเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเกษตรต่อร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร และความเชื่อมโยงของบริษัทผู้ผลิตสารเคมีเกษตรต่อร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร ดังนี้

1. สถานการณ์ของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปัจจุบัน

จากการเดินสำรวจร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรพบว่า ร้านค้ามักจะจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย และยาปราบศัตรูพืช สินค้า 3 อย่างพร้อมกัน และบางร้านมีการจำหน่ายน้ำดื่มและขนมขบเคี้ยวด้วย ร้านค้าส่วนใหญ่ได้ผ่านการอบรมผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตรและได้รับใบประกาศนียบัตรของกรมวิชาการเกษตร หากแต่ข้อสังเกตพบว่าผู้ที่ทำงานประจำในร้านในบางร้านไม่ใช่บุคคลเดียวกับผู้ที่ผ่านการอบรมดังกล่าวจากการสำรวจยังพบว่าการจัดเก็บสินค้ามีการแบ่งแยกบริเวณชัดเจน หากแต่ประเด็นในเรื่องการเตรียมพร้อมกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข

จากการสัมภาษณ์สารวัตรเกษตรถึงปัญหาที่พบในการตรวจกำกับดูแลร้านจำหน่าย พบปัญหาการขายโดยไม่มีใบอนุญาตหรือใบอนุญาตหมดอายุ สาเหตุเนื่องมาจากไม่ทราบว่าต้องทำการต่ออายุ หรือการหลงลืม วันที่ที่ต้องดำเนินการ สำหรับสถานการณ์ร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพ หรือที่เรียกว่า Q shop นั้น จำนวนร้านซึ่งได้รับมาตรฐาน Q shop ยังไม่มากเท่ากับร้านค้าที่ผ่านการอบรมตามกฎหมายเนื่องจากยังขาดความพร้อมด้านเนื้อที่ของร้านค้า การเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตราย เป็นต้น

2. กลไกการเกิดร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร

ผลการสัมภาษณ์ตัวแทนของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรพบว่า ตัวแทนที่ให้ข้อมูล ทราบและเข้าใจหลักเกณฑ์ของภาครัฐที่ได้กำหนดไว้ โดยมีการปฏิบัติตามสิ่งที่เรียนรู้จากการฝึกอบรมผู้ควบคุมร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายและเข้าอบรมเพื่อการต่ออายุใบอนุญาตอย่างต่อเนื่องอย่างไรก็ตาม ประมาณ 30%ของจำนวนร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ให้ข้อมูล พบว่าไม่มีผู้ที่ผ่านการอบรมอยู่ประจำที่ร้าน ประเด็นนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญมากซึ่งมีผลต่อกลไกสำคัญที่ภาครัฐคาดหวังต่อผู้ที่เข้าอบรมเชื่อมโยงสู่เกษตรกรจึงเกิดเป็นช่องว่างที่เด่นชัด ดังนั้นตัวเลขการเข้ารับอบรมหรือแม้แต่การตรวจสอบการหมดอายุของใบอนุญาตจึงไม่ได้สะท้อนความสำเร็จตามเป้าหมายของการจัดการอบรมผู้ควบคุมร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายแต่อย่างใด

สำหรับการฝึกอบรมผู้ควบคุมการขายเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการขออนุญาตเป็นร้านจำหน่ายนั้น ตัวแทนของร้านจำหน่ายให้ความเห็นที่สอดคล้องกันว่าการอบรมมีประโยชน์ต่อการทำงาน จากการรับทราบข้อมูลใหม่เกี่ยวกับสารเคมี สารเคมีที่ใกล้ถูกระงับการจำหน่าย สารเคมีที่อยู่ในกลุ่มเฝ้าระวังหรือสารต้องห้าม การแบ่งประเภท การเลือกซื้อสารเคมีจากบริษัทผู้จำหน่าย การจัดเก็บ การจัดร้าน การจัดการเมื่อภาชนะบรรจุแตก กฎหมาย และการป้องกันอันตราย ข้อเสนอแนะที่สำคัญคือ พื้นฐานของผู้เข้ารับการอบรมควรมีวุฒิการศึกษาภาคบังคับเป็นขั้นต่ำ เนื้อหาของการอบรม ควรอ้างอิงจากสถานการณ์จริงเนื่องจากในปัจจุบันพฤติกรรมการใช้สารเคมีของเกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนไป รวมถึงข้อมูลการใช้สารเคมีควรเฉพาะเจาะจงกับพื้นที่นั้นๆ เพราะในแต่ละพื้นที่จะใช้สารเคมีต่างกัน และที่สำคัญหลักสูตรฝึกอบรมยังขาดเนื้อหาด้านอันตรายของสารเคมีต่อสุขภาพของผู้ใช้

ผลการสัมภาษณ์ตัวแทนของสารวัตรเกษตรถึงความคิดเห็นต่อการฝึกอบรมผู้ควบคุมการขายสำหรับร้านจำหน่ายได้รับข้อเสนอแนะว่าไม่ควรจัดอบรมบ่อยครั้ง และควรกำหนดเกณฑ์การผ่านข้อสอบให้ยากขึ้นจะช่วยลดจำนวนร้านจำหน่ายที่ไม่มีคุณภาพได้

ผลการสัมภาษณ์องค์กรอิสระถึงกลไกการเกิดร้านจำหน่าย พบว่าควรจำกัดการเพิ่มขึ้นของจำนวนร้านจำหน่าย โดยควรเพิ่มความเข้มงวดของเงื่อนไขในการเปิดร้านจำหน่าย การบังคับใช้กฎหมาย การประเมินความรู้ที่เหมาะสมของตัวแทนจากร้านจำหน่ายจะมีความเชื่อมโยงกับคุณภาพของร้าน

3. มาตรการกำกับดูแลจากภาครัฐ

ผลการสัมภาษณ์ตัวแทนของสารวัตรเกษตรเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนบุคลากรและการดำเนินการของสารวัตรเกษตร และความคิดเห็นต่อกฎหมายในปัจจุบันพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ เช่น ไม่สามารถทราบปริมาณที่แท้จริงของวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีในท้องตลาด เนื่องจากปริมาณคงค้างจากการจำหน่ายของร้านที่มีอยู่ปริมาณมากซึ่งไม่สามารถระบุแหล่งเก็บและผู้ครอบครองร้านจำหน่ายอาจใช้ช่องทางการขายเร่แบบผิดกฎหมายเพื่อระบายสินค้าได้

ในส่วนของจำนวนของบุคลากรพบว่า จำนวนสารวัตรเกษตรรวมข้าราชการและพนักงานราชการมีประมาณ 400 คน ซึ่งถือได้ว่ามีจำนวนน้อยมากเมื่อต้องปฏิบัติงานตรวจร้านจำหน่ายที่มีอยู่เกือบ 40,000 ร้านทั่วประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าได้มีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลออนไลน์เพื่อรายงานผลการตรวจร้านจำหน่ายของสารวัตรเกษตรในแต่ละปี ดังนั้นหากมีการส่งเสริมให้มีการใช้เครื่องมือนี้อย่างต่อเนื่องอาจจะช่วยให้การทำงานของสารวัตรเกษตรสะดวกรวดเร็วมากขึ้นสำหรับความคิดเห็นต่อกฎหมายในมุมมองของสารวัติเกษตรเห็นว่ากฎหมายมีความเหมาะสมดีอยู่แล้วแต่สิ่งที่ขาดคือการประชาสัมพันธ์และการบังคับใช้อย่างมีประสิทธิภาพขณะที่ความคิดเห็นต่อมาตรการอื่นๆ ที่เห็นควรสนับสนุนให้ดำเนินการ เช่น การกำหนดให้ผู้จำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรต้องรายงานผลการจำหน่ายและการได้มาซึ่งวัตถุอันตราย อย่างไรก็ตามอาจเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติเนื่องจากผู้จำหน่ายส่วนใหญ่ไม่ได้มีการทำบัญชีอยู่เป็นประจำหรือขาดความรู้ที่จะทำบัญชีดังกล่าว

ผลการสัมภาษณ์ตัวแทนผู้ผลิตวัตถุอันตรายทางการเกษตรต่อมาตรการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายเพื่อลดการปนเปื้อนในสินค้าเกษตร พบว่ามีประเด็นที่สำคัญคือ การควบคุมไม่ให้มีการจำหน่ายสารเคมีผิดกฎหมายซึ่งปัจจุบันพบว่ามีการจำหน่ายสารเคมีที่ไม่ได้ผ่านการรับรองจากภาครัฐจำนวนมาก เนื่องจากมีความต้องการของตลาดสูงจึงทำให้เกิดการลักลอบจำหน่าย ดังนั้นต้องมีมาตรการควบคุมที่เข้มงวดไม่ให้มีสารเคมีที่ผิดกฎหมายจำหน่ายแก่เกษตรกร นอกจากนี้การควบคุมร้านจำหน่ายให้มีคุณภาพจะช่วยให้เกษตรกรได้รับสารเคมีที่มีคุณภาพไปใช้ ดังนั้นภาครัฐจึงควรเพิ่มความเข้มงวดของเงื่อนไขในการเปิดร้านจำหน่าย รวมไปถึงการบังคับใช้กฎหมายตรวจสอบร้านจำหน่ายที่ไม่ได้คุณภาพ และการให้ความรู้กับร้านจำหน่ายเป็นต้น ควรมีระบบการติดตามสารเคมีที่มีการซื้อขายเนื่องจากการเข้าถึงสารเคมีของเกษตรกรที่สามารถซื้อขายสารเคมีได้อย่างสะดวกนั้นอาจก่อให้เกิดผลเสียได้จึงมีความจำเป็นควบคุมเพื่อให้เกิดการใช้สารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพและตรวจสอบได้

ผลการสัมภาษณ์องค์กรอิสระต่อมาตรการกำกับดูแลร้านจำหน่ายพบว่า การเข้าถึงสารเคมีของเกษตรกรในทางปฏิบัติควรแบ่งสารเคมีออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีการจำกัดการใช้สำหรับเกษตรกรโดยเฉพาะและกลุ่มที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ เพื่อให้เกษตรเข้าถึงสารเคมีที่มีอันตรายสูงได้ยากขึ้น ข้อคิดเห็นนี้สามารถเชื่อมโยงกับการสร้างระบบการติดตามการจำหน่ายสารเคมี และสนับสนุนนโยบายส่งเสริมระบบ GAP ของภาครัฐ

4. ความเชื่อมโยงของเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเกษตรต่อร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร

ผลการสัมภาษณ์ตัวแทนของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรพบว่า เกษตรกรมีพฤติกรรมในการเลือกใช้สารเคมีไม่ต่างจากผลการศึกษาของ Sangpakdee *et al.* (2014) มีเพียงประมาณ 20% ที่มีการปรึกษาหารือเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกับตัวแทนในร้านจำหน่าย และส่วนใหญ่จะปรึกษาเกี่ยวกับโรคพืช ทั้งนี้ร้านจำหน่ายให้ข้อมูลที่น่าสนใจว่าเกษตรกรไม่ค่อยเชื่อถือข้อมูลที่ให้โดยตัวแทนของร้านจำหน่ายเนื่องจากมีความคิดว่าร้านจำหน่ายอาจมีผลได้เสียเสียต่อการจำหน่ายสินค้า ข้อมูลดังกล่าวชี้เห็นว่ากลไกของภาครัฐที่มุ่งหวังให้เกิดการถ่ายทอดความรู้จากตัวแทนของร้านจำหน่ายสู่เกษตรกรจึงไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นอกจากนี้ร้านจำหน่ายให้ข้อเสนอแนะว่า ภาครัฐควรมีกลไกให้ความรู้กับเกษตรกรโดยตรงซึ่งจะช่วยลดความสับสนจากการทำกิจกรรมทางการตลาดของบริษัทผู้ผลิตได้นอกจากนี้ยังพบว่าร้านจำหน่ายที่อาจเป็นสาเหตุสำคัญของการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรผิดวิธีคือ ร้านจำหน่ายขนาดเล็กในชุมชน ซึ่งอาจถูกละเลยจากการตรวจสอบ รวมถึงการสั่งซื้อทางอินเตอร์เน็ทที่แพร่หลายมากขึ้นซึ่งอาจเกิดปัญหาการหลอกลวงหรือกล่าวอ้างสรรพคุณเกินจริงได้ ดังนั้นการป้องกันปัญหาในอนาคตต้องมีการทำความเข้าใจกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องได้แก่ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงมหาดไทย เป็นต้น

ผลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเกี่ยวกับการตัดสินใจในการซื้อสารเคมีจากร้านจำหน่ายพบว่า เกษตรกรมักจะซื้อสารเคมีที่ตนเองคุ้นเคย หรือมีประสบการณ์ในการใช้สารเคมีนั้นมาแล้วหรือได้รับข้อมูลจากเพื่อนเกษตรกรด้วยกัน สำหรับมุมมองที่มีต่อร้านค้าในฐานะผู้ให้ข้อมูลการใช้สารเคมีพบว่า เกษตรกรไม่ค่อยเชื่อถือข้อมูลจากร้านจำหน่ายเนื่องจากคิดว่าร้านจำหน่ายมีหน้าที่ขายเท่านั้นซึ่งอาจสรุปได้ว่ากลไกของภาครัฐที่มุ่งหวังให้เกิดการส่งผ่าน

ข้อมูลจากร้านจำหน่ายสู่เกษตรกรไม่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้พบว่าเกษตรกรให้ข้อเสนอแนะถึงแนวทางกำกับดูแลร้านจำหน่ายด้วยการควบคุมราคาให้อยู่ในระดับเหมาะสม การให้ความรู้แก่เกษตรกรเช่นการเลือกใช้สารที่เหมาะสมให้ถูกต้องทั้งชนิดและเวลาที่จะใช้ รวมถึงข้อมูลสารต้องห้าม เป็นต้น

5. ความเชื่อมโยงของบริษัทผู้ผลิตสารเคมีเกษตรต่อร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร

ผลการสัมภาษณ์ตัวแทนของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรพบว่า บริษัทผู้ผลิตสารเคมีจะมีพนักงานขายตรงมาติดต่อและให้ข้อมูลกับร้านจำหน่าย ข้อมูลที่ได้รับส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับเรื่องทะเบียนยาหมดอายุ ทั้งนี้ พื้นฐานความรู้ของพนักงานขายของแต่ละบริษัทจะมีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายทอดความรู้ให้กับร้านจำหน่าย หากมีวุฒิการศึกษาทางด้านเกษตรโดยตรงจะสามารถให้ความรู้ได้อย่างดี สำหรับร้านจำหน่ายที่ตั้งอยู่ไกลจากอำเภอเมืองมักมิได้รับการติดต่อกับพนักงานของบริษัทผู้ผลิตโดยตรงแต่จะติดต่อผ่านร้านขายส่งอีกทอดหนึ่งทำให้ไม่ได้รับข้อมูลอย่างครบถ้วน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาแนวทางในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรนี้เป็นการศึกษาวิจัยข้อมูลเชิงคุณภาพมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร การสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการประเมินหลักสูตรฝึกอบรมโดยผลการศึกษาทั้ง 5 ประเด็นมีความสัมพันธ์กันในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนในการขออนุญาตเปิดร้าน ประสิทธิภาพของกลไกภาครัฐที่ใช้ควบคุมและติดตามร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร การประเมินร้านจำหน่ายจากเกษตรกรผู้ใช้สารเคมี ตลอดจนการประเมินบริษัทผู้ผลิตซึ่งเป็นต้นกำเนิดของสารเคมี โดยมีข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร ดังนี้

1. ร้านจำหน่ายต้องมีบุคลากรที่มีความพร้อมทำหน้าที่ประจำ

บุคลากรประจำร้านจำหน่ายต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถในการให้คำแนะนำที่เกี่ยวกับการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร และมีความรู้ด้านเกษตรกรรมทำหน้าที่ประจำ ณ ร้านจำหน่าย การมีบุคลากรที่มีคุณสมบัติในการให้ข้อมูลที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญของร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายที่มีคุณภาพ โดยมีลักษณะเป็นคลินิกสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร บุคลากรเหล่านี้อาจเป็นผู้ที่จบการศึกษาจากวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีซึ่งมีอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศไทยหรือเป็นบุคคลที่ผ่านการอบรมหลักสูตรเฉพาะเพื่อให้คำแนะนำกับเกษตรกร

2. ปรับหลักสูตรการอบรม "ผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตร"

จากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วนเห็นความสำคัญของการอบรม "ผู้ควบคุมการขายวัตถุอันตรายทางการเกษตร" แต่ควรปรับเนื้อหาให้ทันสมัย เหมาะสมกับผลผลิตของแต่ละท้องถิ่น เพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับความปลอดภัยในสุขภาพของผู้ใช้ การใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยเพื่อลดการตกค้างในผลผลิต และควรจัดการอบรมให้ทั่วถึงในจังหวัดต่างๆ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเดินทางของผู้เข้าอบรม รวมถึงต้องพิจารณาเพิ่มความเข้มงวดในการสอบเพื่อผ่านการอบรม

3. ส่งเสริมการทำงานร่วมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

การประสานงานที่ดีระหว่างหน่วยงานที่กำกับดูแลร้านจำหน่ายกับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น เช่น องค์การบริหารส่วนจังหวัดและองค์การบริหารส่วนตำบล จะเป็นผลดีต่อการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร ทั้งนี้เจ้าหน้าที่ขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นต้องได้รับการอบรมที่เพียงพอเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่สอดคล้องกัน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการกำกับดูแล ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พบว่าเคยมีการจัดฝึกอบรม เรื่องการจัดการความปลอดภัยด้านสารเคมีให้กับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นบ้างแล้ว (Srinivet *et al*., 2007) และคาดว่าเจ้าหน้าที่จะมีความรู้ด้านความปลอดภัยของสารเคมีในระดับหนึ่ง รวมถึงจะได้รับประโยชน์จากการใช้กลไกการกำกับดูแลร้านจำหน่ายในการจัดเก็บภาษีร้านจำหน่ายไปพร้อมกันได้

4. สร้างกลไกการติดตามสารเคมี

กลไกการติดตามสารเคมีจะเป็นประโยชน์ในการกำกับดูแลวัตถุอันตรายทางการเกษตรไม่เพียงเฉพาะระดับของร้านจำหน่ายเท่านั้น หากแต่เป็นการกำกับดูแลการใช้

สารเคมีทั้งระบบ ตัวอย่างแนวทางในการดำเนินการ เช่น การสร้างฐานข้อมูลโดยกำหนดให้ผู้จำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร ต้องรายงานผลการจำหน่ายและการได้มาซึ่งวัตถุอันตรายทางการเกษตร ทั้งนี้อาจเชื่อมโยงข้อมูลตั้งแต่บริษัทผู้ผลิตซึ่งต้องทำการขึ้นทะเบียนสารเคมี ผู้ผลิตกระจายสินค้าไปยังร้านจำหน่าย และการจำหน่ายของร้านจำหน่ายไปยังเกษตรกร ต้องมีการจัดเก็บข้อมูลการซื้อขายในทุกการส่งต่อของสารเคมีในระดับของเกษตรกรอาจติดตามจากการใช้บัตรสินเชื่อเกษตรกรหรือใช้บัตรประจำตัวประชาชนซึ่งสามารถทราบถึงการครอบครองวัตถุอันตรายทางการเกษตรของเกษตรกรได้

5. สนับสนุนการทำงานของสารวัตรเกษตรมากขึ้น

เมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนของสารวัตรเกษตรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีจำนวนประมาณ 400 คน ทั่วประเทศจะเห็นได้ว่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนร้านจำหน่ายที่มีอยู่เกือบ 40,000 ร้านและอาจจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ทำให้การกำกับดูแลขาดประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อให้สารวัตรเกษตรสามารถทำงานในการกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสมและมีการการเฝ้าระวังครอบคลุมในทุกพื้นที่จึงควรเพิ่มจำนวนสารวัตรเกษตรและสนับสนุนการทำงานในเรื่องค่าใช้จ่าย เช่น การนำลักษณะทางภูมิประเทศมาพิจารณาเรื่องเกณฑ์การเบิกจ่ายเงินในการเดินทางกำกับดูแลร้านจำหน่ายวัตถุอันตราย เป็นต้น

6. สนับสนุนให้ร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรจัดจำหน่ายอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment- PPE)

ควรส่งเสริมให้ร้านจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตรมีการจำหน่ายอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment, PPE) เช่น หน้ากาก ถุงมือ แว่นตา และรองเท้าป้องกันสารเคมีเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยโดยทำหน้าที่ป้องกันการรับสัมผัสซึ่งการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวยืนยันว่าสามารถป้องกันการรับสัมผัสสารเคมีในเกษตรกรได้ (Suanboon and Arphorn, 2014; Office of Agricultural Economics and German International Cooperation, 2011) จากการลงพื้นที่ของผู้วิจัยพบว่า เกษตรกรไม่สามารถหาซื้อได้ในพื้นที่ รวมถึงควรส่งเสริมให้มีการใช้อุปกรณ์เหล่านี้อย่างถูกต้องและเหมาะสมด้วย

7. บริษัทผู้ผลิตสารเคมีจัดให้มีการอบรมการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยให้กับเกษตรกร

การให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีนั้นควรเป็นความรับผิดชอบของบริษัทผู้ผลิตวัตถุอันตรายทางการเกษตร ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตาม FAO Code of Conduct of pesticide management ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก ซึ่งมีการกำหนดในที่ประชุมระดมสมองเกี่ยวกับหน้าที่ของบริษัทผู้ผลิตซึ่งมีส่วนงานที่รับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์โดยตรง (Food and Agriculture Organization of United Nation (FAO) and World Health Organization (WHO), 2014) จากการศึกษาพบว่าการใช้รูปแบบการอบรมให้กับเกษตรกรแบบมีส่วนร่วมในการสร้างเสริมป้องกันสุขภาพ เช่น โครงการ WIND (Work Improvement in Neighborhood Development) สามารถกระตุ้นการรับรู้ เพิ่มความตระหนักเรื่องความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kawakami *et al.*, 2005; Arphorn and Chaikittiporn, 2004; Arphorn *et al.*, 2006)

ข้อเสนอแนะเหล่านี้ควรได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมต่างๆ ในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยอาจนำไปพัฒนาให้บรรจุอยู่ในกฎหมายซึ่งผลการดำเนินการตามข้อเสนอแนะนี้จะนำไปสู่การควบคุมดูแลการใช้สารเคมีของเกษตรกรทำให้เกษตรกรปลอดภัยจากพิษสารเคมี ลดการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมและในผลผลิตทางการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย และขอบพระคุณหน่วยงานที่สนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัย ได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ และเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร สมาคมคนไทยธุรกิจเกษตร รวมไปถึงร้านจำหน่ายและเกษตรกรที่เสียสละเวลาในการให้สัมภาษณ์

References

Arphorn, S. and Chaikittiporn, C. 2004. Work improvement in neighborhood development: training manual for occupational safety, health and working conditions. 2^{nd} edition. International Labor Office and Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University: Bangkok. 9 pp.

Arphorn, S., Brooks, R. and Permsirivanich, P. 2006. Chainat: a case study in occupational health and safety promotion for farmers. Industrial Health. 44(1): 98-100.

Food and Agriculture Organization of United Nation (FAO) and World Health Organization (WHO). 2014. The international code of conduct of pesticide management [online]. [Accessed 6 September, 2016] Available from URL:http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/CODE_2014Sep_ENG.pdf.

Kawakami, T., Khai, T.T. and Kogi, K. 2005. Work improvement in neighborhood development: training program on safety, health and working condition in agriculture. The Center of Occupational Health and Environment: Vietnam. 130 pp.

Office of Agricultural Economics and German International Cooperation (GIZ). 2011. Occupational health and safety for oil palm smallholders and workers. Bangkok. 91 pp.

Office of Agricultural Research and Development Region 1. 2016. Controlling hazardous substances for agrochemical shops training document. March 9-10, 2016. Chiang Mai Phu Khum Hotel. Chiang Mai.

Podhisita, C. 2016. Research methodology [online]. [Accessed September 6, 2016]. Available from URL: http://www.tci-thaijo.org/index.php/masscomm/article/download/7326/6328. (inThai).

Prachachat. 2016. Agriculture inspector survey the fake fertilizer to protect the farmer [online]. [Accessed September 10, 2017]. Available from URL: https://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1453282123. (in Thai).

Sangpakdee, K., Silprasit, K., Peangthai, D., Khwaiphan, W., Siriyan, S. and Kroeksakul, P. 2014. A study of chemical use behaviors of farmers in Ongkharak district, NakhonNayok province, Thailand. Khon Kaen Agr. J. 42(3): 376-384.

Srinivet, S., Gubnuam, S., Oppanisakorn, A., Payakphan, A. and Jiraphong, L. 2007. Chemical safety management manual for local administrative organization. 1^{st} edition. Department of Agriculture Extension: Bangkok. 143 pp.

Suanboon, Y. and Arphorn, S. 2014. Factors related to urinary arsenic concentration among farmers in Ongphra subdistrict, Danchang district, Suphanburi province, Thailand. J. Health Res. 28(2): 77-85.

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 208-216

บทความวิจัย

ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อการตายของตัวอ่อนพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะ

ดวงใจ บุญกุศล*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารสกัดหยาบจากเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica*) ใบแก้ว (*Murraya paniculata*) ใบขี้เหล็ก (*Senna siamea*) และผลมะเกลือ (*Diospyros mollis*) ในการฆ่าตัวอ่อนพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะนอกตัวสัตว์ (*in vitro*) การตรวจสอบผลของสกัดหยาบจากเมล็ดมะขาม ใบแก้ว ใบขี้เหล็ก และผลมะเกลือ ที่ความเข้มข้น 1, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เม็คติน® ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อการตายของตัวอ่อนของพยาธิ stronglyes ของแพะ หลังจากบ่มในสารต่างๆ ในหลอดทดลอง เป็นระยะเวลา 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากเมล็ดมะขามและสารสกัดจากใบแก้วเป็นสารสกัดที่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการตายของตัวอ่อนพยาธิในกลุ่ม strongyles สูงสุด (100% ที่ 12 ชั่วโมง) รองลงมาคือสารสกัดจากใบขี้เหล็ก (100% ที่ 24 ชั่วโมง) และสารสกัดจากผลมะเกลือ (90% ที่ 24 ชั่วโมง) อย่างไรก็ตามสารสกัดจากสมุนไพร 4 ชนิดยังมีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวอ่อนพยาธิต่ำกว่ายาถ่ายพยาธิไอเวอร์เม็คติน® (100% ที่ 3 ชั่วโมง) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถนำสารสกัดจากเมล็ดมะขาม และใบแก้วมาใช้ทดแทนการใช้ยาถ่ายพยาธิจึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการควบคุมพยาธิตัวกลมในกลุ่ม strongyles ของแพะ

คำสำคัญ: แพะ, พยาธิตัวกลมในกลุ่ม strongyles และสารสกัดสมุนไพร

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

Effects of Herb Extracts on Mortality of Goat Strongyles Larva

Duangjai Boonkusol*

Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi, 15000, Thailand

Abstract

This study aimed to determine effects of crude extracts from four herbs, *Tamarindus indica* seeds, *Murraya paniculata* leaves, *Senna siamea* leaves, and *Diospyros mollis* fruits on mortality of goat strongyles larvae. *In vitro* strongyles larval mortality was studied after 3, 6, 12 and 24 hours of incubation in 1, 10, 20, and 40 mg/ml crude extracts, compared to 0.25, 0.5, 1, and 2 mg/ml Ivermectin®. The results showed that both crude extracts from *Tamarindus indica* seeds and *Murraya paniculata* leaves showed 100% larval mortality after 12 hours incubation, while crude extracts from *Senna siamea* leaves and *Diospyros mollis* fruits showed 100% and 90% larval mortality after 24 hours incubation, respectively. Efficiencies of all herb extracts were lower than Ivermectin® (100% larval mortality after 3 hours incubation). This data could be alternative way for further using *Tamarindus indica* seeds and *Murraya paniculata* leaves extracts in goat strongyles control instead of chemicals.

Keywords: Goat, Strongyles and Herb Extract

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

บทนำ

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงในระบบปล่อยให้แพะหากินเองตามทุ่งหญ้าธรรมชาติ จึงพบปัญหาการติดพยาธิภายในเป็นปัญหาสำคัญของการเลี้ยงแพะที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต (Wongdachkajorn, 2007) ซึ่งการติดพยาธิในแพะที่พบในอัตราที่สูงหรือการพบจำนวนไข่พยาธิในอุจจาระที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการให้ยาถ่ายพยาธิ มีผลมาจากการเลี้ยงแบบปล่อยที่ทำให้สัตว์มีโอกาสติดพยาธิได้มากกว่าการเลี้ยงแบบขัง (Apichartsarangkul *et al*., 2003) ความรุนแรงของโรคจะสัมพันธ์กับความหลากหลายของชนิดพยาธิ ปริมาณการติดพยาธิและการจัดการด้านการเลี้ยง อายุ และสายพันธุ์ จากรายงานอัตราการติดพยาธิตัวกลมในทางเดินอาหารในลูกแพะหย่านมพันธุ์พื้นเมืองและแพะลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบี้ยน พบว่าแพะพันธุ์พื้นเมืองจะมีความต้านทานต่อการติดพยาธิได้ดีกว่าแพะพันธุ์ลูกผสม โดยแพะพันธุ์พื้นเมืองจะมีจำนวนไข่ของพยาธิตัวกลมในอุจจาระเฉลี่ย 491 ฟอง/กรัม (egg per gram; EPG) แต่แพะพันธุ์ลูกผสม 25% และ 50% จะพบปริมาณไข่พยาธิตัวกลมในอุจจาระในปริมาณ 1,982 และ 2,320 EPG ตามลำดับ (Kachapakdee *et al*., 1993) พยาธิที่สร้างความสูญเสียในการเลี้ยงแพะมากที่สุด คือ พยาธิภายใน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ พยาธิตัวกลม พยาธิใบไม้ตับ และพยาธิตัวตืด พยาธิตัวกลมเป็นพยาธิที่อันตรายและสร้างความเสียหายมากที่สุด ซึ่งมีรายงานการตรวจพบไข่ของพยาธิตัวกลมในกลุ่ม strongyles ในแพะจังหวัดสระบุรีถึง 93.85% (Sangvaranond *et al*., 2010) รองลงมาเป็นพยาธิใบไม้ตับ ส่วนพยาธิตัวตืดอาจก่อให้เกิดความเสียหายไม่มากนัก การติดพยาธิตัวกลมบางชนิดในระบบทางเดินอาหารก่อให้เกิดอาการเบื่ออาหาร ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง ผลผลิตนมและเนื้อลดลง (Wongdachkajorn, 2007)

ปัจจุบันการควบคุมและกำจัดพยาธิตัวกลมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีการใช้ยาในกลุ่ม anthelmintics drug ซึ่งเป็นสารเคมี เมื่อใช้ยาเหล่านี้ไปนานๆ ก่อให้เกิดปัญหาพยาธิเกิดการดื้อยา (Apichartsarangkul *et al*., 2003; Saeed *et al*., 2007) การนำพืชสมุนไพรที่หาง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก มีประสิทธิภาพในการใช้งานไม่เกิดสารตกค้างในร่างกายมาใช้ในการถ่ายพยาธิสัตว์เลี้ยงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถทดแทนการใช้ยาถ่ายพยาธิที่เป็นสารเคมี สอดคล้องกับแนวเกษตรอินทรีย์ที่ผู้บริโภคต้องการผลผลิตทางการเกษตรที่มีความปลอดภัย ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมี และยังช่วยลดการนำเข้ายาถ่ายพยาธิที่เป็นสารเคมีจากต่างประเทศด้วย มีรายงานการใช้สมุนไพรหลายชนิดในการกำจัดพยาธิในสัตว์ ได้แก่ ผลมะเกลือ (*Diospyros mollis*) ขนาด 1 กรัม/น้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพดีในการกำจัดพยาธิไส้เดือนในไก่ไข่ ใกล้เคียงกับยาถ่ายพยาธิปิเปอราซิน ขนาด 0.15 กรัม/น้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม (Sritong, 2005) นอกจากนี้เมล็ดของมะขามมีฤทธิ์ในการขับพยาธิเมื่อทดสอบกับตัวอ่อนของพยาธิ *Meloidogyne inconita* พบว่าได้ผลภายหลัง 48 ชั่วโมง และยังมีผลต่อการลดจำนวนไข่พยาธิตัวตืด *Raillietina* spp. ในไก่ 77% โดยมีประสิทธิภาพดีกว่ายาถ่ายพยาธิมีเบนดาโซล (Sookprasert *et al*., 2006) รายงานประสิทธิภาพในการกำจัดพยาธิตัวกลมในแพะของเมล็ดมะขาม ซึ่งมีผลลดและควบคุมจำนวนไข่พยาธิได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การใช้เมล็ดมะขามในการถ่ายพยาธิมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้ยาเม็ดถ่ายพยาธิ ซึ่งมีต้นทุนเฉลี่ย 3.73 และ 1.47 บาท/น้ำหนักแพะ 1 กิโลกรัม ตามลำดับ (Sooksawad *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดจากใบแก้ว และใบขี้เหล็ก ออกฤทธิ์ฆ่าพยาธิตัวกลมได้ดี (Wongsawad and Wongsawad 2005; 2007) มีรายงานสารออกฤทธิ์ในผลมะเกลือ คือ diospyrol สารนี้จะเปลี่ยนแปลงได้เร็วเมื่อถูกแสง ความร้อน หรือด่าง ซึ่งจะเกิดเป็นสารพวก hydroquinone และ quinones ต่างๆ ที่มีฤทธิ์ขับถ่ายพยาธิ (Sritong, 2005) ส่วนใบ เปลือก และแก่นขี้เหล็ก พบสารสำคัญคือ anthraquinone ซึ่งมีฤทธิ์เป็นยาระบาย (Prathanturarug and Saralamp, 2004) ใบอ่อนและดอกขี้เหล็ก พบสารบาราคอล (barakol) เป็นสารที่มีรสขมซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นการนอนหลับ และสามารถลดการชัก (Sukma *et al*., 2002)

หากเกษตรกรสามารถนำสารสกัดหยาบ (crude extract) ของพืชสมุนไพรเหล่านี้ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาใช้ถ่ายพยาธิในแพะได้ จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงดูแพะ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดหยาบจากผลมะเกลือ เมล็ดมะขาม ใบแก้ว และใบขี้เหล็กในการฆ่าพยาธิตัวกลมจากทางเดินอาหารแพะ นอกตัวสัตว์

(*in vitro*) ซึ่งคาดหวังว่าจะนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมโรคพยาธิในอนาคตเพื่อการส่งเสริมพัฒนาการเลี้ยงแพะของเกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดจากพืชสมุนไพร

1.1 เก็บเมล็ดมะขาม ใบแก้ว ใบขี้เหล็ก และผลมะเกลือ (ผลแก่เต็มที่) ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน 2558

1.2 เมล็ดมะขามต้องคั่วก่อนจึงกะเทาะเปลือกออก แล้วบดเมล็ดในมะขามที่กะเทาะเปลือกออกแล้ว 200 กรัม ให้ละเอียด กับน้ำกลั่นปริมาตร 700 มิลลิลิตร ใบแก้วและใบขี้เหล็กล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง นำใบแก้วหรือใบขี้เหล็กหนัก 200 กรัม มาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด กับน้ำกลั่นปริมาตร 700 มิลลิลิตร ผลมะเกลือฝานเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปตากแห้ง บดผลมะเกลือ 200 กรัม ด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด กับน้ำกลั่นปริมาตร 700 มิลลิลิตร

1.3 นำสารละลายในข้อ 1.2 มากรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วน supernatant ที่ได้มาระเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ที่อุณหภูมิ 45-50 $^{\circ}$C โดยผสมกับนอร์มัลบิวทานอล อัตราส่วน 2:1 เพื่อช่วยลดจุดเดือดของน้ำ ได้สารสกัดมีลักษณะเป็นผงแข็ง นำสารสกัดที่แห้งไปชั่งน้ำหนักแล้วนำไปบรรจุในขวดแก้วเก็บสารสกัดไว้ในตู้ดูดความชื้น

2. การทดสอบผลของสารสกัดจากสมุนไพรต่อการฆ่าพยาธิตัวกลมในทางเดินอาหาร

เก็บตัวอย่างอุจจาระแพะด้วยการล้วงเก็บโดยตรงจากทวารหนัก (per rectum) ของแพะ จำนวน 22 ตัว จากฟาร์ม 3 แห่ง ในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี เก็บในถุงพลาสติก พร้อมเขียนข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างอุจจาระ เก็บรักษาโดยการแช่เย็น (4 $^{\circ}$C) เพื่อนำไปตรวจหาชนิดไข่พยาธิตัวกลมกลุ่ม strongyles และเพาะเลี้ยงตัวอ่อนของพยาธิตัวกลมจากไข่พยาธิที่พบในอุจจาระ (faecal culture) เพื่อต้องการ ให้พยาธิมีการเจริญเติบโตและแบ่งตัวได้จำนวนมาก เพาะเลี้ยงจนลอกคราบเป็นตัวอ่อนระยะที่ 3 (Sangvaranond, 1998) แล้วเลือกเฉพาะตัวที่แข็งแรง โดยแบ่งเลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง (petridish) จานละ 10 ตัว/อาหารเลี้ยงเซลล์ (M199, sigma) 20 มิลลิลิตร ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 $^{\circ}$C 5% CO_2 และตรวจสอบอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิที่เวลา 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยมีกลุ่มควบคุม (ไม่ใส่สารสกัดพืชสมุนไพร หรือไม่ใส่ยาไอเวอร์เม็คติน®) กลุ่มทดลอง ทดสอบกับสารสกัดพืชสมุนไพรที่ความเข้มข้น 1, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หรือยาไอเวอร์เม็คติน® ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร แต่ละกลุ่มการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. การประเมินผลของสารสกัดจากสมุนไพรต่อการตายของพยาธิตัวกลมในทางเดินอาหาร

การตรวจสอบการตายของตัวอ่อนพยาธิพิจารณาโดยดูจากการเคลื่อนไหว การติดสี methylene blue พยาธิที่ไม่เคลื่อนไหวจะถูกย้อมด้วยสี 1% methylene blue เป็นเวลา 1 นาที โดยสีส่วนเกินถูกล้างออกด้วยน้ำเกลือ 0.85%

คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การตาย โดยค่าเปอร์เซ็นต์การตาย หมายถึง อัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิ ณ ที่เวลาและความเข้มข้นโดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมของช่วงเวลานั้น

ผลการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดจากสมุนไพร

การเตรียมสารสกัดจากสมุนไพร 4 ชนิด เตรียมในรูปแบบแห้ง ใช้น้ำหนักพืชสมุนไพรตัวอย่างละ 200 กรัม เปรียบเทียบกับนำหนักสารสกัดที่สกัดได้หน่วยเป็นกรัมแล้วนำมาคำนวณร้อยละของปริมาณสารสกัด (% yield) ของพืชสมุนไพรตัวอย่างแต่ละชนิด พบว่าค่าร้อยละปริมาณสารสกัดจากเมล็ดมะขาม ใบแก้ว ใบขี้เหล็กและผลมะเกลือ เท่ากับ 20.34, 18.14, 15.14 และ 10.85% ตามลำดับ

2. ผลของสารสกัดจากเมล็ดมะขามต่อตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะ

การทดลองผลของสารสกัดจากเมล็ดมะขามที่ระดับความเข้มข้นที่ 0, 1, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อการตายของตัวอ่อนของพยาธิในกลุ่ม strongyles หลังการให้การสัมผัสกับสารสกัดจากเมล็ดมะขามในเวลาต่างกันที่ 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง และตรวจสอบการตายของตัวอ่อนของพยาธิโดยการ

ย้อมสี methylene blue (Fig.1) พบว่ากลุ่ม 0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 0% ทุกช่วงเวลา กลุ่ม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 57, 73, 78 และ 80% ตามลำดับ กลุ่ม 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 33, 57, 83 และ 90% ตามลำดับ กลุ่ม 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 57, 80, 87 และ 93% ตามลำดับ และกลุ่ม 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 60, 88, 100 และ 100% ตามลำดับ (Fig.2)

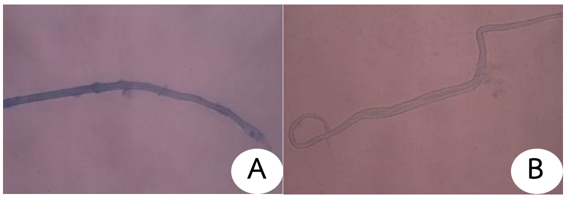


Fig. 1 The third stage strongyles larvae stained with methylene blue. Dead larvae stained in blue color (A; 200X) and live larvae unstained (B; 200X)

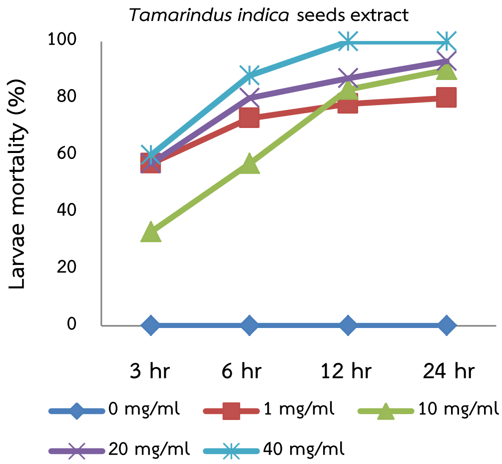


Fig. 2 Effects of *Tamarindus indica* seeds extract on mortality of the third stage larvae of goat strongyles at different incubation time

3. ผลของสารสกัดจากใบแก้วต่อตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะ

การทดลองผลของสารสกัดจากใบแก้วที่ระดับความเข้มข้นที่ 0, 1, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อการตายของตัวอ่อนของพยาธิในกลุ่ม strongyles หลังการให้การสัมผัสกับสารสกัดจากใบแก้วในเวลาต่างกันที่ 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากลุ่ม 0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 0% ทุกช่วงเวลา กลุ่ม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 37, 53, 73 และ 80% ตามลำดับ กลุ่ม 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 43, 60, 77 และ 80% ตามลำดับ กลุ่ม 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 43, 63, 83 และ 83% ตามลำดับ และกลุ่ม 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 80, 90, 100 และ 100% ตามลำดับ (Fig.3)

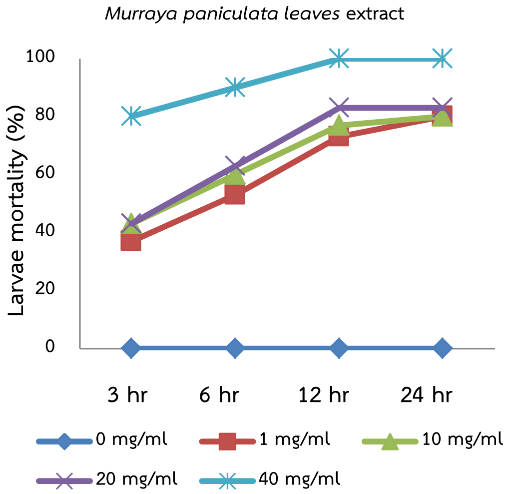


Fig. 3 Effects of *Murraya paniculata* leaves extract on mortality of the third stage larvae of goat strongyles at different incubation time

4. ผลของสารสกัดจากใบขี้เหล็กต่อตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะ

การทดลองผลของสารสกัดจากใบขี้เหล็กที่ระดับความเข้มข้นที่ 0, 1, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อการตายของตัวอ่อนของพยาธิในกลุ่ม strongyles หลังการให้การสัมผัสกับสารสกัดจากใบขี้เหล็กในเวลาต่างกันที่ 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากลุ่ม 0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 0% ทุกช่วงเวลา กลุ่ม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 22, 39, 65 และ 80% ตามลำดับ กลุ่ม 10 มิลลิกรัม/

มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 23, 47, 75 และ 87% ตามลำดับ กลุ่ม 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 30, 57, 83 และ 93% ตามลำดับ และกลุ่ม 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 40, 60, 87 และ 100% ตามลำดับ (Fig.4)

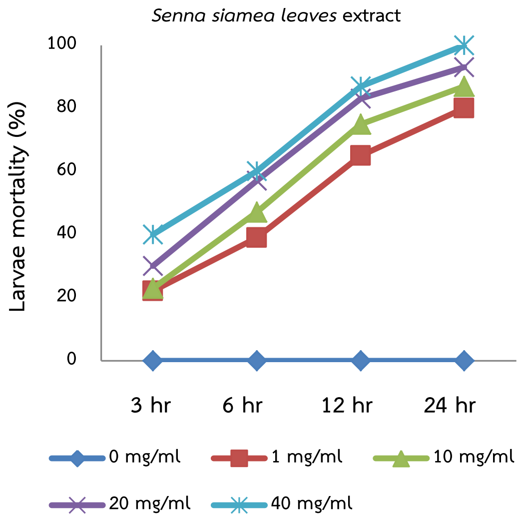


Fig. 4 Effects of *Senna siamea* leaves extract on mortality of the third stage larvae of goat strongyles at different incubation time

5. ผลของสารสกัดจากผลมะเกลือต่อตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะ

การทดลองผลของสารสกัดจากผลมะเกลือที่ระดับความเข้มข้นที่ 0, 1, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อการตายของตัวอ่อนของพยาธิในกลุ่ม strongyles หลังการให้การสัมผัสกับสารสกัดจากผลมะเกลือในเวลาต่างกันที่ 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากลุ่ม 0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 0% ทุกช่วงเวลา กลุ่ม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 24, 41, 65 และ 76% ตามลำดับ กลุ่ม 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 27, 47, 80 และ 87% ตามลำดับ กลุ่ม 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 30, 57, 83 และ 88% ตามลำดับ และกลุ่ม 40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 40, 60, 88 และ 90% ตามลำดับ (Fig.5)

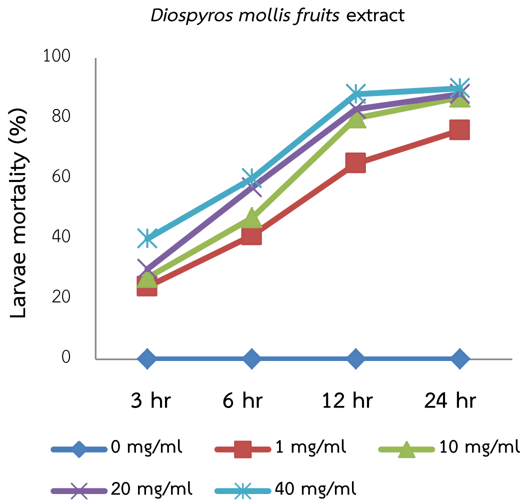


Fig. 5 Effects of *Diospyros mollis* fruits extract on mortality of the third stage larvae of goat strongyles at different incubation time

6. ผลของยาไอเวอร์เม็คติน® ต่อตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิในกลุ่ม strongyles ของแพะ

การทดลองผลของยาไอเวอร์เม็คติน® ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0, 0.25, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อการตายของตัวอ่อนของพยาธิในกลุ่ม strongyles หลังการให้การสัมผัสกับยาไอเวอร์เม็คติน® ในเวลาต่างกันที่ 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า กลุ่ม 0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 0% ทุกช่วงเวลา กลุ่ม 0.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 40, 69, 90 และ 95% ตามลำดับ กลุ่ม 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 50, 79, 92 และ 97% ตามลำดับ กลุ่ม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 67, 80, 95 และ 97% ตามลำดับ และกลุ่ม 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีอัตราการตายของตัวอ่อนพยาธิเท่ากับ 100% ทุกช่วงเวลา (Fig.6)

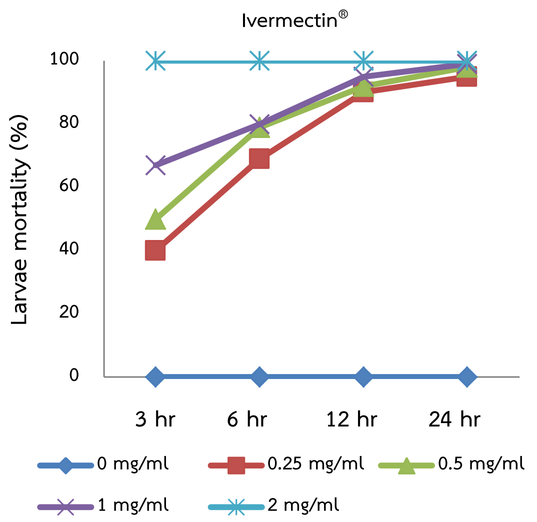


Fig. 6 Effects of Ivermectin® on mortality of the third stage larvae of goat strongyles at different incubation time

วิจารณ์ผลการวิจัย

สารสกัดจากเมล็ดมะขาม ใบแก้ว ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และยาไอเวอร์เม็คติน® มีผลต่อการตายของตัวอ่อนพยาธิในทุกช่วงระยะเวลา ในแต่ละระดับความเข้มข้นของสารสกัดและยา มีผลต่อร้อยละของการตายของตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิแตกต่างกัน โดยมีการตายของตัวอ่อนพยาธิเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของสารสกัดและยากับระยะเวลา ร้อยละการตายของตัวอ่อนระยะที่ 3 ของพยาธิในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง ถึงช่วงเวลา 6 ชั่วโมง จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น และสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยสารสกัดจากเมล็ดมะขามและใบแก้วทำให้เกิดการตายของพยาธิเท่ากับ 100% ที่ 12 ชั่วโมง สารสกัดจากใบขี้เหล็กทำให้เกิดการตายของพยาธิเท่ากับ 100% ที่ 24 ชั่วโมง และสารสกัดจากผลมะเกลือทำให้เกิดการตายของพยาธิเท่ากับ 90% ที่ 24 ชั่วโมง

สรรพคุณทางยาของเมล็ดมะขามนั้นมีรายงานว่าถ้าคั่วให้เกรียมและกะเทาะเปลือกแช่น้ำเกลือจนนิ่มใช้รับประทานเพื่อขับพยาธิตัวกลมได้ (Luangkobkit, 2002) และมีผลต่อการลดจำนวนไข่พยาธิตัวตืด *Raillietina* spp. ในไก่ 77% โดยมีประสิทธิภาพดีกว่ายาถ่ายพยาธิมีเบนดาโซล (Sookprasert *et al*., 2006)

ใบแก้วมีสรรพคุณทางยาในการบำรุงธาตุ แก้จุกเสียด แน่นท้อง และขับลม และใบขี้เหล็กมีสรรพคุณทางยาในการถ่ายพยาธิและแก้ท้องอืด (Thinkhaonoi, 2009) นอกจากนี้มีรายงานการวิจัยพบว่าสารสกัดด้วยน้ำของรากขี้เหล็กและแก้วมีผลต่อการฆ่าพยาธิ *Stellantchasmus falcatus* และ *Haplorchis taichui* ได้ตามลำดับ (Wongsawad and Wongsawad, 2007) ส่วนใบ เปลือกและแก่นขี้เหล็ก พบสารสำคัญคือ anthraquinone ซึ่งมีฤทธิ์เป็นยาระบาย (Prathanturarug and Saralamp, 2004) ซึ่งอาจจากผลการทดลองครั้งนี้ส่งผลต่อการกำจัดพยาธิด้วย

มะเกลือเป็นสมุนไพรที่สามารถใช้เป็นยาถ่ายพยาธิปากขอ พยาธิตัวตืด พยาธิเส้นด้าย และพยาธิตัวกลม แต่จะให้ผลดีที่สุดกับพยาธิปากขอ เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ได้ใช้มะเกลือในการถ่ายพยาธิโคกระบือ แพะ แกะ สุนัข และสัตว์อื่นๆ สารออกฤทธิ์ในผลมะเกลือ คือ diospyrol ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายเปลี่ยนเป็น hydroquinone และ quinones ต่างๆ ที่มีฤทธิ์ขับถ่ายพยาธิ (Sritong, 2005)

การนำพืชสมุนไพรที่หาง่ายในท้องถิ่น ราคาถูกมีประสิทธิภาพในการใช้งานและไม่เกิดสารตกค้างในร่างกายมาใช้ในการถ่ายพยาธิสัตว์เลี้ยงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถทดแทนการใช้ยาถ่ายพยาธิที่เป็นสารเคมี รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าเพิ่มของพืชสมุนไพรได้ด้วย จากผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการนำสารสกัดหยาบจากเมล็ดมะขามและสารสกัดจากใบแก้ว ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าพยาธิสูงสุดไปพัฒนาเพื่อหาองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ต่อไป ดังนั้นควรทำการศึกษาต่อไปในสัตว์ทดลอง (*in vivo*) เพื่อตรวจสอบผลการฆ่าพยาธิในตัวสัตว์ ตลอดจนศึกษาความเป็นพิษต่อสัตว์ เพื่อนำไปสู่การผลิตสารสกัดเป็นยาได้ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของสารสกัดจากเมล็ดมะขาม ใบแก้ว ใบขี้เหล็ก และผลมะเกลือ ต่อการตายของตัวอ่อนพยาธิระยะที่ 3 ของแพะครั้งนี้เป็นการศึกษานอกตัวสัตว์ เพื่อ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด กับยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เม็คติน® การตายของตัวอ่อนพยาธิเพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ตัวอ่อนพยาธิสัมผัสกับสารสกัดเพิ่มขึ้นและปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น สารสกัดจากเมล็ดมะขามและใบแก้ว มีศักยภาพ ในการฆ่าตัวอ่อนพยาธิสูงกว่าสารสกัดจากใบขี้เหล็กและ ผลมะเกลือ โดยสารสกัดจากเมล็ดมะขามและใบแก้วทำให้เกิดการตายของพยาธิเท่ากับ 100% ที่ 12 ชั่วโมง สารสกัดจากใบขี้เหล็กทำให้เกิดการตายของพยาธิเท่ากับ 100% ที่ 24 ชั่วโมง และสารสกัดจากผลมะเกลือทำให้เกิดการตายของพยาธิเท่ากับ 90% ที่ 24 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย (รหัสโครงการ 181122)

References

Apichartsarangkul, T., Sripai, A., Thonglom, S. and Srivichai, Y. 2003. The treatment results of goat and sheep infected gastrointestinal nematodes. J. Agr. 19(1): 86-92.

Kachapakdee, S., Chondamrongkul, S., Saitanoo, S. and Pralomsitkarn, V. 1993. Outbreak of gastrointestinal nematodes and protozoan in wean goats. Songklanakarin J. Sci. Technol. 15(1): 23-29.

Luangkobkit, S. 2002. Tamarind. Booklet of Herbal Information. 19(2): 4-13.

Prathanturarug, S. and Saralamp, P. 2004. Herbs: development for sustainable utilization. 2nd edition. Fuengfah publisher: Bangkok.

Saeed, M., Iqbal, Z. and Jabbar, A. 2007. Oxfendazole resistance in gastrointestinal nematodes of beetal goats at livestock farms of Punjab (Pakistan). Acta Vet. Brno. 76: 79-85.

Sangvaranond, A. 1998. Veterinary clinical parasitology. Kasetsart University publisher: Bangkok.

Sangvaranond, A., Lampa, N., Wongdachkajorn, D. and Sritong, D. 2010. Prevalence of helminth parasites and intestinal parasitic protozoa among meat goats raised in private farms in Saraburi province Thailand. J. Kasetsart Veterinarians. 20(2): 85-95.

Sookprasert, C., Prasongcharoen, C., Chaitaengnin, S., Ngoipala, N., Banjong, Y., Chimnoi, W., Pinyopanuwat, N. and Jittapalapong, S. 2006. Comparison of the efficacy of 3 types of Thai herbs for parasitic diseases and parasitic worms. Proceeding of the 44th Kasetsart University Annual Conference. Bangkok. pp. 504-510.

Sooksawad, A., Wongpichet, S. and Putsakam, M. 2013. Elimination comparison of gastrointestinal roundworm of goats using tamarind seed, 1% ivermectin injection, and anthelmintics pills. Proceeding of the 3rd Graduate Research Conference. Sukhothai Thammathirat University. pp. 1-12.

Sritong, D. 2005. Anthelmintic efficacy of *Diospyros mollis, Combretum quadrangulare*, *Euphorbia heterophylla and Cucurbita moschata* on adult *Ascaridia galli* in native and layer chicken. M.Sc. Thesis in Animal Science, Kasetsart University.

Sukma, M., Chaichantipyuth, C., Murakami, Y., Michihisa, T., Matsumoto, K. and Watanabe, H. 2002. CNS inhibitory effects of barakol, a constituent of *Cassia siamia* Lamk. J. Ethnopharmacol. 83: 87-94.

Thinkhaonoi, S. 2009. Thai Wisdom for Herbs. Neon Book Media: Bangkok.

Wongdachkajorn, D. 2007. Efficacy of condensed tannin from *Leucaena leucocephala* on gastrointestinal nematodes and growth performance of goats gastrointestinal nematodes and growth performance of goats. M.Sc. Thesis in Animal Science, Faculty of Science, Kasetsart University.

Wongsawad, C. and Wongsawad, P. 2005. Effects of medicinal plants on the surface lesions of leafworm using scanning electron microscope technique. Proceeding of the 31st Conference of Suranaree University of Technology. October 8-12, 2005. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

Wongsawad, C. and Wongsawad, P. 2007. Effect of extracts from cassava roots on mortality and change flukesurface using scanning electron microscope technique. J.Yala Rajabhat Uni. 2(1): 24-30.

บทความวิจัย

ประสิทธิภาพของสารละลายน้ำมันกานพลูในการสลบปลาดุกรัสเซีย

พุทธชาติ อิ่มใจ[1*], จุฑารัตน์ แก่นจันทร์[1] และ อรอนงค์ ไชยรา[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

[2]สาขาวิชาการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 6.5±4.91 กรัม ความยาว 9.80±0.88 เซนติเมตร โดยใช้น้ำมันกานพลูที่มีความเข้มข้น 0,5, 10, 15 และ 20 ppm พบว่าน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 0, 5 และ 10 ppm ไม่สามารถทำให้ปลาสลบได้ ปลาดุกเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 (Stage of Loss Equilibrium) ในความเข้มข้นที่ 15 ppm และ 20 ppm โดยที่ความเข้มข้น 20 ppm เหมาะสมที่ใช้ในการสลบปลาดุกรัสเซีย ซึ่งสามารถทำให้ปลาสลบในระยะที่ 2 ภายใน 5 นาที หลังจากการสัมผัสกับน้ำมันกานพลู และสลบนาน 4 ชั่วโมง

คำสำคัญ: น้ำมันกานพลู, ยาสลบ และปลาดุกรัสเซีย

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

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 217-224

The Performance of Clove oil Solution on Anesthetic in Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*)

Puttachat Imjai[1*], Chutharat Kanchan[1] and Aonanong Chaiyara[2]

[1] *Program in Aquaculture Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand*

[2] *Program in Fisheries, Faculty of Agriculture, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand*

Abstract

The anesthetic effects of clove oil were studied in Sharptooth Catfish, *Clarias gariepinus* (average 6.5±4.91 g in BW; 9.80±0.88 cm in TL). Clove oil concentration at 0, 5, 10, 15 and 20 ppm were used in study. The results showed no effect of clove oil to Sharptooth Catfish at 0, 5 and 10 ppm. After exposure to Clove oil at 15 and 20 ppm, showed the Sharptooth Catfish can be started to stage 2 (Stage of Loss Equilibrium). The optimum concentration of anesthetic was 20 ppm in Sharptooth Catfish which induced fish to stage 2 within 5 minutes after exposure to Clove oil and sedative effect lasted for 4 hours.

Keywords: Clove oil, Anesthetic and *Clarias gariepinus*

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

บทนำ

ธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความเครียดกับสัตว์น้ำ เช่น การเลี้ยงในอัตราที่หนาแน่น การขนส่ง การจับบังคับปลา (Songkaew *et al*., 2007) หรือการสัมผัสในกิจกรรมบางประการ เช่น การฉีดวัคซีน และส่งผลให้ลูกปลามีสุขภาพอ่อนแอ เจริญเติบโตช้า และเกิดการติดเชื้อโรค (Areechon *et al*., 2011) ยาสลบจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญที่ช่วยลดอัตราความสูญเสียซึ่งเกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยาสลบที่ใช้ในสัตว์น้ำมีหลายชนิด แตกต่างกันที่ชนิดของสัตว์น้ำ ประสิทธิภาพของยาสลบ และวิธีใช้ที่แตกต่างกัน (Chandroo *et al*. 2004; Huntingford *et al*., 2006; Rose, 2002) ยาสลบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นยาสลบประเภทสารเคมี เช่น MS-222 (TMS, tricaine methane sulfonate), benzocaine, phenoxyethanol และ quinaldine เป็นต้น (Ross and Ross, 2008) ยาสลบเหล่านี้มักจะทำให้เกิดการตกค้างในสัตว์น้ำและบางชนิดไม่อนุญาตให้ใช้กับปลาที่เลี้ยงไว้เป็นอาหารของมนุษย์ จึงทำให้ยาสลบที่สกัดจากสมุนไพรเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อลดการตกค้างในสัตว์น้ำ (Taveekijakarn, 2007)

ยาสลบเป็นสารเคมีที่ทำให้เกิดอาการสูญเสียความรู้สึกบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยาสลบจะแพร่เข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางไปยับยั้งการทำงานของเซลล์ประสาท (Heavner, 1981) ปลาที่ถูกขนส่งจะเกิดความเครียดได้ง่าย อาจทำให้ปลามีอาการบาดเจ็บและตายได้ ความเครียดจะส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยาสลบถูกนำมาใช้ในการขนส่ง เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บ และช่วยลดการเผาผลาญอาหารส่งผลให้ความต้องการออกซิเจนลดลง และการผลิตของเสียน้อยลง (CO_2 และ NH_3) (Cooke *et al*., 2004; Crosby *et al*., 2006; Hoskonen and Pirhonen, 2004) ปัจจัยที่จะมีผลต่อการวางยาสลบภายในโดยเฉพาะสายพันธุ์ปลาที่มีขนาดใหญ่โดยทั่วไปจำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นของยาสลบมากขึ้นกว่าปลาที่มีขนาดเล็ก ในทางตรงกันข้ามก็ยังได้รับรายงานว่าปลาที่มีขนาดใหญ่เป็นกลุ่มที่ตอบสนองการวางยาสลบได้เร็วกว่าปลาขนาดเล็ก ยาเสพติดจำนวนมาก เช่น MS-222 และ benzocaine เป็นสารที่ละลายในไขมัน ดังนั้นในปลาขนาดใหญ่หรือปลาที่กำลังวางไข่ การวางยาสลบอาจจะนานและการคืนสภาพอาจจะช้าเป็นเพราะยาจะถูกสลายออกโดยไขมันสะสม นอกจากนี้สัตว์ที่เป็นโรคหรืออ่อนแอจะมีความไวต่อยาสลบมากขึ้น (Coyle, 2004)

ยาสลบที่สกัดจากพืชนิยมใช้ทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ น้ำมันจากกานพลู (Clove oil) สกัดมาจากดอกลำต้นและใบของต้นกานพลู (*Syzygium aromaticum*) มีลักษณะเป็นน้ำมันเหลวสีเหลืองใสมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ ยูจีนอล (eugenol) ราคาถูกและใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ (Mylonas *et al*., 2005; Pirhonen and Schreck, 2003) ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญ 3 ชนิด คือสารยูจีนอล (eugenal) ไอโซยูจีนอล (isoeugenol) และเมทิลยูจีนอล (methyl eugenol) น้ำมันกานพลูได้กลายเป็นยาสลบสำหรับใช้ในปลาที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากมีราคาถูก มีความปลอดภัยต่อปลา และมนุษย์ (Wongkaew and Nonwachai, 2015; Charoendat, 2012) อย่างไรก็ตาม แม้จะมีความนิยมในการใช้ยาสลบอย่างแพร่หลายทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่การใช้ปริมาณยาสลบที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความเสียหายกับสัตว์น้ำได้ เนื่องจากการใช้ยาสลบปลาจะใช้พลังงานอย่างมากในการต้านการสลบทำให้ปลาอ่อนแอและอาจตายได้ (Sharma *et al*., 1978) นอกจากนี้สารเคมีที่อยู่ในยาสลบหากสัมผัสถูกร่างกายผู้ใช้จะทำให้เกิดการระคายเคือง เมื่อสูดดมเข้าไปจะทำให้ปวดศีรษะการหมุนเวียนโลหิตชะงัก และส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Bell, 1964; Durve, 1970) ซึ่งจะทำให้การใช้ยาสลบเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เป็นประโยชน์ต่อการขนส่ง และช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำ

ปลาดุกรัสเซีย (Sharptooth Catfish) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias gariepinus* จัดอยู่ในวงศ์ Clariidae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกันกับปลาดุกอุย และปลาดุกด้าน มีรายงานลำตัวยาวถึง 1.17 เมตร ตัวผู้จะมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าตัวเมียมีน้ำหนักตัวเมื่อโตเต็มที่ 10-25 กิโลกรัม ปลาดุกเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว แข็งแรง สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ดี และสามารถแพร่ขยายพันธุ์วางไข่ได้ทั้งในบ่อเลี้ยงและแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป เนื้อมีรสชาติดี จึงมี

ผู้บริโภคกันอย่างกว้างขวาง ในประเทศไทยปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับหนึ่ง ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณการผลิตปลาดุกได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เห็นได้จากสถิติกรมประมงในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2557 ที่แสดงว่าปริมาณปลาดุกจากการเพาะเลี้ยงในประเทศได้คิดเป็น 27.4% ของปริมาณปลาน้ำจืดทั้งหมด โดยในปี พ.ศ.2557 มีปริมาณการผลิต 113,800 ตัน ได้มีการคาดการณ์กันถึงการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาณการผลิตและการบริโภคปลาดุก (ICT, 2016) จากความสำคัญดังกล่าวธุรกิจการเพาะเลี้ยงปลาดุกรัสเซียจึงมีความสำคัญในการลดอัตราการสูญเสียเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ โดยใช้ยาสลบในอัตราที่เหมาะสม และยังไม่มีรายงานการวิจัยประสิทธิภาพของการสลบด้วยน้ำมันกานพลูในปลาดุกรัสเซีย เพื่อให้การใช้ยาสลบเกิดประสิทธิภาพสูงสุดเป็นประโยชน์ต่อการเพาะเลี้ยง ช่วยเพิ่มอัตราการรอด และเพิ่มความหนาแน่นในการขนส่งได้อีกทางหนึ่ง จึงทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพการใช้น้ำมันกานพลูเป็นยาสลบในปลาดุกรัสเซีย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างปลา

ปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 6.56±4.91 กรัม และขนาดความยาวเฉลี่ย 9.80±0.88 เซนติเมตร จากพ่อแม่พันธุ์ชุดเดียวกันนำมาปรับให้เข้ากับสภาพการทดลองและสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในการทดลองให้อาหารอัตราส่วน 5 % ของน้ำหนักตัว โดยให้วันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิของน้ำตลอดการทดลอง

2. ศึกษาปริมาณของยาสลบต่อพฤติกรรมการสลบ และการฟื้นสลบ

การศึกษาปริมาณของยาสลบต่อพฤติกรรมการสลบและการฟื้นสลบ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มการทดลองละ 10 ตัวต่อกลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 ppm จากนั้นสังเกตพฤติกรรมปลาโดยจับเวลา 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที และหลังจากนั้นสังเกตในชั่วโมงที่ 2, 4, จนครบ 6 ชั่วโมงโดยแบ่งการทรงตัวออกเป็น 4 ระยะ 1 = Normal, (ระยะปกติ) 2 = Stage of Loss Equilibrium (สูญเสียการทรงตัวบางส่วนหรือทั้งหมดและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าบางส่วนหมดไป) 3 = Stage of medullary collapse (หยุดการหายใจนอนหงายอยู่ใต้ก้นภาชนะ) 4 = death (ตาย) นำปลาที่เหลืออยู่ใส่ลงไปในน้ำสะอาดเพื่อทำการฟื้นสลบ หลังจากนั้นทดลองเลี้ยงต่อเป็นเวลา 1 เดือน จดบันทึกอัตราการตาย ตรวจเช็คคุณภาพน้ำอุณหภูมิ (T) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดการทดลอง (Somjai *et al*., 2008; Stoskopf, 1993)

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเจริญเติบโตแต่ละกลุ่มทดลอง ทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variances : ANOVA) ตามแผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูที่ใช้เป็นยาสลบต่อพฤติกรรมการสลบ และการฟื้นสลบของปลาดุกรัสเซีย

จากการทดลองประสิทธิภาพน้ำมันกานพลูในการสลบปลาดุกรัสเซียที่ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 ppm โดยใช้ปลาดุกรัสเซียน้ำหนักเฉลี่ย 6.56±4.91 กรัม ขนาดความยาวเฉลี่ย 9.80±0.88 เซนติเมตร โดยแบ่งระยะการสลบออกเป็น 4 ระยะ 1 = Normal (ระยะปกติ) 2 = Stage of Loss Equilibrium (สูญเสียการทรงตัวบางส่วนหรือทั้งหมดและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าบางส่วนหมดไป) 3 = Stage of Medullary Collapse (หยุดหายใจนอนหงายอยู่ใต้ก้นภาชนะ, อัมพาต) 4 = death (ตาย) จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู 5 และ 10 ppm ไม่สามารถทำให้ปลาดุกรัสเซียสลบได้ตลอดระยะเวลาการทดลอง 6 ชั่วโมง ความเข้มข้น 15 ppm ปลาดุกรัสเซียเริ่มเข้าสู่ระยะสลบที่ 2 ในนาทีที่ 10 ไปจนถึงนาทีที่ 40 จากนั้นมีการฟื้นสลบในนาทีที่ 50 และความเข้มข้น 20 ppm สามารถทำให้ปลาดุกรัสเซียเข้าสู่ระยะการสลบที่ 2 ในเวลา 5 นาทีไปจนถึงเวลา 2 ชั่วโมง ฟื้นจากการสลบใน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำปลาดุกรัสเซียมาเลี้ยงต่อเป็นเวลา 1

เดือน (Table 1) ปรับอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Table 2)

Table 1 Behavioral events of Sharptooth Catfish (mean weight 6.56±4.91 g) exposed to various concentrations of Clove oil

Concentrations (ppm)	Stage of anesthesia according to exposure periods										
	(min)							(hour)			
	5	10	15	20	30	40	50	1	2	4	6
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1,2	2	2	2	2	2,1	2,1	2,1	1	1
20	1,2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,1	1

* Stages of anesthesia : 1 = Normal, 2 = Stage of Loss Equilibrium, 3 = Medullary Collapse, 4 = death

Table 3 water quality parameters during experimental period

Concentrations (ppm)	Water quality after treatment	
	Temperature (°C) (Means ± SD)	potential of hydrogen (pH) (Means ± SD)
0	25.33±0.25 [a]	7.62±0.03 [c]
5	25.00±0.00 [ab]	7.55±0.08 [e]
10	25.33±0.50 [ab]	7.60±0.04 [d]
15	25.16±0.28 [b]	7.69±0.08 [b]
20	25.16±0.25 [b]	7.75±0.08 [a]
Pre-trial	25.00±0.00	7.56±0.05

*Means in each column followed by different letters are significantly different at P < 0.05

2. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาดุกรัสเซียภายหลังจากการสลบด้วยน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

อัตราการเจริญเติบโตตัววันเฉลี่ย (Table3; Fig.1) ปลาดุกรัสเซียในความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูในกลุ่มควบคุม (0 ppm) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 5 และ 10 ppm แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเข้มข้นที่ 15 และ 20 ppm และในกลุ่มควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุดเฉลี่ย 0.160±0.001 กรัม/วัน ต่ำสุดที่ความเข้มข้น 15 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.156±0.001 กรัม/วัน

Table 3 SGR of Sharptooth Catfish after exposure to various dosage of Clove oil

Concentrations (ppm)	Weight specific growth rate g/day (SGR) (Means ± SD)
0	0.160±0.001 [a]
5	0.159±0.001 [ab]
10	0.159±0.001 [ab]
15	0.156±0.001 [b]
20	0.157±0.002 [b]

* Means in each column followed by different letters are significantly different at P < 0.05

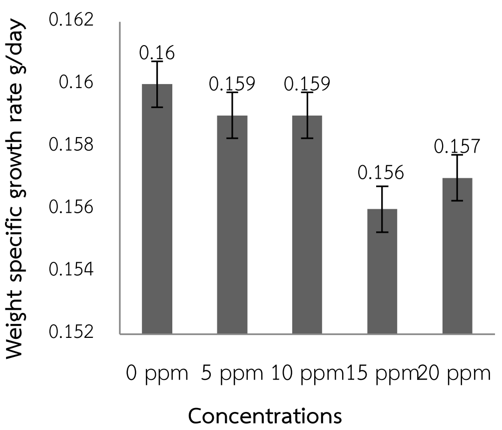


Fig.1 SGR of Sharptooth Catfish after exposure to various dosage of Clove oil for 1 month

น้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 5 และ 10 ppm ไม่สามารถทำให้ปลาดุกรัสเซียสลบได้ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากที่ McFarland (1959) รายงานว่าน้ำมันกานพลูที่มีความเข้มข้น 3, 6, 9, 12 และ 15 ppm ทำให้ปลาสลบในระยะแรก (Stage of Sedation) คือทรงตัวผิดปกติแต่การตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกมีอยู่บางส่วนหรือหมดไปโดยที่ความเข้มข้น 3, 6 และ 9 ppm ทำให้ปลาสลบได้โดยระยะเวลา 18 ชั่วโมง, 3 ½ ชั่วโมง และ 40 นาที ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้น 12 และ15 ppm ในระยะเวลาเพียง 10 นาที ก็ทำให้ปลาสลบและสลบนานถึง 24 ชั่วโมง ส่วนน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 15 ppm สามารถทำให้ปลาดุกรัสเซียสลบได้ในระยะที่ 2 (Stage of Loss Equilibrium) คือการเสียการทรงตัวบางส่วนหรือทั้งหมดและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหมดไปเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที จนถึง 40 นาที จากนั้นปลาดุกรัสเซีย มีการฟื้นสลบเมื่อเวลาผ่านไป 50 นาทีจนถึง 6 ชั่วโมง และน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 20 ppm สามารถทำให้ปลาดุกรัสเซียสลบในระยะที่ 2 (Stage of Loss Equilibrium) คือการเสียการทรงตัวบางส่วนหรือทั้งหมดและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหมดไปเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที จากนั้นมีการฟื้นสลบเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง โดยทั่วไปการสลบปลามักทำเพื่อลดความเครียดในขณะขนส่งหรือการสลบที่ลึกขึ้น (ในระดับ 3 เพลน 2) เพื่อใช้ในการทำงานที่ต้องใช้เวลานาน เช่น การเก็บเลือดการเก็บตัวอย่างหรือการผสมเทียม เป็นต้น ปลาแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อชนิดและขนาดของยาสลบที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกตัวปลา เช่น ในปลาคาร์พ (koi; *Cyprinus carpio*) ต้องใช้น้ำมันกานพลูขนาด 25 - 100 มก./ลิตร แต่ในปลากดอเมริกัน (channel catfish; *Ictalurus punctatus*) ต้องใช้ที่ขนาด 100 - 150 มก./ลิตร (Ross, 2002) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Mahawong *et al*. (2006) ซึ่งใช้น้ำมันกานพลูในปลาตะเพียนขาว ขนาดความยาวเฉลี่ย 44.58 เซนติเมตร ที่มีความเข้มข้น 60 ppm ทำให้ปลาสลบในระยะที่ 3 ได้ภายในเวลา 10.12 นาที และ 11.03 นาที ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชนิดและขนาดปลาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการออกฤทธิ์ของน้ำมันกานพลู นอกจากนี้น้ำมันกานพลูอาจจะเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งเนื่องจากไม่มีฉลากบอกปริมาณการออกฤทธิ์ในน้ำมันกานพลู ดังนั้นการใช้น้ำมันกานพลูเท่ากันอาจเห็นผลไม่เหมือนกันได้หากมีปริมาณสารออกฤทธิ์ไม่เท่ากัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) โดยใช้น้ำมันกานพลูที่มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 ppm พบว่าน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 0, 5 และ 10 ppm ไม่สามารถทำให้ปลาสลบได้ และในความเข้มข้นที่ 15 ppm และ 20 ppm ปลาดุกเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 (Stage of Loss Equilibrium) โดยที่ความเข้มข้น 20 ppm เหมาะสมที่ใช้ในการสลบปลาดุกรัสเซีย ซึ่งสามารถทำให้ปลาสลบในระยะที่ 2 ภายใน 5 นาที หลังจากการสัมผัสกับน้ำมันกานพลู และสลบนาน 4 ชั่วโมง

ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันกานพลูเป็นยาสลบในอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ 20 ppm จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดต่อการเพาะเลี้ยงปลาดุกรัสเซียต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายพงษ์ศักดิ์ ศรีพุทธา และ นายฤทธิเกียรติ ไกรเสือ ผู้ช่วยในการวิจัย และสาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามในการสนับสนุนด้านการวิจัย

References

Areechon, N., Chantasart, D. and Srisapoome, P. 2011. Application of eugenol as anesthetic for aquatic animals. Kasetsart University Thailand.

Bell, G.R. 1964. A guide to the properties, characteristics and use of some general anesthetic for fish. Fisheries Research. Board Can. Bull. 148: 1-4.

Chandroo, K.P., Duncan, I.J.H. and Moccia, R.D. 2004. Can fish suffer perspectives on sentience, pain, fear and stress. Appl. Anim. Behav. Sci. 86: 225-250.

Charoendat, U. 2012. Efficacy of synthetic eugenol as anesthetic for fish transportation. M.Sc. Thesis in Aquaculture, Department of Aquaculture. Kasetsart University.

Cooke, S.J., Suski, C.D., Ostrand, K.G., Tufts, B.L. and Wahl, D.H. 2004. Behavioral and physiological assessment of low concentrations of clove oil anaesthetic for handling and transporting largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture. 239: 509-529.

Coyle, S.D., Durborow, R.M. and Tidwell, J.H. 2004. Anesthetics in Aquaculture. Kentucky State University Aquaculture Research Center, Southern Regional Aquaculture center.

Crosby, T.C., Hill, J.E., Watson, C.A. and Yanong, R.P.E. 2006. Effects of tricaine methanesulfonate, hypho, metomidate, quinaldine and salt on plasma cortisol levels following acute stress in threespot gourami *Trichogaster trichopterus*. J. Aquat. Anim. Health. 18: 58-63.

Durve, V.S. 1970. Effect of anasthetics on the behavior of mullet fingerings and the scope of using these in different fishery procedure II. Indian J. Fish. 13: 158-182.

Heavner, J.E. 1981. Animal models and methods in anesthesia research, in Gay William I. (ed.) Methods in Animal Experimentation. New York 6: 400 p

Hoskonen, P. and Pirhonen, J. 2004. The effect of clove oil sedation on oxygen consumption of six temperate-zone fish species. Aquacult. Res. 35: 1002-1005.

Huntingford, F.A., Adams, C., Braithwaite, V.A., Kadri, S., Pottinger, T.G., Sandøe, P. and Turnbull, J.F. 2006. Current issues in fish welfare. J. Fish Biol. 68: 332-372.

ICT. 2016. Fisheries Statistics of Thailand 2014. Department of fisheries, Ministry of Agriculture and cooperatives. 11/2016: 87 pp.

Mahawong, N., Khachaphichat, M., Apitanakul, P. and Boonprasert, P. 2006. Experiment of using clove oil as an anesthetic in several commercially important freshwater fish. Phayao Provincial Fisheries Office, Phayao Inland Fisheries Research and Development Center. 1-17 pp.

McFarland, W.N. 1959. A study of the effects of anesthetics on the behavior and physiology of fishes. Publication of the Institute of Marine Science, University of Texas. 6: 23-55.

Mylonas, C.C., Cardinaletti, G., Sigelaki, I. and Polzonetti-Magni, A. 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of european sea bass (*Dicentrarchuslabrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. Aquaculture. 246: 467 - 481.

Pirhonen, J. and Schreck, C.B. 2003. Effects of anesthesia with MS-222, clove oil and cabondioxide on feed intake and plasma cortisol in steelhead trout *(Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 220: 507 - 514.

Rose, J.D. 2002. The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and pain. Rev. Fish. Sci. 10: 1-38.

Ross, L.G. and Ross, B. 2008. Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals. 3 rd. ed., Blackwell Science, Cornwall: UK. 222 p.

Sharma, K.P., Al-Nasiri, S.K. and Bhatli, M.N. 1978. Toxicity of MS-222 on three fishes of Irag. Bangaladesh. J. Zool. 6: 107-112.

Somjai, D., Pansue, O. and Chiayvareesajja, S. 2008. Toxicity and Efficacy of clove oil for anesthetizing Siamese fighting fish (*Bettas plendens*). J. Thaksin. 11(2): 31-38.

Songkaew, A., Chokboonmongkol, C., Khattiya, R., Wongsathein, D., Mengumpun K. and Pikulkaew, S. 2007. Induction time and behavior of anesthesia and recovery in Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas)* after anesthetized with clove oil and tricaine methanesulfonate (MS- 222). J. Thai Vet. Med. Assoc. 58(2): 12-21.

Stoskopf, M. 1993. Anaesthesia. In: Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine. Pergamon Veterinary Handbook Series, London: 161-168.

Taveekijakarn, P. 2007. Anesthetics in fish. Veterinary medical aquatic animal research center: VMARC. J. Fish disease. 16: 4-6.

Wongkaew, P. and Nonwachai, T. 2015. Concentrations of clove oil for anesthesia in Rohu (*Labeo rohita*). Khon Kaen Agr. J. 43(Suppl. 1): 209-214.

บทความวิจัย

ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์

เหล็กไหล จันทะบุตร*, จุฑารัตน์ แก่นจันทร์, บัณฑิตา สวัสดี, พุทธชาติ อิ่มใจ และ ชนวรรณ โทวรรณา

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ซึ่งเป็นการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักเรดโอ๊ค ในบ่อซีเมนต์ขนาด 0.5 ตารางเมตร แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 150, 250 และ 300 ตัวต่อตารางเมตร เพื่อศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสม และอัตราการเจริญเติบโต ใช้ปลานิลน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.13, 8.00 และ 7.67 กรัม และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 8.27, 7.29 และ 6.68 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน ผลการศึกษา พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.82, 43.32 และ 39.90 กรัม ตามลำดับ ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.58, 18.25 และ 13.10 เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราการรอดตายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.44, 97.00 และ 97.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนน้ำหนักเพิ่มต่อวัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.89, 23.17 และ 27.93 กรัมต่อวัน อัตราการแลกเนื้อมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.07, 0.19 และ 0.09 ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าเฉลี่ย 23.18, 36.10 และ 33.25 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ และพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคุณภาพน้ำ อุณหภูมิ ฟอสเฟส และไนเตรท ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.36-7.51 ดังนั้นการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์เป็นแนวทางส่งเสริมเสริมอาชีพเลี้ยงปลานิลแก่เกษตรกรแบบเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ : ปลานิล, ความหนาแน่น, อควาโปนิกส์, อัตรารอด และอัตราการแลกเนื้อ

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

Suitable Stocking Density of Nile Tilapia in the Recirculation Aquaponic System

Leklai Chantabut*, Chutharat Kanchan, Banthita Sawasdee, Puttachat Imjai and Chanawan Thowanna

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

Abstract

The purpose of this study was to investigate the appropriate density of the recirculation aquaponic system of nile tilapia culture. An aquaponic system was studied through the integrated culture of nile tilapia and red Oak lettuce in a recirculating system for 120 days. Tilapia fry of uniform size of 7.13, 8.00, 7.67 g, and the average length 8.27, 7.29, 6.68 cm were released in 0.5 m^3 cement tank in three treatments (stocking densities) with 3 replications: 150, 250 and 300 fish/m^3 to access the effect of stocking density on the growth performance of fish. Fish were fed with commercial feed, Ad libitum. The results showed that weight gain of nile tilapia were 27.82, 43.32 and 39.90 g and the average length gain were 14.58, 18.25 and 13.10 cm, respectively. The survival rates were 92.44, 97.00 and 97.33%, respectively. However, there were no significant differences between the treatments. The average daily gain were 27.89, 23.17 and 27.93 g/day, The feed conversion ratios were 0.07, 0.19 and 0.09, respectively. The Specific growth rate were 23.18, 36.10 and 36.10 percent/day, respectively, and was significantly different among the treatments. There were no significantly differences in the temperature, DO, nitrate and phosphorus among treatments. However, the value of pH was significantly different ranging between 7.36-7.51. Therefore, recirculation aquaponic system can be considered a sustainable aquacultural production.

Keywords : Nile tilapia, Density, Aquaponic, Survival rate and Feed conversion ratios

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

บทนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศเนื่องจากเจริญเติบโตเร็วและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศและมีแนวโน้มความต้องการผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดจึงได้มีการเลี้ยงปลานิลในอัตราความหนาแน่นค่อนข้างสูงทำให้ความเสี่ยงในการเกิดโรคและยังมีการระบายน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงในช่วงระหว่างการเพาะเลี้ยงและในช่วงที่จับสัตว์น้ำทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรม เกิดปัญหาทางด้านสภาพแวดล้อม จึงได้มีแนวคิดที่จะนำระบบกรองน้ำมาใช้ในการเลี้ยงปลานิลในความหนาแน่นสูง โดยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ เพื่อประหยัดเนื้อที่ในการเลี้ยงปลานิล (Kardsakun *et al*., 2014) ร่วมกับระบบอควาโปนิกส์ เพื่อลดปัญหาด้านมลพิษทางน้ำ โดยระบบอควาโปนิกส์ (Aquaponic) เป็นการเลี้ยงปลาผสมผสานกับระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน รวมถึงเป็นระบบการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากธาตุอาหารที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียในน้ำจะถูกนำมาเป็นธาตุอาหารของพืชแทนการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไปในระบบบำบัดน้ำโดยพืชจะทำหน้าที่ดึงไนโตรเจนด้วยกลไกต่างๆ เช่น การดูดซึมแอมโมเนียหรือไนเตรทไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต (Ladhavisuti, 2001)

การพัฒนารูปแบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาผสมผสานกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสม เพราะธาตุอาหารที่เกิดจากของเสียจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต ซึ่งการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชมีประสิทธิภาพดีโดยเฉพาะการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ (Nair *et al*., 1985; Somboochai, 2009) ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชแบบอควาโปนิกส์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกเรดโอ๊คโดยใช้ระบบผสมผสานและเพื่อนำเป็นแนวทางส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชไร้ดินให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการหรือผู้สนใจในการเลี้ยงปลานิลในระบบอควาโปนิกส์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ร่วมกับการปลูกเรดโอ๊ค โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน โดยใช้ปลานิลน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.13 8.00, 7.67 กรัม และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 8.27, 7.29 และ 6.68 เซนติเมตร ในแต่ละชุดการทดลอง โดยกำหนดให้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ตารางเมตร

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 250 ตัว/ตารางเมตร

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ตารางเมตร

การเตรียมเรดโอ๊ค นำเมล็ดผักทำการเพาะในฟองน้ำประมาณ 7 วัน แล้วนำมาเพาะกล้าในระบบระบบอควาโปนิกส์

การเตรียมระบบการเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 0.5 เมตร จำนวน 9 บ่อ ล้างทำความสะอาดและตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 2 วัน ใช้ชุดระบบระบบอควาโปรนิกส์ จำนวน 6 ชุด ใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ประกอบด้วยข้องอให้น้ำหมุนเวียน ไหลย้อนกลับลงบ่อซีเมนต์ เติมน้ำลงบ่อในระดับความสูง 60 เซนติเมตร (Fig. 1)

Fig.1 Nile tilapia recirculating system

การเตรียมลูกพันธุ์ใช้ปลานิลอายุ 2 เดือน นำมาพักในบ่อทดลองเพื่อให้ลูกปลาปรับตัว สุ่มชั่งน้ำหนักและนับจำนวนลูกปลานิลลงบ่อ การจัดการและการ ให้อาหารปลาระหว่างทดลอง ปลาจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา

08.00 น. และ 16.00 น. โดยให้อาหารจนปลากินอิ่ม ทำการจดบันทึกข้อมูล ดังนี้

1. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average daily weight gain, ADG; กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสุดการทดลอง – น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

2. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (Percentage weight gain, เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{[(\text{น้ำหนักสุดท้าย}) – (\text{น้ำหนักเริ่มต้น})]}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)}} \times 100$$

3. อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

4. อัตรารอด (Survival rate, เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ เลี้ยงนาน 120 วัน พบว่า ผลต่อการเจริญเติบโต และน้ำหนักมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 27.82±1.25, 43.32±6.81 และ 39.90±7.32 กรัม ความยาวสุดท้ายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 14.58±1.82, 18.25±4.08 และ 13.10±1.86 เซนติเมตร และอัตรารอดตาย มีค่าเท่ากับ 92.44±5.39, 97.00±1.0 และ 97.33±2.01 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) วิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน มีค่าเท่ากับ 0.23±0.01, 0.36±0.06 และ 0.33±0.06 กรัมต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ 0.07±7.85, 0.09±2.03 และ 0.19±5.32 และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ มีค่าเท่ากับ 23.18±1.04, 36.10±5.68 และ 33.25±6.10 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kardsakun *et al*. (2014) ได้ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิล ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ พบว่า ด้านน้ำหนัก ความยาว และอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การศึกษาการเลี้ยงปลานิลแบบในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ ที่ระดับความหนาแน่น 150 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการแลกเนื้อต่ำกว่าชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นมาก สอดคล้องกับ Panakulchaiwit *et al*., (2011) กล่าวว่า การทดลองที่มีความหนาแน่นแตกกันมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต พบว่า ระดับความหนาแน่นในการเลี้ยงปลามีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา และอัตราการรอดตายของปลามีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับระดับความหนาแน่น คือเมื่อเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นที่มากขึ้นการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาจะลดลง เนื่องจากระดับความหนาแน่นที่มากขึ้นปลาจะมีความเครียดมากขึ้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ส่วนอัตราการแลกเนื้อ มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

สำหรับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาทำการศึกษา พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 7.45 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 26.25 องศาเซลเซียส ค่า DO เฉลี่ยอยู่ที่ 5.66 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสเฟส เฉลี่ยอยู่ที่ 1.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยอยู่ที่ 2.80 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 2) ทั้งนี้ Rittiruk *et al*. (2010) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 เป็นระดับที่เหมาะสมแก่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาอยู่ในระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส ขณะที่ค่า DO มีค่าไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนเตรทไม่ต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าฟอสเฟส เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตได้ดี แต่ไม่ควรมีค่าสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิล ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ ในบ่อซีเมนต์ขนาด 0.5 ตารางเมตร ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุด ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ที่ระดับความหนาแน่น 150, 250 และ 300 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าที่อัตราความหนาแน่นที่ระดับ 250 ตัวต่อตารางเมตรมีน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ จะเห็นได้ว่าในการทดลองครั้งนี้ ที่ระดับความหนาแน่นที่ 250

ตัวต่อตารางเมตรเป็นระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลในระบบอควอโปรนิกส์ (Aquaponic)

สำหรับคุณภาพน้ำในภาพรวมมีค่าระดับคุณภาพน้ำอยู่ระหว่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล แสดงให้เห็นว่าแนวทางการพัฒนาเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่นมากในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์สามารถบำบัดคุณภาพ ลดการเปลี่ยนถ่ายเทน้ำใช้น้ำน้อยและเลี้ยงในสภาพพื้นที่จำกัดได้ นอกจากนี้ยังสามารถได้ผลผลิตผักเพื่อบริโภคและจำหน่าย รวมทั้งสามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดศึกษาในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับผักชนิดอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ต่อไปในอนาคต

Table 1 Growth performance of Nile Tilapia in Aquaponic system

parameters	Stocking density (fish/m^3)		
	150	**250**	**300**
Initial length (cm)	8.27±0.37	7.29±0.18	6.68±0.20
Initial weight (g)	7.13±1.10	8.00±0.67	7.67±0.29
Final length (cm)	14.58±1.82	18.25±4.08	13.10±1.86
Final weight (g)	27.82±1.25	43.32±6.81	39.90±7.32
Total Feed (kg)	9.90±5.4	5.60±1.7	10.9±5.4
ADG (g/day)	0.23±0.01[b1/]	0.36±0.06[a]	0.33±0.06[a]
FCR	0.07±7.85[a]	0.09±2.03[a]	0.19±5.32[b]
Survival (%)	92.44±5.39	97.00±1.00	97.33±2.01
Specific growth rate (%/day)	23.18±1.04[b]	36.10±5.68[a]	33.25±6.10[a]

[1/]Means followed by the same letter in the same row are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test at 95% level (0.05)

Table 2 Water quality of Nile Tilapia culture in Aquaponic system

Water quality	Stocking density (fish/m^3)				
	150	**250**	**300**	**F-test**	**C.V. (%)**
pH (mg/L)	7.51[a1/]	7.50[a]	7.36[b]	*	0.01
Temperature (°C)	26.30	26.22	26.25	ns	0.00
Dissolved oxygen (mg/L)	5.33	4.67	7.00	ns	0.21
Phosphate (mg/L)	1.80	1.08	1.82	ns	0.27
Nitrate (mg/L)	2.75	2.33	3.33	ns	0.18

[1/]Means followed by the same letter in the same row are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test at 95% level (0.05)

References

Nair, A., Rakocy, J.E. and Hargreaves, J.A. 1985. Water quality characteristics of a closed recirculating system for tilapia culture and tomato hydroponics. In Proceeding of 2nd International Conference on Warm Water Aquaculture –Fin fish. Brigham Young University Hawaii Campus, February 5-8, pp. 223-254.

Ladhavisuti, N. 2001. Aquaponics for ornamental fish aquaculture system and aquatic plant. Home Agricultural Magazine. 25(7): 215 P. (in Thai)

kardsakun, P., Chaibu, P., Chitmanat, C. and Mangumphan, K. 2014. Appropriate density of recirculating system nile tilapia culture in aquaponic. J. Fish. Tech. Res. 8(1): 23-32.

Panakulchaiwit, R., Aue-umneoy, D., Intarapuk, N. and Taveethap, B. 2011. Integrated farm between nile tilapia culture and floating water convolvulus grown. J. Fish. Tech. Res. 5(1): 37-46.

Somboochai, S. 2009. Cultivation of hybrid catfish in recirculating concrete pond with hydroponic system. M.sc. Thesis in Fisheries Technology. Maejo University, Chiangmai. 102 pp. (in Thai)

Rittiruk, U., Sanguandeekul, S. and Rakseree, S. 2010. The integrated hydroponic system for waste water treatment in recirculating fish culture. J. Res. 3(2): 58-53.

บทความวิจัย

การใช้ไบโอฟลอคอบแห้งในการผลิตอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

สิริพงษ์ วงศ์พรประทีป*, ธรรมนูญ ง่านวิสุทธิพันธ์ และ กรกฏ สันทัดการ

สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ไบโอฟลอค (Biofloc) เพื่อทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิล ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.67 กรัม โดยใช้อาหารทดลองจำนวน 5 สูตร โดยมีโปรตีน 35% โดยมีการแทนที่ปลาป่นด้วยไบโอฟลอคที่ระดับ 0, 20, 40, 80 และ 100% ตามลำดับ ทดลองในบ่อซีเมนต์กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ระดับน้ำสูง 30 เซนติเมตร ใส่ปลาบ่อละ 30 ตัว ให้อาหารปลาวันละ 3 ครั้ง ให้จนอิ่ม ใช้ระยะเวลา 7 สัปดาห์โดยการทดแทนปลาป่นด้วยไบโอฟลอค 100% ในสูตรอาหารส่งผลให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 1.62±0.30 กรัม/วัน อัตรารอดตาย 54.33±12.50% และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.48±0.20 น้ำที่ใช้เลี้ยงปลามีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.09- 2.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์มีค่าอยู่ในช่วง 0.02-1.90 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชมีค่าเท่ากับ 7.1-7.6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 9.70-15.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความเป็นด่าง 64.73-89.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความกระด้าง 102.31 -144.68 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 26.33–27.33 องศาเซลเซียส ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมไบโอฟลอคที่ระดับต่างๆ ให้การเจริญเติบโตและอัตรารอดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีแนวโน้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยไบโอฟลอคในสูตรอาหารสำหรับปลานิลได้

คำสำคัญ: ไบโอฟลอค, ปลานิล, ปลาป่น,อาหารปลานิล และการทดแทนปลาป่นในสูตรอาหาร

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: siripong.w@rmutsv.ac.th

Application of Biofloc in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Diet

Siripong Wongphonprateep*, Thammanoon Nganwisuthiphan and Koragot Suntudkarn

Department of Fishery, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, 80110, Thailand

Abstract

This research aimed to study the effects of supplying bioflocs on nile tilapia culture. Juveniles of nile tilapia weighing average of 0.67 g were fed with five diets formulated with 35% protein and replaced fish meal with biofloc in 0, 20, 40, 80 and 100%. Each group of fish was stocked in cement tank (30 fish/tank) and was fed three times a day for seven weeks. Studies found that replacing fish meal with 100% of biofloc had average daily gain as 1.62 ± 0.30 g/day. Survival rate was 54.33 ± 12.50 and feed conversion ratio was 1.48 ± 0.20, respectively. Regarding to water quality during the experiment, ammonia concentrations ranged from 0.09 to 2.03 mg/L. Nitrite concentrations ranged from 0.02 to 1.90 mg/L, pH was 7.1-7.6. Dissolved oxygen ranged from 9.70 to 15.49 mg/L, the alkalinity was 64.73-89.37 mg/L, totally hardness was 102.31 -144.68 mg/L and temperature were 26.33 and 27.33 degrees Celsius. The growth and survival were not significantly differences. The results showed a trend to replace fish meal with Biofloc for tilapia feed.

Keywords: Biofloc, Nile Tilapia, Fish meal, Tilapia feed and Fish meal replacement in diet

* Corresponding author: E-mail: siripong.w@rmutsv.ac.th

บทนำ

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่สำคัญทางเศรษฐกิจของไทย (Department of Fisheries, 2010) เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว และต้านทานต่อโรค ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปในระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่น (Intensive) (Department of Fisheries, 2013) โดยต้นทุนในการเลี้ยงปลานิลนั้นกว่าร้อยละ 60 มาจากอาหาร (Pengseng, 2015) ด้วยต้นทุนที่จำกัดเกษตรกรจะไม่สามารถจัดเก็บอาหารเม็ดสำเร็จรูปไว้ได้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น และเมื่ออาหารล่วงอายุ คุณค่าทางโภชนะของอาหารจะลดลง และในระบบการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบหนาแน่นนั้นจะมีสิ่งขับถ่ายจำพวกแอมโมเนียเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระบบการเลี้ยง ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในบางฤดูกาล ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำในระบบการเลี้ยงได้ และคาดว่าในอนาคตปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำจะสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีไบโอฟลอค (Biofloc technology) มาใช้ในระบบการเลี้ยงปลานิลเนื่องจากไบโอฟลอคสามารถลดปริมาณแอมโมเนียที่เป็นพิษได้ (Burford *et al*., 2004; Direkbusarakom, 2015) โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มของ Heterotrophic bacteria ซึ่งต้องการออกซิเจนในการสลายพลังงาน สามารถใช้คาร์บอนและไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหาร การใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอคจะต้องควบคุมอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ให้มีความเหมาะสม โดยการนำเทคโนโลยีไบโอฟลอคมาใช้ในระบบการเลี้ยงปลานิลนั้นจะช่วยลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และนำไบโอฟลอคมาทดแทนปลาป่นซึ่งเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารในการเลี้ยงปลานิล(Bureau of Agricultural Economics Research, 2012)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลจากการใช้ไบโอฟลอคทดแทนปลาป่นที่ระดับต่างๆ ต่ออัตรารอด อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในอาหารปลานิล เพื่อหาความเป็นไปได้ในการใช้ของเหลือจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนำกลับมาใช้ในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมไบโอฟลอค

เตรียมไบโอฟลอคในถังขนาด 1000 ลิตร โดยใช้อาหารกุ้งและแป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอฟลอค โดยควบคุมอัตราส่วนคาร์บอนต่อโปรตีน (C:P ratio) ในอัตราส่วน 16:1 และเติมอากาศตลอดเวลาแบบมากเกินพอ วัตถุดิบใช้อาหารกุ้งเสื่อมอายุ (โปรตีน 46% ที่เกินอายุที่แนะนำให้ใช้ประมาณ 1 เดือน)และแป้งมันสำปะหลังโดยควบคุมอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ให้อยู่ในสัดส่วน 16:1โดยเติมวัตถุดิบที่ได้จากการคำนวณในครั้งเดียว ซึ่งดัดแปลงจากสมการของ Schryver *et al*. (2008) ดังนี้ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เติม = ปริมาณโปรตีนในน้ำ (กรัม/ลิตร)xปริมาตรน้ำ(ลิตร)xปริมาณสัดส่วนคาร์โบไฮเดรตxประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนในวัตถุดิบ$^{-1}$ วัดปริมาณไบโอฟลอคในถังทุกวันด้วยอิมฮอฟฟ์โคน (imhoff cone) โดยนำน้ำจากบ่อเลี้ยงเติมลงในอิมฮอฟฟ์โคนให้ได้ปริมาณ 1000 มิลลิลิตร จับเวลา 10 นาที เพื่อดูแนวโน้มการเกิดไบโอฟลอคที่เกิดเพิ่มขึ้นในถังเลี้ยง โดยมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 15 จึงกรองเก็บไบโอฟลอค และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ด้วยตู้อบความร้อน นาน 1 วัน แล้วจึงส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารที่ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ด้วยวิธี AOAC (1995) โดยไบโอฟลอคจากการเลี้ยงด้วยวิธีดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 35% และไขมัน 0% เยื่อใย 0% เถ้า 13% ส่วนที่เหลือจากการส่งวิเคราะห์บรรจุใส่ถุงพลาสติกเก็บใส่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C

2. การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองนั้นมีจำนวน 5 สูตร เป็นอาหารเม็ดจมที่เตรียมขึ้นเอง โดยดัดแปลงสูตรจาก Usawakesmanee (2014) โดยใช้ไบโอฟลอคที่ผลิตได้ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 20, 40, 80 และ 100% โดยปรับสูตรอาหารให้มีระดับโปรตีนประมาณ 35% และปริมาณไขมัน 10% โดยใช้เครื่องอัดเม็ดอาหารหน้าแว่นขนาด 3 มิลลิเมตร ตัดอาหารให้มีขนาดใกล้เคียงกัน นำอาหารที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60°C จนกระทั่งมีความชื้นในอาหารประมาณ 10% บรรจุอาหารใส่ถุงพลาสติกเก็บใส่ตู้เย็นที่ 4°C แบ่งส่วนหนึ่งส่งวิเคราะห์คุณค่าของอาหารแต่

ละสูตร เพื่อยืนยันปริมาณโปรตีน ที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด อีกครั้ง (Table 1)

3. การเตรียมปลาทดลอง

นำปลานิลแปลงเพศจากฟาร์มวาสนาพันธุ์ปลา อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช นำมาปรับสภาพในบ่อทดลอง และฝึกให้กินอาหารสูตรที่ 1 (ควบคุม) วันละ 3 ครั้ง เวลา 09.00, 12.00 และ 16.00 น. เป็นเวลา 2 สัปดาห์เพื่อฝึกให้ปลาคุ้นเคยกับอาหารและบ่อเลี้ยง เมื่อปลามีสุขภาพแข็งแรงและยอมรับอาหารจึงเริ่มการทดลอง

4. แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองในระหว่างเดือน ตุลาคม 2557 ถึงเดือน มกราคม 2558 ณ สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 5 สิ่งทดลอง ทำการศึกษาสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำคัดขนาดปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.67 กรัม ลงบ่อทดลองแบบกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ระดับน้ำสูง 30 เซนติเมตร บ่อละ 30 ตัว ให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว เลี้ยงเป็นเวลา 7 สัปดาห์ เติมอากาศตลอดเวลาโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยง แต่ใช้วิธีควบคุมระดับน้ำโดยเติมทดแทนหากมีปริมาณน้อยกว่าที่กำหนดไว้

5. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

สุ่มปลานิลชั่งวัดทุกๆ 7 วัน วางยาสลบด้วยน้ำมันกานพลู 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (น้ำมันกานพลู/ปริมาตรน้ำ) วัดขนาด ชั่งน้ำหนัก โดยสุ่มครั้งละ 10 ตัว จดบันทึก คำนวณอัตราการเจริญเติบโตในรูปของ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตรารอด (Survival rate) ตามวิธีของ Choochote (1993) ดังนี้

1) อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR)

$$\text{FCR} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด (ก)}}{\text{น้ำหนักปลาที่จับ (ก) - น้ำหนักปลาเริ่มต้น (ก)}}$$

2) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Growth; ADG)

$$\text{ADG} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่จับ (ก) – น้ำหนักปลาเริ่มต้น (ก)}}{\text{ระยะเวลาของวันที่เลี้ยง}}$$

3) อัตรารอด (Survival rate, %)

$$\text{อัตรารอด (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อย}}$$

6. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ก่อนการชั่งวัดปลานิล ในปัจจัยต่อไปนี้การวิเคราะห์ความเป็นด่าง และการวิเคราะห์ออกซิเจนละลายน้ำ ด้วยวิธีมาตรฐาน (APHA-AWWA-WEF, 1995) การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ ใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบพกพา ยี่ห้อ Lovibond™ รุ่น MaxiDirect/MD600 และชุดสารละลายสำเร็จรูป Lovibond™และการวัดพีเอชและอุณหภูมิใช้เครื่องวัดยี่ห้อ Orion รุ่น Model 290A

ผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตเฉลี่ย อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมไบโอฟลอคทดแทนปลาป่นในระดับต่างๆกันในการทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตั้งแต่ระดับ 20 – 100% (ปริมาณไบโอฟลอคที่ใส่ในสูตรอาหาร 200-450 ก./ กก.) แต่พบว่าในชุดควบคุมมีน้ำหนักสุดท้ายที่สูงกว่าทุกชุดการทดลอง (7.04±1.01) แต่มีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่มากกว่าชุดการทดลองอื่นด้วยเช่นกัน (1.72±0.34) ในส่วนของการศึกษาคุณภาพน้ำ ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.08 – 2.03 mg/L NH^3 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียที่อยู่ในช่วงต่ำสุดจะอยู่ในการทดแทนปลาป่นด้วยไบโอฟลอคที่ระดับ 100% เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนสูงที่สุดในจึงเป็นสาเหตุให้แอมโมเนียมีปริมาณลดต่ำลงกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งในการทดลองพบปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.02 – 1.90 mg/L NO^{2-} เป็นปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อปลานิล เพราะมีปริมาณออกซิเจนสูงจากการให้อากาศตลอดเวลา พีเอชอยู่ในช่วง 7.1 – 7.6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 9.70-15.49 mg/L ปริมาณความเป็นด่าง 64.73-89.37 mg/L as $CaCO_3$ ปริมาณความกระด้างเฉลี่ยสูงสุด 102.31 -144.68 mg/L as $CaCO_3$ และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.33 – 27.33°C ซึ่งสัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ดี (Table 1 and 2)

Table 1 Ingredient In diets (protein levels 32-38%)

Ingredients	Recommended (%)	Fish meal replacement ratio in diet (per 100 g)				
		0%	20%	40%	80%	100%
Fish meal	unlimited	25	20	15	5	0
Soybean meal	35-40	34	28	28	40	35
Cassava starch	0-35	1	1	1	1	1
Glutinous rice flour	unlimited	9	9	10	9	10
Rice bran	15-35	30	21	10	4	8
vitamin	1	1	1	1	1	1
Bioloc	unlimited	0	20	35	40	45
Protein Analysis (%)	-	36.82	36.47	34.33	37.83	32.47

Table2 Growth and Survival of tilapia fed with five diets for 7 weeks (mean ± SD, 3 replicates)

Factors	Fish meal replacement ratio in diet					P-value
	0%	20%	40%	80%	100%	
Average initial weight (g)	0.65±0.13	0.71±0.03	0.61±0.12	0.67±0.70	0.68±0.06	0.728
Average end weight (g)	7.04±1.01	6.28±1.14	6.66±0.35	6.14±1.61	6.12±0.84	0.470
Survival rate (%)	50.00±7.70	53.03±9.62	26.60±8.87	33.31±8.35	53.33±3.88	0.681
Feed conversion ratio	1.72±0.34	1.49±0.04	1.78±0.99	1.46±0.04	1.48±0.20	0.869
Average growth rate/day	1.20±0.20	1.54±0.26	1.28±1.15	1.14±0.30	1.62±0.30	-

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองให้ผลคล้ายกับการทดลองของ Bauer *et al*. (2012) ที่ใช้โปรตีนจากไบโอฟลอค และจากถั่วเหลือง เพื่อทดแทนปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้งขาวในระดับ 25, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตรารอดตาย (Survival rate) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) สอดคล้องกับ Azim and Little (2008) ที่เลี้ยงปลานิลในระบบที่ไม่มีไบโอฟลอค ด้วยอาหารที่มีปริมาณโปรตีน 35% และ ในระบบที่มีไบโอฟลอคด้วยอาหารปริมาณโปรตีน 35% และ 24% พบว่าปลาที่เลี้ยงในระบบที่มีไบโอฟลอคมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ดีกว่าปลานิลที่ไม่ได้เลี้ยงในระบบไบโอฟลอค ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการผลิตไบโอฟลอคจากอาหารกุ้งเสื่อมอายุร่วมกับแป้งมันสำปะหลังโดยการควบคุม C:P ในระดับ 16:1 นั้นสามารถนำของเหลือจากการเลี้ยงสัตว์น้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และลดการใช้ปลาป่นในสูตรอาหารปลานิลลงได้ แต่ในการทดลองนี้พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาไม่ดีนักและมีอัตรารอดต่ำ สอดคล้องกับ Sittiplangkoon (2013) ที่ทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยไบโอฟลอคที่อัตราส่วน C:N เท่ากับ 20:1 พบว่าปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโต 0.59 กรัม/วัน ซึ่งผลดังกล่าวอาจเป็นจากการไม่ได้เปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยง 7 สัปดาห์ทำให้ปลาต้องใช้พลังงานในการรักษาสมดุลของร่างกายและขับถ่ายของเสียทำให้ปลาโตช้าและอัตรารอดต่ำ และไม่มีการเติมวัตถุดิบจำพวกแป้งเพื่อเพิ่มคาร์บอนให้เกิดไบโอฟลอค เนื่องจากต้องการศึกษาว่าสูตรอาหารสามารถเพิ่มระบบฟลอคจากสิ่งขับถ่ายในระบบ

ได้หรือไม่ อีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อการรอดของปลาคือการเลือกใช้วัตถุดิบและขบวนการทำอาหารที่ไม่ได้ทำให้ถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักซึ่ง Chitmanat (2016) ได้อธิบายว่าเนื่องจากกากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่สัตว์ใช้ในการเจริญเติบโตเช่น เมทไธโอนีน (methionine) ไลซีน (lysine) และทรีโอนีน (threonine) น้อยกว่าปลาป่น นอกจากนี้โปรตีนจากพืชในสภาวะดิบยังมีสารยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีน หากไม่ทำให้สุกจะมีผลทำให้ลดการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนบางตัว เช่น เมทไธโอนีนและซีสทีน (cystine) ลงได้ซึ่งในการการทดลองยังขาดการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่ได้จากไบโอฟลอคที่ผลิตในวิธีการดังกล่าวซึ่งอาจส่งผลต่ออัตรารอด และการเจริญเติบโตของปลาได้ ในด้านคุณภาพน้ำพบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ทำการทดลองชุดที่การทดแทนปลาป่นด้วยไบโอฟลอคที่ระดับ 100% มีปริมาณแอมโมเนียน้อยที่สุดนั้น นอกจากนี้ Chitmanat (2016) อธิบายเพิ่มเติมว่า ไบโอฟลอค (biofloc) จะเกิดเมื่อความสมดุลของอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในน้ำจะถูกเปลี่ยนไปเป็นตะกอนจุลินทรีย์ (biofloc) แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ (Heterotrophic bacteria) ที่รวมตัวกันเป็นตะกอนแขวนลอย เมื่อมีการเติมสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตลงไปอีกจะมีการไปกระตุ้นให้ไบโอฟลอคดึงไนโตรเจน (แอมโมเนีย) มาใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่มากขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลง

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้ไบโอฟลอคทดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลจากการทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารสูตรที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไบโอฟลอค ในระดับ 0, 20, 40, 80 และ 100% ตามลำดับโดยเติมอากาศตลอดเวลา และไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง พบว่าสูตรอาหารที่ไม่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไบโอฟลอคและสูตรอาหารที่ได้รับการทดแทนปลาป่นด้วยไบโอฟลอค (20–100%) ทุกสูตรอาหารเมื่อนำมาทดลองเลี้ยงปลานิลพบว่ามีอัตรารอด (Survival rate) อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ไม่มีความแตกต่างกันทางหลักสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (0%) ในด้านคุณภาพน้ำพบว่าการใช้ไบโอฟลอคทดแทนปลาป่นที่ระดับ 100% เหมาะต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.09 – 0.36 mg/L NH^3 ปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.07 – 1.32 mg/L NO^{2-} ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและคุณภาพน้ำของชุดการทดลองที่ให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับการใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอคทดแทนปลาป่น 0% มีความเหมาะสมน้อยที่สุดมีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.09 – 2.03mg/L NH^3 ปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.03 – 1.38 mg/L NO^{2-} ซึ่งค่อนข้างเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสามารถใช้ไบโอฟลอคอบแห้งทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.กิตติชนม์ อุเทนะพันธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ทดลอง และข้อเสนอแนะในการทดลอง และขอขอบคุณคณะกรรมการโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก ภาคใต้ตอนบน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

References

AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md: AOAC International.

APHA-AWWA-WEF.1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th Edition, Washington DC.

Azim, M.E. and Little, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition and growth and welfare of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 283: 29-35.

Bauer, W., Prentice-Hernandez, C., Tesser, M.B., Wasielesky, W.J. and Poersch, L.H.S. 2012. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture. 342-343: 112-116.

Bureau of Agricultural Economics Research. 2012. Study of economy, production, marketing of fishmeal. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives Agricultural Economics Research. Thailand [online]. (Accessed March 27, 2015) Available from: URL: http://www.oae.go.th /ewtadmin/ewt/oae_baer/download/article/article_20141013135447.pdf.

Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H. and Pearson, D.C. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture. 232: 525-537.

Chitmanat, C. 2016. Aquaculture technology innovation. Prawarun Agr. J. 13 (2): 116-125.

Choochote, S. 1993. Freshwater fish farming. O.S. Printing House: Bangkok. 280 pp.

Department of Fisheries. 2010. Fisheries statics of Thailand 2009. Information Technology Center, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. 96 pp.

Department of Fisheries. 2013. Tilapia product and product situation report in the year of 2013. Fisheries Economics. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. 9 pp.

Direkbusarakom, S. 2015. Aquaculture by flocculation [online]. [Accessed March 27, 2015] Available from: URL: http://www.coastalaqua.com/files/technology.

Pengseng, P. 2015. Quality of tilapia farm village to standard. The Complete report of Village Project, Science and Technology Camp in Fiscal Year 2015. Nakorn Sri Thammarat. pp. 6.

Schryver, P. D., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N. and Verstraete, W. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture. 277: 125-137.

Sittiplangkoon, P. 2013. Efficiency of inorganic treatment of biological sludge from biofloc aquaculture system. M.Eng. Thesis in Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

Usawakesmanee, N. 2014. Nutrition and fish feeding. O.S. Printing House: Bangkok. 280 pp.

บทความวิจัย

ความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ที่แยกได้จากกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) ที่แสดงอาการป่วย ในจังหวัดสกลนคร

ทรงทรัพย์ อรุณกมล[1*], ธราดล จิตจักร[2], นพรัตน์ พัชณีย์[1]และ สกลสุภา เจนศิริวงศ์[1]

[1]สาขาวิชาการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[2]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

บทคัดย่อ

การศึกษาความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ที่แยกได้จากกบนาที่แสดงอาการป่วย ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 สามารถแยกเชื้อ *A. hydrophila* จากตัวอย่างกบป่วยได้ทั้งหมด 51 ไอโซเลท โดยเชื้อมีลักษณะกลมขอบเรียบในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ย้อมติดสีแกรมลบ รูปร่างแท่งสั้น สร้างเอนไซม์ catalase และ oxidase ไม่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี 4% โซเดียมคลอไรด์ เมื่อนำมาทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ พบว่าสามารถแบ่งระดับความไวต่อยาได้ 2 กลุ่มดังนี้ คือ กลุ่มที่ให้ผลการดื้อยา (resistance: R) พบว่ามี 4 ตัวยาคือ Amoxicillin, Ampicillin, Erythromycin และ Penicillin G มีอัตราการดื้อยา 100, 100, 96.08 และ 100% ตามลำดับ กลุ่มที่ให้ผลพบว่ามีความไวต่อยาปฏิชีวนะ (sensitive: S) มี 11 ตัวยา คือ Chloramphenicol, Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Gentamicin, Kanamycin, Nitrofurantoin, Norfloxacin, Sulfamethoxazole/Trimethoprim, Tetracycline, Oxytetracycline และ Streptomycin โดยมีอัตราการความไวต่อยา 94.12, 98.04, 96.08, 98.04, 92.16, 100.00, 96.08, 98.04, 39.22, 41.18 และ 92.16% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใช้ยา Oxytetracycline และ Tetracycline มีค่าความไวต่อยาที่อัตราส่วนความไวต่อยาต่ำ และมีแนวโน้มการดื้อต่อยาปฏิชีวนะซึ่งตรงกับการให้ข้อมูลของเกษตรกรในพื้นที่ที่พบว่ามีการใช้ยาปฏิชีวนะทั้งสองชนิดนี้มาเป็นระยะเวลานานจึงควรมีการเฝ้าระวังการใช้ยา 2 ชนิดนี้อย่างใกล้ชิด

คำสำคัญ: กบนา, *Aeromonas hydrophila* และความไวต่อยาปฏิชีวนะ

[*] ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: songsub888@gmail.com

The Testing of Antibiotic Sensitivity from Isolated *Aeromonas hydrophila* from Infected Lowland Frog (*Hoplobatrachus rugulosus*) in Sakon Nakhon Province

Songsub Arungamol[1*], Tharadol Jitjak[2], Nopparat Patchanee[1] and Sakolsupa Jensiriwong[1]

[1]*Department of Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand*

[2]*Department of Animal science, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand*

Abstract

The study on the antibiotics susceptibility testing of *Aeromonas hydrophila* isolated from lowland frog cultured in Sakon Nakhon province during April, 2016 – February, 2017. Total of 51 isolates were obtained in which all were identified to be *A. hydrophila*. This bacteria was smooth round in TSA, gram negative in short shape with enzymes catalase and oxidase. It is not able to grow up at 4% of sodium chloride. In the antibiotics susceptibility study the result showed that group against the resistance: R were Amoxicillin, Ampicillin, Erythromycin and Penicillin G. at 100, 100, 96.08, and 100% respectively. In sensitive: S, 94.12, 98.04, 96.08, 98.04, 92.16, 100.00, 96.08, 98.04, 39.22, 41.18, and 92.16% of Chloramphenicol, Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Gentamicin, Kanamycin, Nitrofurantoin, Norfloxacin, Sulfamethoxazole/Trimethoprim, Tetracycline, Oxytetracycline and Streptomycin were antibiotics sensitive respectively. However, It is noticeable that there were small number of antibiotic sensitivity in Oxytetracycline and Tetracycline, which the local farmers have been using these two groups of antibiotics for long time and there should be close monitoring.

Keywords: *Hoplobatrachus rugulosus*, *Aeromonas hydrophila* and Antibiotic sensitivity test

* Corresponding author: E-mail: songsub888@gmail.com

บทนำ

กบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) เป็นสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่ทำรายได้ และสร้างอาชีพให้กับเกษตรกรทั่วประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีวิถีชีวิตการกินอยู่สัมพันธ์กับสัตว์น้ำชนิดนี้ เนื่องจากกบนาเป็นสัตว์ที่ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงน้อย มีรูปแบบการเลี้ยงที่หลากหลาย ทั้งรูปแบบบ่อดิน กระชังบ่อดิน และบ่อปูนซีเมนต์ ใช้ปริมาณน้ำในการเลี้ยงน้อยเหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อค่อนข้างต่ำ ใช้ต้นทุนค่อนข้างน้อย ผลตอบแทนต่อหน่วยค่อนข้างสูง อีกทั้งกบนายังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาจากปริมาณการส่งออกไปต่างประเทศมีปริมาณเพิ่มขึ้นดังในปี พ.ศ. 2556-2558 ที่มีมูลค่าการส่งออก 27.8, 42.1 และ 42.8 ล้านบาท โดยมีประเทศคู่ค้าที่สำคัญในการส่งออกกบที่ผลิตในประเทศในช่วงห้าปีที่ผ่านมา คือ ฮ่องกง จีน สิงค์โปร์ ญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มาเลเซีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ จากความต้องการของตลาดอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปัจจุบันพบว่ามีเกษตรกรผู้เลี้ยงกบที่มีกำลังการผลิตรวมกว่า 1,783 ตัน และมีพื้นที่การเลี้ยงกว่า 657 ไร่ทั่วประเทศ (Department of Fisheries, 2015) ส่วนรูปแบบการเพาะเลี้ยงกบนาในปัจจุบันจะมีทั้งการเพาะเพื่อจำหน่ายเป็นลูกอ๊อดและการเลี้ยงเพื่อขายเป็นกบเนื้อ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือโรคระบาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการเลี้ยง โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากการติดเชื้อในกลุ่มแบคทีเรียซึ่งทำให้กบป่วยและตายเป็นจำนวนมาก โรคติดเชื้อแบคทีเรียที่สำคัญที่พบได้อยู่เสมอเกิดจากเชื้อ *A. hydrophila* (Glorioso *et al*., 1974) ซึ่งมีรายงานการพบครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อปลายปี พ.ศ. 2525 ที่แยกได้จากการติดเชื้อในปลาน้ำจืด (Camus *et al*., 1998) โดยลักษณะทั่วไปของแบคทีเรียชนิดนี้เป็นแบคทีเรียแกรมลบมีรูปร่างเป็นแท่ง สามารถเจริญอยู่ได้ทั้งในที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ซึ่งพบว่ามีการอยู่อย่างอิสระได้ในธรรมชาติ จัดเป็นเชื้อก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในสัตว์น้ำที่สำคัญตัวหนึ่ง (Cartwright *et al.,* 1994) ด้วยสาเหตุดังที่กล่าวมาทำให้เกษตรกรได้มีการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อรักษาและป้องกันอย่างแพร่หลาย โดยไม่ทราบวิธีการและปริมาณการใช้ที่ถูกต้อง อีกทั้งวิธีการใช้ยังมีความเสี่ยงที่จะทำให้เชื้อแบคทีเรียเกิดการดื้อยา เช่น การใช้ยาปฏิชีวนะชนิดเดียวกันอย่างต่อเนื่องหรือใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันมากกว่าการรักษา นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียชนิดดังกล่าวยังสามารถก่อให้เกิดโรครุนแรงได้ในมนุษย์ เช่น การติดเชื้อในกระแสโลหิต (septicemia) การติดเชื้อในกระเพาะอาหารทำให้ลำไส้อักเสบ เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังอักเสบ หลอดลมอักเสบ (bronchitis) และเยื่อบุหัวใจอักเสบ (endocarditis) (Janda *et al*., 1996) ซึ่งการเฝ้าระวังเชื้อดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างมากทั้งกับสัตว์น้ำและมนุษย์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบและติดตามการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียชนิดดังกล่าว เพื่อหาแนวทางในการควบคุม ป้องกัน และรักษาอย่างถูกวิธีต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างกบป่วย วิธีการแยกเชื้อ และการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อ *A. hydrophila* จากกบที่แสดงอาการป่วย

ศึกษาเชื้อ *A. hydrophila* ที่แยกจากกบนาที่แสดงอาการป่วยในฟาร์มเลี้ยง เขตพื้นที่จังหวัดสกลนครโดยการสุ่มเก็บตัวอย่าง สำรวจ และศึกษาสภาพการเลี้ยงโดยทั่วไปของเกษตรกร โดยสังเกตอาการป่วยจากลักษณะภายนอก อาทิ ลักษณะการทรงตัว การว่ายน้ำผิดปกติ ตาขาวขุ่น แผลตามลำตัว ลักษณะของท้อง ในแหล่งพื้นที่การเลี้ยงในจังหวัดสกลนครตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นคือ อำเภอเมือง อำเภอพรรณานิคม อำเภอพังโคน และอำเภออากาศอำนวย จำนวนทั้งหมด 15 ฟาร์ม หลังจากนั้นทำการศึกษาชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากกบที่แสดงอาการป่วย โดยการเปิดช่องท้อง สังเกตลักษณะอวัยวะภายใน แยกเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) จากอวัยวะภายใน คือ ไต ตับ ม้าม สมอง และบาดแผลที่บริเวณผิวหนัง โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar (TSA) เพาะเชื้อแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ หลังจากนั้นศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยการย้อม

แกรมศึกษาลักษณะของเซลล์ ทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี และจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้เพื่อทำการศึกษาต่อไปใน Nutrient Broth 15% Glycerol ที่ -70 องศาเซลเซียส

2. ศึกษาความไวต่อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี Standard disc diffusion method

เตรียมเชื้อแบคทีเรียตัวอย่างโดยเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว Tryptic soy broth (TSB) นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเชื้อแบคทีเรียให้ตกตะกอน หลังจากนั้นเตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรียให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland เบอร์ 0.5 ใช้ไม้พันสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จุ่มสารละลายเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้ และป้ายลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Muller Hinton Agar (MHA) ให้ทั่วหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำจำนวน 2 ซ้ำ เพื่อเป็นการยืนยันผล และวางแผ่นยาปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ 15 ชนิดในการทดสอบ ดังนี้

1. Amoxicillin 10 µg
2. Ampicillin 10 µg
3. Chloramphenicol 30 µg
4. Ciprofloxacin 5 µg
5. Enrofloxacin5 µg
6. Erythromycin 15 µg
7. Gentamicin 10 µg
8. Kanamycin 30 µg
9. Nitrofurantoin300 µg
10. Norfloxacin10 µg
11. Oxytetracycline30 µg
12. Penicillin G 10 µg
13. Streptomycin 10 µg
14. Sulfamethoxazole/Trimethoprim 25 µg
15. Tetracycline 30 µg

บ่มให้เชื้อเจริญที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกขนาดของ clear zone โดยใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร และเทียบความไวต่อยาปฏิชีวนะตามวิธีการของ MacFaddin (1980)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลจากการเก็บตัวอย่างกบป่วย วิธีการแยกเชื้อ และการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อ *A. hydrophila* จากกบที่แสดงอาการป่วย

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างพบว่าสภาพการเลี้ยงโดยทั่วไปของเกษตรกร ในช่วงฤดูกาลเพาะพันธุ์คือช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนจะนิยมกางกระชังเพื่อเลี้ยงขุนพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินกลางแจ้ง เมื่อพ่อแม่พันธุ์พร้อมสมบูรณ์จะปล่อยให้ผสมพันธุ์ในบ่อดินที่สร้างขึ้น ขนาดกว้างประมาณ 1 เมตร ยาวประมาณ 3 ถึง 7 เมตร อัตราส่วนเพศผู้ 2 ตัวต่อเพศเมีย 1 ตัว ความหนาแน่นประมาณ 5-10 ตัวต่อตารางเมตร ล้อมด้วยมุ้งไนล่อนความสูงประมาณ 50 ถึง 70 เซนติเมตร เมื่อหมดฤดูกาลเพาะพันธุ์ลูกอ๊อด ซึ่งเกษตรกรจะเริ่มหยุดการเพาะพันธุ์ประมาณปลายเดือนกันยายน เกษตรกรจะนิยมเก็บพ่อแม่พันธุ์ไว้ในบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาดเส้นผ่าน-ศูนย์กลางประมาณ 150 เซนติเมตร (Fig. 1-A) โดยมีระดับน้ำประมาณ 10-15 เซนติเมตร และเลี้ยงที่ความหนาแน่นเฉลี่ย 25-30 ตัวต่อตารางเมตร เพื่อรอการเพาะพันธุ์ต่อไป จากการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาชนิดของเชื้อ *A. Hydrophila* ที่แยกจากกบนา และลูกอ๊อดที่แสดงอาการป่วย เขตจังหวัดสกลนคร ในพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงอย่างหนาแน่น สามารถเก็บตัวอย่างกบนาที่แสดงอาการป่วยในพื้นที่การเลี้ยงที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่น จำนวนทั้งสิ้น 15 ฟาร์ม โดยเก็บทั้งหมด 3 ฤดูกาล ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 เป็นตัวแทนในฤดูร้อน เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 เป็นตัวแทนฤดูฝน และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 เป็นตัวแทนฤดูหนาว สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่เป็นเชื้อ *A. hydrophila* ได้จำนวน 51 ไอโซเลท โดยพบในช่วงฤดูหนาวมากที่สุด คือ 31 ไอโซเลท คิดเป็น 60.78% ช่วงฤดูร้อน 12 ไอโซเลท คิดเป็น 23.53% และช่วงฤดูฝน 8 ไอโซเลท คิดเป็น 15.69% ลักษณะอาการภายนอกของกบป่วยที่พบคือจะมีแผลหลุมลึกบริเวณลำตัว นิ้วเท้า ว่ายน้ำ และเคลื่อนที่แบบควงสว่าน ลักษณะตาจะพบว่ามีสีขาวขุ่น (Fig. 1-B) พบของเหลวในช่องท้อง บริเวณต้นขามีอาการบวมแดง ส่วนลักษณะอวัยวะภายในที่พบว่าบริเวณตับ และม้ามของกบนาที่ป่วยมีสีซีด สลับกับมีสีน้ำตาลคล้ำ บางครั้งพบว่ามีแกรนูโลม่า (Granulomas)

กระจายทั่วบริเวณตับ ซึ่งสามารถแยกเชื้อ *A. hydrophila* ได้จากอวัยวะดังกล่าว ทั้งอวัยวะภายนอกและภายใน

คุณสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีของเชื้อ *A. hydrophila* ที่แยกได้จากกบป่วยพบว่าจากตัวอย่างที่พบ 51 ตัวอย่าง มีลักษณะโคโลนีกลมขอบเรียบ สีขาวนวล เซลล์สามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อย้อมแกรมพบว่าติดสีแดง (แกรมลบ) มีรูปร่างเป็นท่อนสั้น (Fig. 1-C) โดยคุณสมบัติที่สำคัญในการแยกเชื้อ *A. hydrophila* ออกจากเชื้อชนิดอื่น คือ การสร้างเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) การทดสอบคาตาเลส (catalase) การทดสอบย่อยเจลาติน (gelatin liquefaction) การผลิตแก๊สจากกลูโคส การทดสอบความสามารถในการย่อยเอสคูลิน (Esculin hydrolysis) การผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความต้านทานต่อVibriostatic agent (0/129) ซึ่งจากการทดสอบทางชีวเคมีโดยส่วนใหญ่พบว่าเชื้อตัวอย่างมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับเชื้อ *A. hydrophila* ที่พบจากแหล่งต่างๆ เช่น กบนา ปลาน้ำจืด เขียดตะปาดในเขตทวีปออสเตรเลีย เนื้อสัตว์ และจากสิ่งแวดล้อม (Huys *et al*., 2003; Awan *et al*., 2005; Schadich and Cole, 2010; Samal *et al*., 2014) ส่วนการทดสอบการเจริญของเชื้อ *A. hydrophila* จากกบป่วยที่เลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 0, 2, 4 และ 6% NaCl (Table 1) พบว่าเชื้อ *A. Hydrophila* ทุกไอโซเลทไม่มีการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเค็ม 5 และ 7% ซึ่งให้ผลการทดสอบเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับ Samal *et al*. (2014) ที่ พบว่าเมื่อนำเชื้อ *A. Hydrophila* มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 4% ขึ้นไปจะไม่พบการเจริญของเชื้อซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการรักษาหรือบรรเทาอาการป่วยจากกบนาที่ได้รับเชื้อ *A. hydrophila* ได้

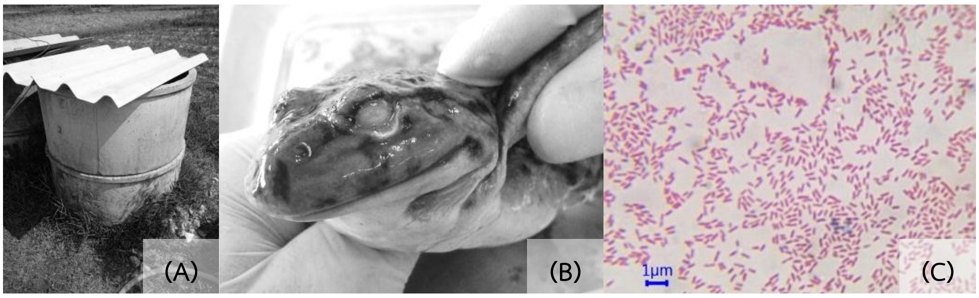


Fig. 1 The frogs were raised nurture in round cement tanks (A), The frog was exhibited symptoms by opaque eye (B) and Appearance of isolated *A. hydrophila* bacteria from infected frogs (C)

2. ผลการศึกษาความไวต่อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี Standard disc diffusion method

การศึกษาผลความไวของเชื้อแบคทีเรีย *A. hydrophila* ที่แยกได้จากกบนาและลูกอ๊อดที่ป่วยต่อยาปฏิชีวนะโดยใช้วิธี Standard disc diffusion method จำนวน 51 ไอโซเลท ซึ่งทดสอบกับยาปฏิชีวนะ 15 ชนิด ตามวิธีการข้างต้น พบว่าจากการศึกษาสามารถแบ่งระดับความไวต่อยาปฏิชีวนะได้ 2 กลุ่มดังนี้คือ กลุ่มที่ให้ผลการดื้อยา (resistance: R) มี 4 ตัวยาคือ Amoxicillin 10 µg, Ampicillin 10 µg, Erythromycin 15 µg และ Penicillin G 10 µg โดยมีอัตราการดื้อยา 100, 100, 96.08 และ 100% ตามลำดับ กลุ่มที่ให้ผลไวต่อยาปฏิชีวนะ (Sensitive: S) มี 11 ตัวยา คือ Chloramphenicol 30 µg, Ciprofloxacin 5 µg, Enrofloxacin5 µg, Gentamicin 10 µg, Kanamycin 30 µg, Nitrofurantoin 300 µg, Norfloxacin 10 µg, Oxytetracycline 30 µg, Streptomycin 10 µg, Sulfamethoxazole/Trimethoprim 25 µg และ Tetracycline 30 µg โดยมีอัตราความไวต่อยา 94.12, 98.04, 96.08, 98.04, 92.16, 100, 96.08, 41.18, 92.16, 98.04 และ 39.22% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนแนวโน้มการดื้อต่อยาแล้ว พบว่ามียาปฏิชีวนะ 3 ชนิด ที่มีแนวโน้มที่จะดื้อต่อยาคือ ยาปฏิชีวนะชนิด Amoxicillin, Oxytetracycline และ Tetracycline ซึ่งตรงกับการให้ข้อมูลของเกษตรกรในพื้นที่ ที่พบว่ามีการใช้ยาปฏิชีวนะทั้งสามชนิดนี้จากเกษตรกร เพื่อป้องกันและรักษาโรคกบและลูกอ็อดมาเป็นระยะเวลานานซึ่งอาจมีแนวโน้มการดื้อต่อยาปฏิชีวนะ เมื่อพิจารณากลุ่มหรือประเภทของยาและการตอบสนองของเชื้อแบคทีเรียพบว่า ยาในกลุ่ม Penicillins ได้แก่ Amoxicillin, Ampicillin และ Penicillin และยาใน

กลุ่ม Macrolides คือ Erythromycin แบคทีเรียในการทดสอบให้ผลการดื้อต่อยาทั้งหมด ส่วนในกลุ่มที่ให้ผลการตอบสนองปานกลางคือกลุ่ม Tetracyclines ได้แก่ Tetracycline และ Oxytetracycline และกลุ่มของยาปฏิชีวนะที่ให้ผลการยับยั้งเชื้อได้ดีในการทดลองครั้งนี้คือ ยาในกลุ่ม Quinolones ได้แก่ Ciprofloxacin, Enrofloxacin และ Norfloxacin ยาในกลุ่ม Aminoglycosides ได้แก่ Gentamicin, Kanamycin และ Streptomycin ยาในกลุ่ม chloramphenicols ได้แก่ Chloramphenicol ยาในกลุ่ม Nitrofuran ได้แก่ Nitrofurantoinและยาในกลุ่ม Sulfonamides คือ Sulfamethoxazole/Trimethoprim

Table 1 Biochemical test of isolated *A. hydrophila* compared with difference strain from the other sources

Characteristics	Isolate from this report	Reference* 1, 2, 3 and 4	Characteristic	Isolate from this report	Reference* 1, 2, 3 and 4
Gram	–	–	**Fermentation of**		
Motility	+	+	Glucose	+	+
Growth in 0% NaCl	+	+	Mannose	+	+
Growth in 2% NaCl	+	+	Inositol	–	–
Growth in 4% NaCl	–	–	Sorbitol	–	V
Growth in 6% NaCl	–	ND	Rhamnose	–	–
Cytochrome oxidase	+	+	Sucrose	+	+
Catalase	+	+	Manital	+	+
Nitrate reduction	+	+	**Hydrolysis of**		
Vibriostatic agent (o/129)	+	+	Urea	–	–
Citrate Utilization	+	V	Gelatin	+	+
O/F test	F	F	Esculin	+	+
Decarboxylation test			Casein	+	+
Arginine	+	+	**Production of**		
Lysine	+	+	Indole	+	+
Ornithine	–	–	Voges-proskauer	V	+
Tryptophan	–	–	H_2S	+	+

*Reference 1= Huys *et al*. (2003), 2= Awan *et al*. (2005), 3= Schadich and Cole (2010), 4= Samal *et al*. (2014)
(+) = Positive > 70%, (-) = Positive < 30%, V= variable reactions, ND=no data found

การเฝ้าระวังและการศึกษาความไวต่อยาปฏิชีวนะของ *A. hydrophila* พบว่ามีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว พบได้ทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติ และในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำหลายๆ ชนิดทำให้เกิดการสูญเสียอย่างมากในช่วงที่มีการระบาด จากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่าเชื้อชนิด *A. hydrophila* ที่แยกจากสัตว์น้ำที่แสดงอาการป่วยนี้มีความไวต่อยาปฏิชีวนะทั้ง 6 กลุ่มคือ ยาในกลุ่ม Quinolones, Tetracyclines, Aminoglycosides, Nitrofuran, Chloramphenicols และ Sulfonamides เช่นเดียวกับการทดลองครั้งนี้ (Dancer *et al*., 2008) และจากข้อมูลไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *A. hydrophila* จากแหล่งต่างๆ เช่น ปลาน้ำจืด น้ำ ตะกอนจากแหล่งฟาร์ม

เพาะเลี้ยงปลา สิ่งแวดล้อม เนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ ปลานิลจากแหล่งเลี้ยง และสถานพยาบาล พบว่ามีแนวโน้มการดื้อยาเช่นเดียวกับตัวอย่างเชื้อ *A. hydrophila* ที่แยกได้จากกบป่วยในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งพบว่ามีการดื้อต่อยาชนิด Amoxicillin, Ampicillin, Erythromycin และ Penicillin G เช่นเดียวกัน (Table 2) อย่างไรก็ตาม ยาปฏิชีวนะชนิด Tetracycline และ Oxytetracycline ให้ผลการรักษาที่ไม่คงที่ เช่นเดียวกันกับรายงานการใช้ยาทั้ง 2 ชนิดนี้ทั่วโลก ที่พบว่ามีความแปรผันในการรักษาค่อนข้างสูง (Table 2) เนื่องจากในปัจจุบันมียาปฏิชีวนะที่หลากหลาย ซึ่งถูกนำไปใช้ในการรักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียอย่างแพร่หลายทั้งในคนและในสัตว์ หรือแม้กระทั่งการใช้ยาปฏิชีวนะโดยขาดความระมัดระวัง รวมทั้งการใช้ไม่ถูกวิธี อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการดื้อต่อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรีย ปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งกลไกการดื้อยาโดยที่แบคทีเรียจะสร้างยีนที่ดื้อยาขึ้นมาต่อต้านกลไกการทำงานของยาปฏิชีวนะ จึงทำให้การใช้ยาในการรักษาไม่ให้ผลดีเท่าที่ควร (Dancer *et al*., 2008; Aravena-Román *et al*., 2012)

Table 2 Antimicrobial susceptibilities of isolated *A. hydrophila* compared with difference strain from the other sources

Antimicrobial agents (µg)	Sensitivity result (n=51)			Isolate from this report	Reference[1, 2, 3 and 4*]
	Sensitivity (%)	Intermediate (%)	Resistance (%)		
Amoxicillin 10	0	0	100	R (100)	R
Ampicillin 10	0	0	100	R (100)	R
Chloramphenicol 30	94.12	5.88	0	S (94.12)	S
Ciprofloxacin 5	98.04	1.96	0	S (98.04)	S
Enrofloxacin 5	96.08	3.92	0	S (96.08)	S
Erythromycin 15	0	3.92	96.08	R (96.08)	R
Gentamicin 10	98.04	1.96	0	S (98.04)	S
Kanamycin 30	92.16	7.84	0	S (92.16)	S
Nitrofurantoin 300	100	0	0	S (100)	S
Norfloxacin 10	96.08	3.92	0	S (96.08)	S
Oxytetracycline 30	41.18	27.45	31.37	S (41.18)	S
Penicillin G 10	0	0	100	R (100)	R
Streptomycin 10	92.16	7.84	0	S (92.16)	V
Sulfamethoxazole/ Trimethoprim 25	98.04	1.96	0	S (98.04)	V
Tetracycline 30	39.22	23.53	37.25	S (39.22)	V

[*1]*A. hydrophila* Isolates from freshwater fish (Samal *et al*., 2014), [2]*A. hydrophila* Isolates from chicken (Igbinosa, 2014) [3]*A. hydrophila* Isolates from freshwater fish farm (Daood, 2012), [4]*A. hydrophila* Isolates from environmental (Peng *et al*., 2014), R= Resistance, S= Sensitivity, V= Variable

เมื่อพิจารณาข้อมูลตำรับยาที่สามารถใช้ได้กับสัตว์น้ำตามการอนุญาตของกรมประมง โดยตำรับยาเดี่ยวที่มีตัวยาสำคัญ 7 ตัวยาและตำรับยาผสม 5 ชนิด ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้มีตัวยาที่กรมประมงอนุญาตใช้ได้ 4 ตำรับ คือ Amoxicillin, Enrofloxacin, Oxytetracycline และ Sulfamethoxazole/Trimethoprim ซึ่งจากผลการทดสอบเชื้อ *A. hydrophila* ในครั้งนี้ พบว่ายาปฏิชีวนะชนิด Enrofloxacin และ Sulfamethoxazole/Trimethoprim คือให้ผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อ *A. hydrophila* ในครั้งนี้ที่ระดับ 96.08 และ 98.04% ส่วนยาปฏิชีวนะชนิด Oxytetracycline ให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในระดับปานกลาง คือ 39.22% และยาปฏิชีวนะชนิด Amoxicillin ไม่ให้ผลในการรักษา แต่อย่างไรก็ตามการใช้ยาปฏิชีวนะ Oxytetracycline มีข้อจำกัดและผลข้างเคียงสำหรับการใช้ในกบโดย จากการรายงานของ Somsiri *et al*. (1998) ที่ได้ทำการศึกษาความรุนแรงของเชื้อ *Aeromonas* spp. ที่แยกได้จากกบที่เป็นโรคขาแดงและวิธีการรักษา โดยการนำเชื้อ *Aeromonas* spp. ที่แยกได้จากจากกบป่วย ฉีดเข้าตัวกบอีกครั้งก่อนการศึกษาประสิทธิภาพของยาชนิดต่างๆ ในการรักษา ซึ่งพบว่าในการรักษาโดยการแช่ยาปฏิชีวนะชนิด Oxytetracycline ที่ 10-30 ppm ไม่ให้ผลในการรักษา และยังพบอีกว่าการแช่ยา Oxytetracycline ยังส่งผลต่ออวัยวะภายใน โดยพบว่ามีการตายของเซลล์ตับเป็นหย่อมๆ (focal necrosis) และมีแผลเลือดออกเป็นจุดเล็กๆ (Petechial hemorrhage) ทั่วไปในตับจากการศึกษาทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อ

การทดสอบความไวยาด้วยวิธี Standard disc diffusion method เป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวกสำหรับสำหรับการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ ทั้งในด้านการหาแนวทางในการรักษาและการเฝ้าระวังเชื้อแบคทีเรียดื้อยา ซึ่งปัจจุบันมีการศึกษาและการเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาอย่างใกล้ชิด โดยข้อมูลความไวต่อยาปฏิชีวนะในพื้นที่อาจมีความแตกต่างกันในแต่ละปี ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจในการใช้ยาของเกษตรกรเพื่อที่จะสามารถใช้ยาปฏิชีวนะให้ถูกต้องเหมาะสม อีกทั้งเนื่องจากสัตว์น้ำที่ศึกษาเป็นสัตว์ที่คนในพื้นที่นิยมบริโภคทั้งในจังหวัด และมีการส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ดังนั้นการใช้ยาเพื่อการป้องกันโรคอย่างไม่จำเป็นอาจส่งผลต่อการดื้อยากับผู้บริโภคอีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาชนิดและความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *A. hydrophila* ที่แยกได้จากการเพาะเลี้ยงกบนาโดยแยกเชื้อจากกบนาที่แสดงอาการป่วย และนำเชื้อที่ได้มาทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ พบว่าเชื้อไม่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี NaCl ตั้งแต่ 4% ขึ้นไป ในส่วนของชนิดของยาปฏิชีวนะที่ให้ผลในการรักษาได้ดี พบว่ามี 11 ตัวยา คือ Chloramphenicol, Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Gentamycin, Kanamycin, Nitrofurantoin, Norfloxacin, Oxytetracycline, Streptomycin, Sulfamethoxazole/Trimethoprim และ Tetracycline อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาบัญชีรายชื่อตำรับยาที่สามารถใช้ได้กับสัตว์น้ำตามการอนุญาตของกรมประมงพบว่า ยาปฏิชีวนะที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ คือ Sulfamethoxazole/Trimethoprim และ Enrofloxacin ร่วมกับการใช้เกลือที่ 4% ในการรักษา และควรมีการตรวจติดตามและเฝ้าระวังการดื้อยาของเชื้อ *A. hydrophila* จากการเลี้ยงกบในพื้นที่เป็นประจำเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้ผู้บริโภคและลดความเสี่ยงของเชื้อดื้อยาที่สามารถแพร่กระจายมาสู่มนุษย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

References

Aravena-Román, M., Inglis, T.J., Henderson, B., Riley, T.V. and Chang, B.J. 2012. Antimicrobial susceptibilities of

Aeromonas strains isolated from clinical and environmental sources to 26 antimicrobial agents. Antimicrob. Agents Chemother. 56(2): 1110-1112.

Awan, M.B., Ahmed, M.M., Bari, A. and Saad, A.M. 2005. Biochemical characterization of the *Aeromonas* species isolated from food and environment. Pak. J. Physiol. 1(1-2): 1-10.

Camus, A.C., Durborow, R.M., Hemstreet, W.G., Thune, R.L. and Hawke, J.P. 1998. *Aeromonas* bacterial infections: Motile aeromonad septicemia. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 478.

Cartwright, G.A., Chen, D., Hanna, P.J., Gudkovs, N. and Tajima, K. 1994. Immunodiagnosis of virulent strains of *Aeromonas hydrophila* associated with epizootic ulcerative syndrome (EUS) using a monoclonal antibody. J. Fish Dis. 17(2): 123-133.

Dancer, S.J., White, L. and Robertson, C. 2008. Monitoring environmental cleanliness on two surgical wards. Int. j. Environ. Health Res. 18(5): 357-364.

Daood, N. 2012. Isolation and antibiotic susceptibility of *Aeromonas* spp. from freshwater fish farm and farmed carp (dam of 16 Tishreen, Lattakia). Damascus University Journal for Basic Sciences. 28(1): 27-39.

Department of Fisheries. 2015. Freshwater aquaculture production survey 2013. Fishery Statistics Analysis and Research Group, Information and Communication Technology Center, Ministry of Agriculture and Cooperatives: Bangkok.

Glorioso, J.C., Amborski, R.L., Amborski, G.F. and Culley, D.D. 1974. Microbiological studies on septicemia bullfrogs (*Rana catesbeiana*). Am. J. Vet. Res. 35(9): 1241-1245.

Huys, G., Pearson, M., Kämpfer, P., Denys, R., Cnockaert, M., Inglis, V. and Swings, J. 2003. *Aeromonas hydrophila* subsp. ranae subsp. nov., isolated from septicaemic farmed frogs in Thailand. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 53(3): 885-891.

Igbinosa, I.H. 2014. Antibiogram profiling and pathogenic status of *Aeromonas* species recovered from chicken. Saudi J. Biol. Sci. 21(5): 481-485.

Janda, J.M., Abbott, S.L., Khashe, S., Kellogg, G.H. and Shimada, T. 1996. Further studies on biochemical characteristics and serologic properties of the genus *Aeromonas*. J. Clin. Microbiol. 34(8): 1930-1933.

MacFaddin, J.F. 1980. Biochemical tests for identification of medical bacteria. 2ndedition. Williams and Wilkins: Maryland. pp. 162-218.

Peng, G.U.O., Na, W.A.N.G., Liu, Y.J. and Lu, C.P. 2014. Antimicrobial susceptibility and characterization of outer membrane proteins of *Aeromonas hydrophila* isolated in China. J. Integr. Agric. 13(4): 911-917.

Samal, S.K., Das, B.K. and Pal, B.B. 2014. Isolation, biochemical characterization, antibiotic susceptibility study of *Aeromonas hydrophila* isolated from freshwater fish. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 3(12): 259-267.

Schadich, E. and Cole, A.L. 2010. Pathogenicity of *Aeromonas hydrophila*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Proteus mirabilis* to brown tree frogs (*Litoria ewingii*). Comp. Med. 60(2): 114-117.

Somsiri, T., Chinabut, S., Phanwichien, K., Soontornvit, S. and Damrongphol, Y. 1998. Virulence of *Aeromonas* spp. isolated from red leg disease frog. Proceedings of the 36th Kasetsart University Annual Conference. February 3-5, 1998. Kasetsart University. Bangkok. pp. 102-112. (in Thai)

บทความวิจัย

การวิเคราะห์พื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทย

ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์[1], สยาม อรุณศรีมรกต[2*], จันทิมา ปิยะพงษ์[3] และ กฤษนัยน์ เจริญจิตร[4]

[1]คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ.เมือง จ.ยะลา 95000
[2]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
[3]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[4]คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงในการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ในประเทศไทย เป็นการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศโดยใช้หลักการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (PSA) และเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ แหล่งน้ำ พื้นที่น้ำท่วม พื้นที่ชลประทาน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ได้ทำการสำรวจภาคสนามเพื่อประเมินสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila* spp.) และหอยเชอรี่ในประเทศไทย โดยทำการเก็บตัวอย่างหอยทั้ง 2 ชนิดจาก 12 พื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า หอยเชอรี่มีการระบาดในทุกภูมิภาคของประเทศไทย เป็นพื้นที่ 477,092.87 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 84.62 ของพื้นที่ทั้งประเทศ โดยมีการระบาดในภาคใต้ (ร้อยละ 99.99 ของพื้นที่ทั้งภาค) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ร้อยละ 96.99) ภาคกลาง (ร้อยละ 94.26) ภาคตะวันออก (ร้อยละ 91.84) และภาคเหนือ (ร้อยละ 59.96) เมื่อทำการศึกษาถึงปริมาณการระบาดของหอยเชอรี่ พบว่า หอยเชอรี่มีปริมาณการระบาดหนาแน่นที่สุดในภาคกลาง ส่วนในภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือมีปริมาณการระบาดน้อยกว่า (มีการระบาดของหอยเชอรี่บางฤดู) และจากการสำรวจภาคสนามพบว่า หอยเชอรี่มีการแพร่ระบาดในทุกพื้นที่ชุ่มน้ำที่ทำการศึกษา แต่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองแพร่กระจายใน 4 พื้นที่ ได้แก่ หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์ อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

คำสำคัญ: พื้นที่ระบาด, หอยเชอรี่, หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

[*] ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sayamaroonsrimorakot@gmail.com

Analysis of the Spread Areas of Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*) in Thailand

Piyaruk Pradabphetrat[1], Sayam Aroonsrimorakot[2*], Chantima Piyapong[3] and Kitsanai Charoenjit[4]

[1]*Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala, 95000, Thailand*

[2]*Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, 73170, Thailand*

[3]*Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri, 20131, Thailand*

[4]*Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Chon Buri, 20131, Thailand*

Abstract

The objective of this study was to analyze the risk areas for the spreading of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Thailand by combination of Potential Surface Analysis (PSA), Overlay Analysis and Geographic Information System (GIS). The water source, flooded area, irrigation area, and land use were used as principle analytic environmental factors. In addition, the field study was to assess the current status of distribution of native apple snails (*Pila* spp.) and the golden apple snail in Thailand. Specimens of both apple snail species were collected in 12 wetlands of Thailand. The results showed that the golden apple snail has spread in all regions of Thailand of 477,092.87 km^2 which is 84.62 of the whole area. The snails had spread in the southern (99.99% of the whole region area), northeastern (96.99%), central (94.26%), eastern (91.84%) and northern parts of the country (59.96%), respectively. The golden apple snail has spread most densely in the central part of Thailand while it has spread less dense (occurred in some seasons) in the eastern, southern, northeastern and northern. Moreover, the golden apple snail has wide distribution in the studied wetlands but native apple snails still have limited distribution which was found in 4 wetlands including Nong Han Kumphawapi, Udon Thani Province, Sanambin Reservoir Non-Hunting Area, Buri Ram Province, Pak Phanang Bay, Nakhon Si Thammarat Province and ThaleNoi Non-Hunting Area, Phatthalung Province.

Keywords: Spread area, Golden apple snail, Native apple snails and Geographic Information System (GIS)

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

บทนำ

หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ และถูกนำเข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524-2525 เพื่อเลี้ยงขายเป็นหอยสวยงามในตู้ปลา และทำฟาร์มเลี้ยงส่งออกเป็นอาหารของมนุษย์ (Cowie, 2002; Hayes *et al*., 2015) แต่ไม่ได้รับความนิยมและความสนใจจากประชาชนและผู้บริโภค ฟาร์มจึงเลิกเลี้ยงและปล่อยหอยแพร่ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ (Chanyapate and Artchawakom, 1997; Cowie, 2002; Liang *et al*., 2013) เนื่องจากหอยเชอรี่มีอัตราการขยายพันธุ์ที่รวดเร็ว มีการเจริญเติบโตเร็ว สามารถกินอาหารได้หลากหลาย เช่น แหน แหนแดง จอก จอกหูหนู ไข่น้ำ ผักบุ้ง ผักกระเฉด ต้นแห้ว กระจับ ใบบัว สาหร่ายต่างๆ ผักตบชวา ต้นกล้าข้าว รวมถึงซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยในน้ำที่อยู่ใกล้ๆ ตัว และมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีมาก จึงทำให้หอยเชอรี่เพิ่มปริมาณมากและแพร่กระจายไปสู่แหล่งน้ำและนาข้าวในท้องถิ่น กลายเป็นศัตรูพืชที่สำคัญในพื้นที่ทำการเกษตรและพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่การเกษตร ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว ผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ พืชน้ำ และสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ รวมถึงยังส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (Chanyapate and Artchawakom, 1997; Joomwong, 2000; Cowie, 2002; Liang *et al*., 2013; Hayes *et al*., 2015) เนื่องจากหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่เป็นหอยในวงศ์เดียวกัน มีความต้องการและมีหน้าที่ในระบบนิเวศเหมือนกัน จึงเกิดการแข่งขันกันในระบบนิเวศ (Aroonsrimorakot and Sangsayan, 2002) นอกจากนี้หอยเชอรี่ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรและประเทศชาติอีกด้วย (Cowie, 2002) ซึ่งการป้องกันและกำจัดหอยเชอรี่ของเกษตรกรผู้ทำนาข้าวโดยทั่วไปมีหลายวิธี วิธีที่ได้รับการยอมรับและปฏิบัติอย่างกว้างขวาง ได้แก่ วิธีกล ชีววิธี การใช้สารพิษจากธรรมชาติ วิธีเขตกรรม และวิธีการใช้สารเคมี ซึ่งมีสารเคมีบางชนิดได้มีการห้ามจำหน่ายและใช้ในประเทศ เช่น เอนโดซัลแฟน (Endosulfan) เพราะเป็นอันตรายต่อสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในนาข้าว แหล่งน้ำ หรือบริเวณใกล้เคียง เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม (Aroonsrimorakot, 1993; Lauhachinda *et al*., 1999; Purivirojkul and Arayarungsarit, 2001; Aroonsrimorakot *et al*., 2002)

จากปัญหาการระบาดของหอยเชอรี่ที่เกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพไปจนถึงการเกษตร การสาธารณสุข สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการประเมินพื้นที่เสี่ยงในการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ของประเทศไทย โดยได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพในการเก็บบันทึกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และประมวลผลข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว รวมถึงความสามารถในการอ้างอิงกับแผนที่ได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการดำเนินการ และผลที่ได้ก็สามารถใช้ได้ทันต่อเหตุการณ์มากขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในด้านการวางแผนและจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมต่างๆ อย่างมาก (Pattanakiat, 2002; Kamontum, 2003; Chang, 2014) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับหลักการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA) และเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงในการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ของประเทศไทย โดยคำนึงถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ นอกจากนี้การศึกษานี้ได้สร้างแผนที่แสดงระดับศักยภาพของพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงในการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ของประเทศไทย และเพื่อประเมินสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองของไทย (*Pila* spp.) และหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ในประเทศไทย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนป้องกันการแพร่ระบาดของหอยเชอรี่ที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 Hardwareได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows XP เครื่องกำหนดตำแหน่งบน

โลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) และเครื่องพิมพ์อิงก์เจ็ต (Inkjet Printer)

1.2 Software ได้แก่ โปรแกรม ArcView 3.2a โปรแกรม Microsoft Office Word 2003 และโปรแกรม Microsoft Office Excel 2003

2. ขั้นตอนการศึกษา

2.1 การรวบรวมข้อมูล โดยการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS database) ชนิดข้อมูลเวคเตอร์ ในรูปแบบดิจิตอลจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยผ่านการปรับแก้ระดับรายละเอียด (Scaling) ของข้อมูลทั้งหมด ให้อยู่ในรูปมาตราส่วน 1:50,000 และกำหนดพิกัดอ้างอิงเป็น UTM WGS 1984 Zone 47N, 48N ประกอบด้วย

1) ข้อมูลขอบเขตการปกครอง (Administrative boundary) ปี พ.ศ. 2552 จากกรมการปกครอง

2) ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (Average annual rainfall) ปี พ.ศ. 2558 จากกรมอุตุนิยมวิทยา

3) ข้อมูลเนื้อดิน (Soil texture) ปี พ.ศ. 2530-2534 จากกรมพัฒนาที่ดิน

4) ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (Topography) จากกรมแผนที่ทหาร

5) ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (Watershed classes) ปี พ.ศ. 2553 จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

6) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Present land use) ปี พ.ศ. 2558 จากกรมพัฒนาที่ดิน

7) ข้อมูลเขตพื้นที่ชลประทาน (Irrigation area) ปี พ.ศ. 2545 จากกรมชลประทาน

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1) การจำแนกข้อมูล โดยการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่ระบาดของหอยเชอรี่ ได้แก่ ปัจจัยด้านแหล่งน้ำ ปัจจัยด้านพื้นที่น้ำท่วม ปัจจัยพื้นที่ชลประทาน และปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน และทำการจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ หรือเป็นระดับของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการแพร่ระบาดของหอยเชอรี่ เพื่อให้ช่วงข้อมูลที่ทำการจำแนกมีความสอดคล้องกับการประเมินพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทย และมีความสะดวกในการนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด (Table 1)

2) การจัดเก็บข้อมูล เมื่อจำแนกข้อมูลแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจัดเก็บลงในคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม ArcView 3.2a ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) จะนำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไตซ์ (Digitize) ถ้าเป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) จะนำเข้าโดยการพิมพ์ หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แก้ไขความผิดพลาด สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย และจัดเก็บข้อมูลเพื่อเข้าสู่การวิเคราะห์ต่อไป

3) การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อประเมินพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทยการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีการกำหนดค่าความสามารถของปัจจัยในแต่ละระดับที่มีอิทธิพลต่อการระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนดังนี้

- การให้ค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weighting) และการให้ค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัย (Rating) ที่ใช้ในการวิจัย โดยปัจจัยใดที่มีอิทธิพลหรือมีความสัมพันธ์ต่อการระบาดของหอยเชอรี่มากกว่าจะกำหนดให้มีค่าถ่วงน้ำหนักที่สูงกว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลหรือมีความสัมพันธ์น้อยกว่า ซึ่งกำหนดให้ค่าน้ำหนักคะแนนอยู่ในช่วง 0-10 โดยการให้ค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย คะแนน 0 หมายถึง ปัจจัยที่ไม่มีความเหมาะสมในการศึกษา และคะแนน 10 หมายถึง ปัจจัยที่มีความเหมาะสมในการศึกษามากที่สุด ส่วนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัย คะแนน 0 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการระบาดของหอยเชอรี่ และคะแนน 10 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบาดของหอยเชอรี่มากที่สุด

- การซ้อนทับแผนที่ปัจจัย (Overlay Analysis) และการรวมค่าคะแนนของข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลของปัจจัย โดยการคำนวณหาค่าคะแนนรวมของข้อมูลที่ได้รับการถ่วงน้ำหนักแล้วของแต่ละปัจจัย ซึ่งทำให้แต่ละพื้นที่มีค่าคะแนนรวมที่ต่างกัน เพื่อนำไปสู่การคัดเลือกระดับพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทย

- การแบ่งระดับศักยภาพของพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีศักยภาพในการระบาดของหอยเชอรี่สูง พื้นที่ที่มีศักยภาพในการระบาดของหอยเชอรี่ปานกลาง พื้นที่ที่มีศักยภาพในการระบาดของหอยเชอรี่เล็กน้อย และพื้นที่ที่ไม่มีศักยภาพในการระบาดของหอยเชอรี่

2.3 การสำรวจภาคสนามเนื่องจากนกปากห่างมักชอบกินหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่เป็นอาหาร (Sawangproh, 2007; Ishtiaq *et al*., 2010; Eiamampai *et al*., 2013; Low *et al*., 2013) ดังนั้นพื้นที่ที่พบนกปากห่างอาจเป็นไปได้ที่จะพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ การศึกษานี้จึงทำการเก็บตัวอย่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่จากพื้นที่ชุ่มน้ำ 12 พื้นที่ของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่พบหอยเชอรี่และ/หรือพบนกปากห่าง (Office of Environmental Policy and Planning, 1999) ได้แก่ บึงสีไฟ จังหวัดพิจิตรบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์ พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่า วัดไผ่ล้อมและวัดอัมพุวราราม จังหวัดปทุมธานี ทุ่งโพธิ์ทองหรือทุ่งคำหยาด จังหวัดอ่างทอง พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี ปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดตราด พื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก จังหวัดชัยนาท อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การประเมินพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่จากค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weighting) และค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกพื้นที่ (Rating) โดยนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย (Non-spatial data) ของปัจจัยทั้งหมดจากสมการ Weighting-Rating ที่ได้เชื่อมโยงไปยังผลลัพธ์ของการซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่ และผลลัพธ์ที่ได้ คือ แผนที่แสดงศักยภาพการประเมินพื้นที่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทย ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 ระดับ คือ (1) Highly potential หมายถึง พื้นที่มีหอยเชอรี่ระบาดทั้งปี (2) Moderately potential หมายถึง พื้นที่มีหอยเชอรี่ระบาดครึ่งปี (3) Low potential หมายถึง พื้นที่มีหอยเชอรี่ระบาดบางฤดู และ (4) Non-potential หมายถึง พื้นที่ไม่พบหอยเชอรี่ระบาดเลย

ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 563,807.32 ตารางกิโลเมตร พบว่า มีการระบาดของหอยเชอรี่เป็นพื้นที่ 477,092.87 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 84.62 ของพื้นที่ทั้งประเทศ มีพื้นที่เพียง 86,714.45 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 15.38 ของพื้นที่ทั้งประเทศเท่านั้นที่ไม่มีหอยเชอรี่ระบาดอยู่เลย เมื่อจำแนกออกเป็นรายภาคพบว่า ภาคใต้มีการระบาดของหอยเชอรี่มากที่สุด เป็นพื้นที่ 71,521.63 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 99.99 ของขนาดพื้นที่ทั้งภาค รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการระบาดเป็นพื้นที่ 164,677.21 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 96.99) ภาคกลางมีการระบาดเป็นพื้นที่ 67,970.82 กิโลเมตร (ร้อยละ 94.26) ภาคตะวันออกมีการระบาดเป็นพื้นที่ 65,653.83 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 91.84) และภาคเหนือมีการระบาดน้อยที่สุด เป็นพื้นที่ 107,269.38 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 59.96) Table 2 และ Fig. 1

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการระบาดของหอยเชอรี่ พบว่า การระบาดของหอยเชอรี่ส่วนใหญ่จะระบาดบางฤดูเท่านั้น เป็นพื้นที่ 414,817.74 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 86.94 รองลงมาจะระบาดเพียงครึ่งปี เป็นพื้นที่ 57,238.30 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 12.00 นอกจากนั้นจะระบาดทั้งปี เป็นพื้นที่ 5,036.83 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.06 โดยในภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ มีการระบาดของหอยเชอรี่บางฤดูมากกว่าร้อยละ 90.00 เช่นเดียวกัน คือ ร้อยละ 93.99 ร้อยละ 98.28 ร้อยละ 97.97 และร้อยละ 98.01 ตามลำดับ ภาคกลางส่วนใหญ่มีการระบาดครึ่งปี (ร้อยละ 72.74) รองลงมาคือ มีการระบาดบางฤดู (ร้อยละ 26.54) และมีการระบาดทั้งปี (ร้อยละ 0.72) Table 2 และ Fig. 2

Table 1 Classification of information influencing the spread of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*)

Main Factors	Secondary Factors	Weights	Rate Factors	Rates
1. Water source	Distance from water source	8	0-10 km	10
			11-20 km	8
			>20 km	6
	Type of water source	10	River	10
			Canal, Dam (Large water source)	8
			Creek (Small water source)	6
2. Flooded area	Soil texture	1	Coarse textured soils	2
			Medium-texture soil	2
			Fine-texture soils	2
	Watershed	10	Dam (Large-sized)	10
			Reservoir (Medium-sized)	10
			Weir (Small-sized)	10
	Slope	3	0-12%	8
			> 12%	1
	Average rainfall	3	<1000 mm/year	6
			1000-2000 mm/year	8
			2000-3000 mm/year	8
			3000-4000 mm/year	8
			4000-5000 mm/year	8
			>5000 mm/year	8
3. Irrigation area		8	Irrigated area	10
			Non-irrigated area	8
4. Land use		5	Water body	10
			Agricultural area	1
			Urban area	1
			Abandoned area	1
			Forest area	1

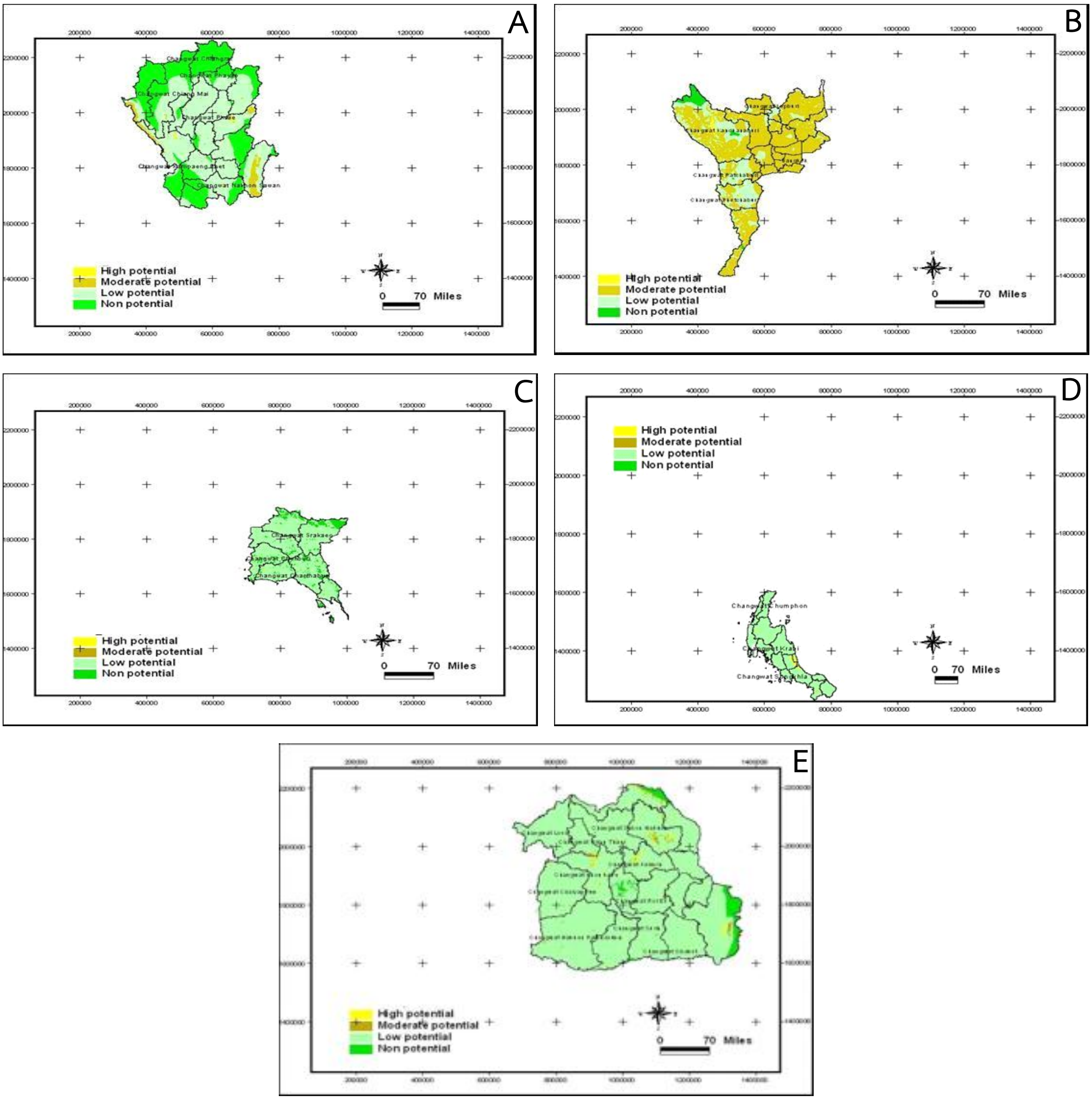


Fig. 1 The spread areas of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*)

A = Northern, B = Central, C = Eastern, D = Southern and E = Northeastern

Table 2 Area size and spread characteristics of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) classified by regions

Regions	Total area (km^2)	Non-potential areas of *Pomacea canaliculata* (km^2)	Potential areas of *Pomacea canaliculata* (km^2)	Spread characteristics of *Pomacea canaliculata*		
				Highly potential (km^2)	Moderately potential (km^2)	Low potential (km^2)
Northern	178,887.70	71,618.32 (40.04%)	107,269.38 (59.96%)	509.85 (0.48%)	5,937.39 (5.53%)	100,822.14 (93.99%)
Central	72,110.92	4,140.10 (5.74%)	67,970.82 (94.26%)	492.05 (0.72%)	49,441.89 (72.74%)	18,036.88 (26.54%)
Eastern	71,485.60	5,831.77 (8.16%)	65,653.83 (91.84%)	1,029.87 (1.57%)	99.33 (0.15%)	64,524.63 (98.28%)
Southern	71,530.44	8.81 (0.01%)	71,521.63 (99.99%)	1,351.47 (1.89%)	68.64 (0.10%)	70,101.52 (98.01%)
Northeastern	169,792.66	5,115.45 (3.01%)	164,677.21 (96.99%)	1,653.59 (1.00%)	1,691.05 (1.03%)	161,332.57 (97.97%)
Total	**563,807.32**	**86,714.45 (15.38%)**	**477,092.87 (84.62%)**	**5,036.83 (1.06%)**	**57,238.30 (12.00%)**	**414,817.74 (86.94%)**

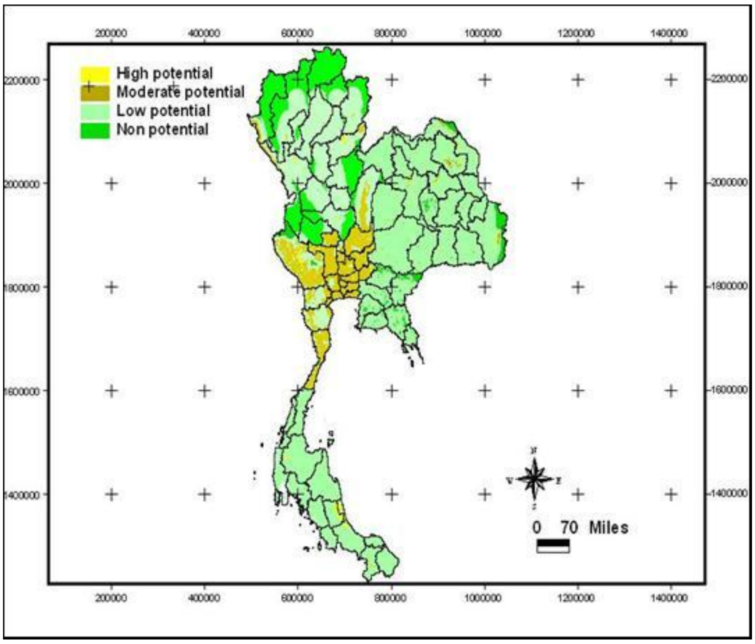


Fig.2 The spread areas of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Thailand

จากผลการวิจัยนี้ทำให้ทราบพื้นที่เสี่ยงในการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ในประเทศไทยผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการสำรวจภาคสนาม เพื่อประเมินสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ในประเทศไทย โดยทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำ 12 พื้นที่ของประเทศไทย พบว่า หอยเชอรี่มีการแพร่ระบาดในทุกพื้นที่ชุ่มน้ำที่ทำการศึกษา ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 474 ตัว ส่วนหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองพบว่า มีการแพร่กระจายใน 4 พื้นที่ ได้แก่ หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์ อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่า ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่พบมี 2 ชนิด ได้แก่ *Pila angelica* จำนวน 36 ตัว และ *Pila polita* จำนวน 13 ตัว (Fig. 3)

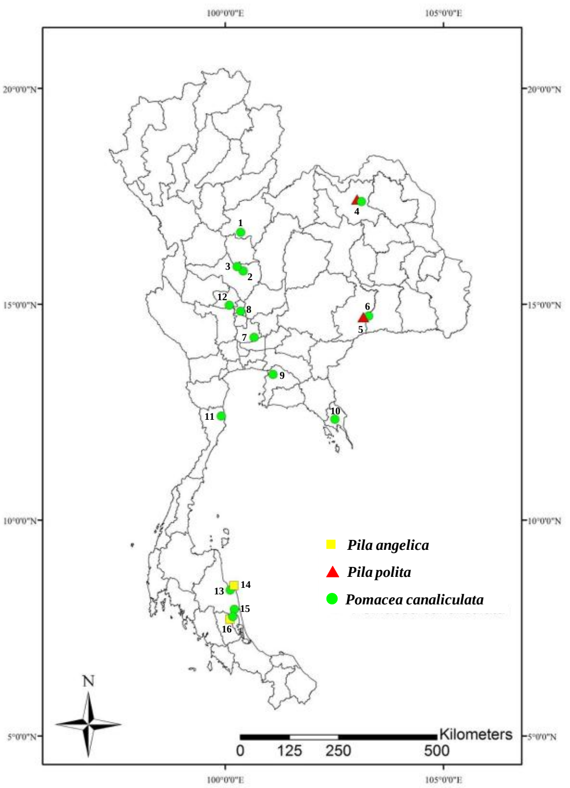


Fig. 3 The current distribution of *Pila* spp. and *Pomacea canaliculata* in Thailand

จากผลการวิจัยที่พบทำให้มีข้อสังเกตที่ควรพัฒนาดำเนินการต่อไปต่อหน่วยงานและบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) การแพร่ระบาดของหอยเชอรี่ในประเทศไทยมีสาเหตุจากความสามารถในการแพร่ระบาดของหอยเชอรี่เอง ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนย้ายและแพร่ระบาดของหอยเชอรี่ และสาเหตุการแพร่ระบาดที่สำคัญ คือ กิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้นควรมีการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์หรือสร้างความรู้ความเข้าใจให้ประชาชนทราบเกี่ยวกับผลกระทบของหอยเชอรี่ และกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือของคนในชุมชนในการป้องกันและกำจัดหอยเชอรี่ร่วมกัน

2) รัฐบาลควรกำหนดให้การกำจัดหอยเชอรี่เป็นวาระแห่งชาติ เพื่อกำจัดหอยเชอรี่ซึ่งเป็นศัตรูพืชและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญให้หมดสิ้นไปจากประเทศไทย

3) หน่วยงานภาครัฐควรกำหนดนโยบาย แนวทาง และแผนดำเนินการควบคุมและกำจัดหอยเชอรี่อย่างจริงจัง เพื่อผลสูงสุดในการกำจัดหอยเชอรี่ให้หมดสิ้นไปจากประเทศไทย

4) หน่วยงานภาคเอกชน เช่น สมาคม ชมรม กลุ่ม สหกรณ์ บริษัท ร้านค้าต่างๆ ควรให้ความร่วมมือและสนับสนุน ตลอดจนดำเนินการตามนโยบาย แนวทาง และแผนดำเนินการควบคุมและกำจัดหอยเชอรี่ของหน่วยงานภาครัฐอย่างเต็มที่และเต็มความสามารถ เพื่อผลสูงสุดในการกำจัดหอยเชอรี่ให้หมดสิ้นไปจากประเทศไทย

5) เกษตรกรและผู้รับผิดชอบและปฏิบัติงานโดยตรง เช่น เกษตรตำบล เกษตรอำเภอ และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ควรร่วมมือและร่วมใจปฏิบัติงานตามแผนที่ได้รับอย่างรวดเร็วและครบถ้วนอย่างเต็มที่และเต็มความสามารถ เพื่อผลสูงสุดในการกำจัดหอยเชอรี่ให้หมดสิ้นไปจากประเทศไทย

6) ควรมีการศึกษาสถานภาพการกระจายของ หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ในประเทศไทย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) อย่างต่อเนื่องเป็นระยะๆ เพื่อที่จะได้ทราบสถานการณ์ที่เกิดขึ้น รวมถึงเพื่อให้การดำเนินการป้องกันและกำจัดหอยเชอรี่ในประเทศไทยมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

7) หน่วยงานราชการ บริษัท และหน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริม สนับสนุน และแนะนำให้มีการใช้ประโยชน์จากหอยเชอรี่อย่างจริงจัง ต่อเนื่อง และถูกต้อง เช่น การทำเป็นอาหารสัตว์ การทำเป็นปุ๋ยชีวภาพ และการทำเป็นอาหารสำหรับบริโภค เพื่อเป็นการลดปริมาณ

หอยเชอรี่ ลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร

สรุปผลการวิจัย

หอยเชอรี่มีการระบาดในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยมีการระบาดในภาคใต้มากที่สุด รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคเหนือ ตามลำดับ ซึ่งหอยเชอรี่มีปริมาณการระบาดหนาแน่นที่สุดในภาคกลาง (มีการระบาดครึ่งปี) ส่วนในภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือมีปริมาณการระบาดน้อยกว่า (มีการระบาดบางฤดู) นอกจากนี้พบว่าหอยเชอรี่มีการแพร่ระบาดในทุกพื้นที่ชุ่มน้ำที่ทำการสำรวจภาคสนาม แต่หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองมีการแพร่กระจายในบางพื้นที่เท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 62/2559

References

Aroonsrimorakot, S. 1993. Biological and efficiency of small water bug, *Sphaeroderma molestum* (Duf.) in the control of golden apple snail, *Pomacea canaliculata*. M.Sc. Thesis in Technology of Environmental Management, Graduate Studies, Mahidol University.

Aroonsrimorakot, S. and Sangsayan, S. 2002. Thai native apple snail is going to extinction. Entomol and Zool. Gazette. 24(1): 66-67. (in Thai)

Aroonsrimorakot, S., Sangnate V. and Pattanaplung, T. 2002. The utilization of endosalfan to eliminate golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in paddy field [Unpublished]. Research report. Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University. (in Thai)

Chang, K.T. 2014. Introduction to geographic information systems. 7th edition. McGraw-Hill Higher Education: New York. 425 pp.

Chanyapate, C. and Artchawakom, T. 1997. Integrated pest control on golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives: Bangkok. (in Thai)

Cowie, R.H. 2002. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts, and management. In Molluscs as crop pests. G.M. Baker (Ed.), CABI: Wallingford. pp. 145-192.

Eiamampai, K., Chaiphakdi, M., Chaiphakdi, W. and Sornsa, T. 2013. Knowledge of the Asian Open-billed in Thailand. 2nd edition. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand: Bangkok. 87 pp. (in Thai)

Hayes, K.A., Burks, R.L., Castro-Vazquez, A., Darby, P.C., Heras, H., Martín, P.R., Qiu, J.W., Thiengo, S.C., Vega, I.A., Wada, T., Yusa, Y., Burela, S., Cadierno, M.P., Cueto, J.A., Dellagnola, F.A., Dreon, M.S., Frassa, M.V., Giraud-Billoud, M., Godoy, M.S., Ituarte, S., Koch, E., Matsukura, K., Pasquevich, M.Y., Rodriguez, C., Saveanu, L., Seuffert, M.E., Strong, E.E., Sun, J., Tamburi, N.E., Tiecher, M.J., Turner, R.L., Valentine-Darby, P.L. and Cowie, R.H. 2015. Insights from an integrated view of the biology of apple snails

(Caenogastropoda: Ampullariidae). Malacologia. 58(1-2): 245-302.

Ishtiaq, F., Javed, S., Coulter, M.C. and Rahmani, A.R. 2010. Resource partitioning in three sympatric species of storks in Keoladeo National Park, India. Waterbirds. 33(1): 41-49.

Joomwong, A. 2000. Golden apple snails. Maejo Vision. 1(5): 38-41. (in Thai)

Kamontum, S. 2003. Introductory of geographic information system. J. Meteorol. 3(3): 30-37. (in Thai)

Lauhachinda, N., Somsiri, J. and Makatan, N. 1999. Guidelines for control and removal of golden apple snail for better environment. Proceedings of the Conference on the Golden Apple Snail. September 24. Sofitel Raja Orchid Hotel. KhonKaen. pp. 3.1-3.13. (in Thai)

Liang, K., Zhang, J.E., Fang, L., Zhao, B., Luo, M., Parajuli, P. and Ouyang, Y. 2013. The biological control of *Pomacea canaliculata* population by rice-duck mutualism in paddy fields. Biocontrol Sci. Techn. 23(6): 674-690.

Low, B.W., Lim, K.S., Yap, F., Lee, T.K., Lim, K.C. and Yong, D.L. 2013. First record of the Asian openbill, *Anastomus oscitans* (Aves: Ciconiidae) in Singapore, with notes on foraging and dispersive movements. Nature in Singapore. 6: 25-29.

Office of Environmental Policy and Planning. 1999. An inventory of wetlands of international and national importance in Thailand. 1st edition. Ministry of Science Technology and Environment: Bangkok. 414 pp. (in Thai)

Pattanakiat, S. 2002. Geo - informatics in ecology and environment. 1st edition. Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University: Nakhon Pathom. 166 pp. (in Thai)

Purivirojkul, W. and Arayarungsarit, L. 2001. Survey on the use of endosulfan to eliminategolden apple snail of farmers in wet seeded rice production areas. Proceedings of the 5th National Plant Protection Conference. November 21-23. Felix River Kwai Resort. Kanchanaburi. pp. 119-128. (in Thai)

Sawangproh, W. 2007. The study of golden apple snail population in paddy field and the significant role of Asian Open-bill Stork in controlling its population in central Thailand. M.Sc. Thesis in Environmental Biology, Graduate Studies, Mahidol University.

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 258-269

บทความวิจัย

ความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงของผู้บริโภคในจังหวัดขอนแก่น

อนันต์ ที่ดี, พัชรี สุริยะ* และ เยาวรัตน์ ศรีวรานันท์

ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) หาค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง และ 2) ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภคที่ดื่มนมและตัดสินใจซื้อนมพร้อมดื่มด้วยตนเองในเขตเทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 400 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์แบบเผชิญหน้า (Face to face interview) ในการประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายใช้วิธีการสร้างสถานการณ์สมมติเหตุการณ์ให้ประเมินค่า (Contingent valuation method: CVM) และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงด้วยแบบจำลองสมการถดถอยที่ถูกเซนเซอร์ (Censored regression model)

ผู้บริโภคมีความเต็มใจที่จะจ่ายเฉลี่ยสำหรับนมคุณภาพสูงเท่ากับ 26.75 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าราคาตลาดของนมคุณภาพสูงและปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง พบว่า ผู้บริโภคที่มีรายได้ต่อเดือนสูง เป็นเพศหญิง มีสถานภาพโสด การศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี และรู้จักตราเครื่องหมาย Q (Thailand's quality mark) มีแนวโน้มความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการกำหนดตลาดเป้าหมายของนมคุณภาพสูงจึงควรมุ่งเน้นไปยังผู้บริโภคที่รักสุขภาพและคำนึงถึงมาตรฐานสินค้า มีรายได้สูง เป็นเพศหญิงและโสด นอกจากนั้นกลุ่มผู้บริโภคที่มีการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรียังเป็นกลุ่มเป้าหมายที่น่าสนใจสำหรับตลาดนมคุณภาพสูง เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้เวลาน้อยกว่าในการตัดสินใจและยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ

คำสำคัญ : นมคุณภาพสูง และความเต็มใจที่จะจ่าย

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

Willingness to Pay for Premium Quality Milk of Consumers in Khon Kaen Province

Anun Teedee, Patcharee Suriya* and Yaowarat Sriwaranun

Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen, 40002, Thailand

Abstract

The objectives of this research were 1) to examine the mean of the willingness to pay for premium quality milk; and 2) to investigate the factors affecting willingness to pay for premium quality milk. A structured questionnaire was used to collect the data through face to face interviews among 400 milk-drinking and self-purchasing consumers in the Municipality of Khon Kaen Province. Contingent valuation method (CVM) was used to estimate the mean of willingness to pay for premium quality milk and censored regression model was used to analyze the factors affecting willingness to pay for premium quality milk.

The average of the willingness to pay for premium quality milk was 26.75 baht per 200 milliliter. The factors affecting willingness to pay for premium quality milk based on sex, marital status, education level, monthly income, and quality mark. These factors had significant impacts on the level of consumers' willingness to pay a premium price for premium quality milk. Therefore, target marketing for premium quality milk should focus on consumers being health conscious, product standard awareness, high income, female and single. In addition, the consumers with education less than undergraduate degree are also a target group for the premium quality milk market because they spend less time in making decision and accepting new products.

Keywords: Premium quality milk and Willingness to pay

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

บทนำ

นมคุณภาพสูง (Premium quality milk) หรือนมพรีเมียม คือนมพร้อมดื่มพาสเจอไรซ์ที่ถูกคัดสรรจากน้ำนมโคดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการและธาตุน้ำนมสูงกว่าน้ำนมดิบทั่วไป ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดใหม่ของตลาดและยังไม่เป็นที่รู้จักของผู้บริโภค โดยนมคุณภาพสูงมีคุณลักษณะและมาตรฐานซึ่งแตกต่างจากนมพร้อมดื่มพาสเจอไรซ์ทั่วไป ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การแสดงข้อความ “พรีเมียม” บนฉลากน้ำนมโคสดและน้ำนมโคชนิดเต็มมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอไรซ์ พ.ศ. 2556 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 167 ง (หน้า 31 - 32) ดังนี้

1) นมคุณภาพสูงต้องผลิตจากน้ำนมโคดิบที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 200,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวไม่เกิน 300,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีโปรตีนปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.10 โดยน้ำหนัก มีไขมันปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.00 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณเนื้อนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.50 โดยน้ำหนัก ขณะที่นมพร้อมดื่มพาสเจอไรซ์ทั่วไปผลิตจากน้ำนมโคดิบมาตรฐานทั่วไปที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 400,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวไม่เกิน 500,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีโปรตีนปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.00 โดยน้ำหนัก มีไขมันปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.35 โดยน้ำหนักและมีปริมาณเนื้อนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 โดยน้ำหนัก

2) มีระบบตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการผลิต (Traceability) ตามหลักสากลหรือเทียบเท่าตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ขณะที่น้ำนมมาตรฐานทั่วไปยังไม่มีข้อกำหนดนี้

3) สถานที่ผลิตน้ำนมโคดิบหรือฟาร์มโคนม ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agriculture Practice: GAP) หรือแนวปฏิบัติที่ว่าด้วยเรื่องการผลิตแปรรูป แสดงฉลาก และจัดจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์

4) สถานที่รวบรวมน้ำนมโคดิบ และสถานที่ผลิตหรือแปรรูปน้ำนมโคดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอไรซ์ต้องได้รับการรับรองตามหลักเกณฑ์ว่าด้วยสุขลักษณะที่ดี หรือการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point: HACCP) ตามมาตรฐานโคเด็กซ์หรือระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหาร ISO 22000 (ISO 22000 food safety management system) ซึ่งคุณลักษณะและมาตรฐานข้อ 3 และ 4 มีเช่นเดียวกันในน้ำนมมาตรฐานทั่วไป (Ministry of Public Health, 2013)

นมคุณภาพสูงจัดเป็นอาหารคุณภาพชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในประเภทสินค้าที่มีความน่าเชื่อถือ (Credence goods) หมายถึง สินค้าที่ผู้บริโภคเข้าใจคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ได้ยาก แม้ภายหลังการบริโภคแล้วก็ไม่สามารถระบุหรือเปรียบเทียบคุณภาพที่แท้จริงของสินค้าได้ขึ้นอยู่กับความรู้สึก ความเชื่อถือ และการได้รับข้อมูลข่าวสารของผู้บริโภคแต่ละคน (Cholpaisal, 2006; Serirat *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตาม นมคุณภาพสูงนั้นยังเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่แพร่หลายในท้องตลาดและไม่เป็นที่รู้จักของผู้บริโภค ซึ่งอาจเกิดจากข้อมูลข่าวสารนมคุณภาพสูงที่ส่งต่อให้ผู้บริโภคยังไม่สมบูรณ์จึงอาจก่อให้เกิดความล้มเหลวของตลาดนมคุณภาพสูงได้ และอาหารคุณภาพส่วนใหญ่มีผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้บริโภคที่มีรายได้สูงและได้รับการศึกษาสูง (Sangangamvong, 2012; Sriwaranun *et al.*, 2015) ทั้งนี้จังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเท่ากับ 106,982 บาทต่อคนต่อปี ใน พ.ศ. 2556 (National Statistical Office, 2015) และเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาระดับอุดมศึกษาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นจึงเลือกจังหวัดขอนแก่นเป็นพื้นที่ใช้ในการศึกษากลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายครั้งนี้

ปัจจุบันงานวิจัยด้านการตลาดที่เกี่ยวกับนมคุณภาพสูงในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก ดังนั้นควรหาความเต็มใจที่จะจ่ายและปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้บริโภคสำหรับนมคุณภาพสูง เพื่อผู้ผลิต นักการตลาดและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่มและนมคุณภาพสูงจะได้นำข้อมูลและผลการศึกษาไปใช้ในการวางแผนการตลาดผลิตภัณฑ์นมคุณภาพสูงเพื่อส่งเสริมหรือจูงใจให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคนมคุณภาพสูงมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการวิจัยมี 3 ขั้นตอน คือ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การเตรียมแบบสอบถาม และการวิเคราะห์ข้อมูลและแบบจำลองซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามาจากประชากรเป้าหมายซึ่งเป็นประชาชนในเทศบาลนครขอนแก่นโดยเป็นผู้บริโภคที่ดื่มนมและซื้อนมพร้อมดื่มด้วยตนเอง ใช้สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างที่ไม่ทราบจำนวนประชากร (Srisa-Ard, 1995) ดังนี้

$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{e^2}$$

$$n = \frac{0.50(1-0.50)1.96^2}{0.05^2}$$

$$n = 384$$

P คือสัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยจะสุ่มเนื่องจากไม่สามารถคาดคะเนสัดส่วนของประชากรได้จึงกำหนด P มีค่าเท่ากับ 0.50 (ร้อยละ 50)

Z คือค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.96

ดังนั้น ขนาดตัวอย่าง (*n*) เท่ากับ 384 ตัวอย่าง แต่เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการตอบคำถามที่ไม่สมบูรณ์ของผู้บริโภคขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจริงเท่ากับ 400 ตัวอย่าง

ผู้บริโภคตัวอย่างถูกสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยทำการสัมภาษณ์ข้อมูลผู้บริโภคตามสถานที่ที่จำหน่ายนมพร้อมดื่มและอาหารคุณภาพในเขตเทศบาลนครขอนแก่น จำนวน 5 แหล่ง คือ ร้านจำหน่ายอาหารคุณภาพ ซูเปอร์มาร์เก็ต ตลาดสด ไฮเปอร์มาร์เก็ต และสถาบันการศึกษา

2. การเตรียมแบบสอบถาม

การศึกษาครั้งนี้ใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างโดยคำถามได้ตั้งตามขั้นตอนวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประเมินค่า (Contingent valuation method: CVM) แบ่งคำถามออกเป็น 4 ส่วน คือ

1) การรับรู้และทัศนคติ

2) พฤติกรรมผู้บริโภค

3) ความเต็มใจที่จะจ่ายเงินสำหรับนมคุณภาพสูง

4) สภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค

สำหรับคำถามด้านความเต็มใจที่จะจ่ายใช้คำถามปลายปิดเสนอราคาสองครั้ง (Double bounded close–ended) มีมูลค่าเริ่มต้น (First bid) ได้แก่ 30 25 20 และ 15 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร ซึ่งได้จากการทดสอบแบบสอบถาม (Pre-test) จากผู้บริโภคจำนวน 30 ราย ด้วยคำถามปลายเปิดให้ผู้บริโภคแสดงความเต็มใจที่จะจ่ายต่อนมคุณภาพสูงปริมาณ 200 มิลลิลิตร จากราคานมพร้อมดื่มธรรมดาทั่วไปประมาณ 12 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร (Table 1)

Table 1 Dichotomous choice questionnaire for eliciting a consumer's willingness to pay

First bids (Baht/200 ml)	Second bid (Baht/200 ml)	
	Lower amount	Higher amount
15	13.50	18.00
20	16.00	28.00
25	18.50	38.00
30	21.00	48.00

Source: First bid from pre-test survey and second bid by calculated

3.การวิเคราะห์ข้อมูลและแบบจำลอง

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาค่าสถิติเชิงพรรณนา เช่น สถิติค่าเฉลี่ย ความถี่และร้อยละใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคม และพฤติกรรมผู้ของบริโภค

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis)ข้อมูลที่ได้จากสำรวจผู้บริโภคในด้านทัศนคติมีจำนวน 13 ตัวแปร ได้แก่

(1) การแยกขยะและทิ้งขยะลงถังขยะรีไซเคิ้ล

(2) การหลีกเลี่ยงใช้กล่องโฟม

(3) การซื้อสินค้าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

(4) การอ่านฉลากและข้อมูลสินค้าก่อนซื้อ

(5) การพิถีพิถันต่อการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์

(6) การซื้ออาหารที่ได้รับตรารับรองคุณภาพหรือมาตรฐานต่างๆ

(7) การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ

(8) การซื้ออาหารที่ไม่มีส่วนผสมของพืชตัดแต่งพันธุกรรม

(9) ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของพืชตัดแต่งพันธุกรรมไม่ปลอดภัยต่อมนุษย์

(10) การเลี้ยงและการฆ่าสัตว์แบบทารุณเป็นเรื่องไม่ถูกต้อง

(11) สัตว์ที่ถูกเลี้ยงแบบปล่อยทุ่งจะมีความเครียดลดลงและความสุขเพิ่มขึ้น

(12) แบคทีเรียที่ตกค้างในน้ำนมเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคทางเดินอาหาร

(13) การใช้ฮอร์โมนและยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์เป็นอันตรายต่อมนุษย์

2) การวิเคราะห์ด้านการรับรู้เกี่ยวกับนมคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับนมพร้อมดื่มทั่วไปมีจำนวน 9 ตัวแปร ได้แก่

(1) ขาดข้อมูลผลิตภัณฑ์

(2) ไม่ค่อยพบในร้านขายของชำ

(3) มีชนิดไม่หลากหลาย

(4) มีคุณค่าสารอาหารมากกว่า

(5) รสชาติดีกว่า

(6) มีคุณสมบัติคุ้มค่ากับราคามากกว่า

(7) มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่า

(8) มีกระบวนการผลิตที่มีมาตรฐานดีกว่า

(9) มีแบคทีเรียและยาปฏิชีวนะตกค้างน้อยกว่า

โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ในการวัด ซึ่งเป็นตัวแปรที่ถูกนำไปใช้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง

ในการป้องกันการเกิดปัญหา Multicollinearity จึงทำการจัดตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันให้อยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบใช้การหมุนแกนแบบมุมฉากด้วยวิธีเวอร์ริแมกซ์ (Orthogona–Varimax) วิเคราะห์ตามหลักการของ Principal component analysis อาศัยค่าไอเกน (Eigenvalues) ที่มากกว่า 1.00 ขึ้นไป ซึ่งสามารถจัดกลุ่มองค์ประกอบด้านทัศนคติได้ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านความกังวลต่อสิ่งแวดล้อม ด้านการรักสุขภาพ ด้านจริยธรรมในอาหารสัตว์ ด้านสวัสดิภาพของสัตว์ และด้านความกังวลอาหารปลอดภัย ส่วนตัวแปรด้านการรับรู้สามารถจัดองค์ประกอบได้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การรับรู้ปัญหาของผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ และการรับรู้ความปลอดภัย โดยตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบมีค่าความเชื่อมั่นอัลฟ่าครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไปซึ่งสามารถยอมรับและนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานได้ (Pallant, 2005) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง

2) การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง การหาค่าความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to pay: WTP) จากคำถามปลายปิดเสนอราคาสองครั้ง (Double bound model) ซึ่งกำหนดให้แบบจำลองมีค่าขอบเขตล่างสุดเท่ากับ 12 บาท (ราคาตลาดของนมพาสเจอไรซ์) และค่าขอบเขตบนสุดเท่ากับ 50 บาท (ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายสูงสุดซึ่งได้มาจากการสำรวจ) ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายใช้วิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimate: MLE)

3) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง ซึ่งวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมการถดถอยที่ถูกเซนเซอร์ (Censored regression model) โดยผู้วิจัยได้ตรวจสอบปัญหา Multicollinearity ซึ่งไม่มีตัวแปรคู่ใดที่มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกิน 0.8 สามารถนำตัวแปรวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานได้ (Pallant, 2004) และฟังก์ชันของแบบจำลองปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่าย ดังนี้

$$\begin{aligned} WTP &= \alpha - \rho\beta_0 + \beta_1 ENVI + \beta_2 HEALT + \beta_3 ETHIC + + \beta_4 AMW \\ &+ \beta_5 FDS + \beta_6 BARRIER + \beta_7 PTQB + \beta_8 SAFETY + \beta_9 GENDER \\ &+ \beta_{10} SINGLE + \beta_{11} EDU + \beta_{12} AGE + \beta_{13} INCOME + \beta_{14} CHILD \\ &+ \beta_{15} FR + \beta_{16} KP + \beta_{17} RP1 + \beta_{18} RP2 + \beta_{19} LIKEPAZ + \varepsilon \end{aligned}$$

โดย *WTP* คือค่าความเต็มใจที่จะจ่ายนมคุณภาพสูงที่หาได้จากแบบจำลอง Double bound model

β_i คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระในแบบจำลอง ได้แก่

ENVI คือทัศนคติด้านความกังวลต่อสิ่งแวดล้อม

HEALT คือทัศนคติด้านการรักสุขภาพ

ETHICS คือทัศนคติด้านจริยธรรมในอาหารสัตว์

AMW คือทัศนคติด้านสวัสดิภาพของสัตว์

FDS คือทัศนคติด้านความกังวลอาหารปลอดภัย

BARRIER คือการรับรู้ปัญหาของผลิตภัณฑ์

PTQB คือการรับรู้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

SAFTY คือการรับรู้ความปลอดภัย

GENDER คือ 1 เมื่อเป็นเพศหญิง และ 0 เมื่อเป็นเพศชาย

SINGLE คือ 1 เมื่อสถานภาพโสด และ 0 เมื่อสถานภาพอื่น ๆ

EDUCAT คือ 1 เมื่อเท่ากับหรือสูงกว่าปริญญาตรีขึ้นไป และ 0 เมื่อต่ำกว่าปริญญาตรี

AGE คืออายุของผู้บริโภค

INCOME คือรายได้ต่อเดือนของผู้บริโภค

CHILD คือ 1 เมื่อมีเด็กวัยโตอายุ 6-11 ปี ในครัวเรือน และ 0 เมื่อไม่มี

FR คือ ความถี่การซื้อนมพร้อมดื่มทั่วไปต่อเดือน

KP คือ 1 เมื่อมีความรู้เกี่ยวกับนมคุณภาพสูง และ 0 เมื่อไม่มีความรู้เกี่ยวกับนมคุณภาพสูง

RP1 คือ 1 เมื่อรู้จักตรา อย. และ 0 เมื่อไม่รู้จัก

RP2 คือ 1 เมื่อรู้จักตรา Q และ 0 เมื่อไม่รู้จัก

LIKEPAZ คือ 1 เมื่อนิยมซื้อนมพาสเจอไรซ์ และ 0 เมื่อนิยมซื้อนมชนิดอื่นๆ

α, ρ, β คือค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลอง

ε คือค่า Error term ของแบบจำลอง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคม และพฤติกรรมการซื้อนมพร้อมดื่มและนมคุณภาพสูงของผู้บริโภค

ผู้บริโภคมีจำนวนทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 262 ราย คิดเป็นร้อยละ 65.50 มีสถานภาพสมรสและหย่าร้างจำนวน 215 ราย คิดเป็นร้อยละ 53.75 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปจำนวน 224 ราย คิดเป็นร้อยละ 66.00 อายุเฉลี่ย 38.53 ปี มีรายได้เฉลี่ยประมาณ 20,312.35 บาทต่อเดือน และมี 57 ครัวเรือนที่มีเด็กวัยโตอายุ 6-11 ปี (Table 2)

ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการซื้อนมพร้อมดื่มเฉลี่ยประมาณ 7.93 ครั้งต่อเดือน ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 82.25) ไม่มีความรู้เกี่ยวกับนมคุณภาพสูง รู้จักตรา อย. จำนวน 379 ราย คิดเป็นร้อยละ 94.75 ไม่รู้จักตราเครื่องหมาย Q จำนวน 255 ราย คิดเป็นร้อยละ 63.75 และมีความนิยมน้อยต่อการซื้อนมพาสเจอไรซ์จำนวน 267 ราย คิดเป็นร้อยละ 66.75 (Table 3)

การซื้อนมคุณภาพสูงของผู้บริโภค พบว่า ร้อยละ 87.00 ไม่เคยซื้อนมคุณภาพสูงและมีเพียงร้อยละ 13.00 เคยซื้อนมคุณภาพสูง เหตุผลของผู้บริโภคที่ไม่เคยซื้อนมคุณภาพสูง คือ ไม่ทราบว่ามีจำหน่ายหรือไม่รู้จักนมคุณภาพสูง คิดเป็นร้อยละ 52.12 เนื่องจากนมคุณภาพสูงเป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดใหม่ของตลาดและวางจำหน่ายไม่แพร่หลาย เหตุผลรองลงมา คือ ไม่มีจำหน่ายในร้านที่ซื้อเป็นประจำ พึงพอใจกับนมพร้อมดื่มทั่วไปอยู่แล้ว คิดว่าราคาแพง และเหตุผลอื่นๆ เช่น ไม่เชื่อว่ามีประโยชน์สูง เป็นต้น สำหรับผู้บริโภคที่เคยซื้อนมคุณภาพสูงเนื่องจากมีสารอาหารที่มีประโยชน์ มีคุณภาพ มีรสชาติดี รสชาติอร่อย บรรจุภัณฑ์สวยงาม ราคาเหมาะสมกับคุณภาพและมาตรฐาน และเหตุผลอื่นๆ เช่น ปลอดภัยจากยาปฏิชีวนะ เป็นต้น โดยผู้บริโภคที่เคยซื้อนมคุณภาพสูงพบปัญหาอุปสรรค คือแหล่งจำหน่ายไม่เพียงพอ หาซื้อได้ยาก ราคาแพงเกินไป น้ำนมหมดอายุเร็วเก็บไว้ได้ไม่นาน และเหตุผลอื่น ๆ เช่น การเดินทางไปแหล่งจำหน่ายไม่สะดวก ส่วนด้านความเต็มใจที่จะจ่ายนมคุณภาพสูง พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง คิดเป็นร้อยละ 89.25 ของผู้บริโภคตัวอย่างทั้งหมด (Table 3)

2. ค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง

ผู้วิจัยเลือกค่า Log – normal เนื่องจากเป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมที่ดีแสดงถึงความกลมกลืนของข้อมูลที่ดีที่สุด (Bateman *et al.,* 2002) ใช้สำหรับประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายแบบไม่มีตัวแปรอิสระ (Restricted model)

ผลการวิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงเท่ากับ 26.75 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร โดยระหว่างช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายโดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 25.37 บาทต่อ 200

มิลลิลิตร ถึงค่าสูงสุดเท่ากับ 28.27 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร (Table 4)

3.ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง

การตรวจสอบความเหมาะสม (Model fit) ของสมการปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายโดยได้ตรวจสอบค่าสถิติ Adjusted McFadden's Pseudo R^2 เท่ากับ 0.035 หมายความว่า ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ร้อยละ 3.50 และค่าสถิติ Likelihood ratio (LR) test ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าไคสแควร์ (Chi-Squre: χ^2) หมายความว่า ตัวแปรอิสระมีผลต่อการกำหนดค่าความเต็มใจจ่ายนมคุณภาพสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 5)

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูง พบว่ามีตัวแปรที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแปรรายได้ต่อเดือนของผู้บริโภค *(INCOME)* ตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแปรเพศ (หญิง) *(GENDER)* ตัวแปรการศึกษา (การศึกษาสูงสุดตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป) *(EDUCAT)* และตัวแปรการรู้จักตรา Q *(RP2)* และตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 คือ ตัวแปรสถานภาพโสด *(SINGLE)* มีรายละเอียดของแต่ละตัวแปรต่อไปนี้

3.1 ตัวแปรรายได้ต่อเดือน *(INCOME)* มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (0.0001) หมายถึงผู้บริโภคที่มีรายได้ต่อเดือนสูงมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายสูงกว่าผู้บริโภคที่มีรายได้ต่อเดือนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cholpaisal (2006) และ Sangangamvong (2012) ที่พบว่ารายได้ต่อเดือนมีผลทางบวกต่อความเต็มใจที่จะจ่าย แต่ต่างจากงานวิจัยของ Yooyen *et al.* (2011) ที่พบว่าผู้บริโภคมีรายได้ต่อเดือนน้อยจะมีความเต็มใจที่จะจ่ายมากกว่าผู้บริโภคที่มีรายได้ต่อเดือนสูง

3.2 ตัวแปรด้านการศึกษา *(EDUCAT)* มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ (-0.1159) หมายถึงผู้บริโภคที่ได้รับการศึกษาระดับสูงสุดตั้งแต่ปริญญาตรีขึ้นไปมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายต่ำกว่าผู้ที่ได้รับการศึกษาระดับประถม มัธยมต้นและมัธยมปลายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panmanee and Kongtanajaruanun (2012) และเมื่อพิจารณาถึงผลวิจัยของ Sangangamvong (2012) มีความสอดคล้องกับเรื่องอาชีพที่ใช้ทักษะ (กลุ่มอาชีพที่มีการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป) มีแนวโน้มความเต็มใจที่จะจ่ายน้อยกว่าอาชีพที่ใช้ทักษะน้อย เนื่องจากกลุ่มผู้บริโภคที่มีการศึกษาสูงจะใช้เวลานานกว่าในการพิจารณาและยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ และส่วนใหญ่ไม่เชื่อมั่นว่านมคุณภาพสูงมีความแตกต่างจากนมพร้อมดื่มทั่วไป และไม่เชื่อมั่นว่านมคุณภาพสูงจะผลิตได้จริงตามมาตรฐานกำหนด

3.3 ตัวแปรเพศ *(GENDER)* มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (0.0993) หมายถึง เมื่อผู้บริโภคเป็นเพศหญิงจะมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายสูงกว่าผู้บริโภคที่เป็นเพศชายซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangangamvong (2012) ที่ศึกษาความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมอินทรีย์ของผู้บริโภคในจังหวัดเชียงใหม่

3.4 ตัวแปรสถานภาพโสด *(SINGLE)* มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (0.1011) หมายถึง ผู้บริโภคที่มีสถานภาพโสดมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายสูงกว่ากลุ่มคนที่มีสถานภาพสมรสและหย่าร้างแล้ว ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Puckdeetoo and Sutamuang (2013) เนื่องจากผู้บริโภคที่มีสถานภาพโสดมักซื้อผลิตภัณฑ์อาหารคุณภาพเพื่อบำรุงสุขภาพร่างกาย

3.5ตัวแปรการรู้จักตรา Q *(RP2)* มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (0.1208) หมายถึง ผู้บริโภคที่รู้จักตรา Q จะมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายสูงกว่าผู้บริโภคที่ไม่รู้จักตรา Q ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yooyen *et al.* (2011) และ Pungchoo (2014) ซึ่งการรู้จักตรามีผลทางบวกต่อการซื้อและความเต็มใจที่จะจ่ายเมื่อผู้บริโภครู้จักและเชื่อมั่นต่อตรารับรองคุณภาพมาตรฐานสินค้านั้น ๆ แต่ผู้บริโภคจะขาดความเชื่อมั่นแม้รู้จักตรารับรองคุณภาพมาตรฐานสินค้านั้นเนื่องจากผู้บริโภคไม่มีความรู้เกี่ยวกับตราและเชื่อว่าการรับรองตราคุณภาพมาตรฐานของต่างประเทศดีกว่าการรับรองตราคุณภาพมาตรฐานประเทศของตน (Colonna *et al.,* 2011)

สรุปผลการวิจัย

ผู้บริโภคจำนวน 357 ราย มีความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงโดยมีค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายเท่ากับ 26.75 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร และที่ระดับช่วงความ

เชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าผู้บริโภคมีความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงต่ำสุดเท่ากับ 25.37 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร ถึงสูงสุดเท่ากับ 28.27 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร โดยลักษณะของผู้บริโภคที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับนมคุณภาพสูงในทางบวก คือ ผู้บริโภคที่มีรายได้ต่อเดือนสูงมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายสูงกว่าผู้บริโภคที่มีรายได้ต่อเดือนต่ำ ผู้บริโภคที่รู้จักตรา Q จะมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายมากกว่าผู้บริโภคที่ไม่รู้จักตรา Q เมื่อผู้บริโภคเป็นเพศหญิงจะมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายมากกว่าผู้บริโภคที่เป็นเพศชาย และผู้บริโภคที่มีสถานภาพโสดมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายมากกว่ากลุ่มคนที่มีสถานภาพสมรสและหย่าร้างแล้ว

ส่วนคุณลักษณะผู้บริโภคที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายทางลบ คือ ผู้บริโภคที่ได้รับการศึกษาสูงสุดตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไปมีโอกาสความเต็มใจที่จะจ่ายน้อยกว่าผู้ที่ได้รับการศึกษาระดับประถม มัธยมต้นและมัธยมปลาย เนื่องจากผู้ได้รับการศึกษาสูงจะใช้เวลานานกว่าในการพิจารณาและยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ โดยส่วนใหญ่ไม่เชื่อมั่นว่านมคุณภาพสูงมีความแตกต่างจากนมพร้อมดื่มทั่วไปและไม่เชื่อมั่นว่านมคุณภาพสูงจะผลิตได้จริงตามมาตรฐานกำหนด

Table 2 Socio-demographic characteristics of respondents

Socio-demographic characteristics	Number of respondent	Percentage
Gender		
Male	138	34.50
Female	262	65.50
Marital status		
Single	185	46.25
Married and divorced/separated/widowed	215	53.75
Education level		
Primary and secondary school	176	44.00
Bachelor degree or higher	224	66.00
Age ($\overline{\chi}$ = 38.53)		
Less than 40 years old	203	50.75
Equal to or more than 40 years old	197	49.25
Salary per month ($\overline{\chi}$ = 20,312.35 bath per month)		
Less than 20,000 bath per month	235	58.75
Equal to or more than 20,000bath per month	165	41.25
Having kids aging 6-11 years old in households		
No kids	343	85.75
Have kids	57	14.25

Table 3 Purchasing behavior towards general milk and premium quality milk of respondents

Statements	Number of respondents	Percentage
Frequency of purchase of milk per month ($\bar{x}$ =7.93)		
Less than8 times per month	253	63.25
Equal or more than 8 times per month	147	36.75
Knowledge towards premium quality milk		
Do not have knowledge	329	82.25
Low knowledge	38	9.50
Moderate knowledge	27	6.75
High knowledge	6	1.5
Food and drug administration (FDA) brand awareness		
Do not know	21	5.25
Know	379	94.75
Thailand's quality mark (Q) brand awareness		
Do not know	255	63.75
Know	145	36.25
Preference to purchase of pasteurized milk		
low preference	267	66.75
high preference	133	33.25
Purchase of premium quality milk		
Never	348	87.00
Bought	52	13.00
Reasons of respondents who never buy premium quality milk *		
Do not know whether it is sold or unknown	320	52.12
Do not sell in a shop that buys regularly	98	15.96
Satisfy with general milk	87	14.17
High price	55	8.96
Others	54	8.78
Reasons of respondents who used to buy premium quality milk *		
Valuable nutrients	38	21.35
High quality	34	19.10
Good taste	33	18.54
Beautiful packaging	23	12.92
Reasonable price with standard quality	15	8.43
Others	35	19.66
Obstacles in purchasing premium quality milk *		
Inadequate supply sources and hard to find	33	35.49
Too expensive	26	27.96
Quickly perishable	13	13.98
Others	21	22.58
Willingness to pay for premium quality milk		
No	43	10.75
Yes	357	89.25

Note: * Percentage is compared with the total number of responses

Table 4 Statistical values of willingness to pay restricted model for premium quality milk

Values of the maximum log-likelihood function *(LL_{null})*	
Log – normal	- 428.148
Log – logistic	- 435.817
Weibull	- 440.725
Coefficients of the double-bounded dichotomous choice model for premium quality milk	
Log – normal	
Intercept (μ)	3.224
Scale (σ)	0.354
Median WTP[1](Baht/200 ml)	25.13
Mean WTP[2](Baht/200 ml)	26.75
95% CI of mean WTP[3](Minimum)	25.37
95% CI of mean WTP[3](Maximum)	28.27

Note: [1]Median WTP = e^{μ}

[2]Mean WTP = $e^{(\mu+0.5\sigma^2)}$

[3]95% Confidence interval of the WTP mean is calculated by using estimated parameters

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

แนวทางสำหรับผู้ประกอบการหรือหน่วยธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับนมคุณภาพสูงนำไปใช้ในการวางแผนหรือกำหนดกิจกรรมการตลาดมีดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มเป้าหมายผู้ประกอบการหรือหน่วยธุรกิจควรมุ่งจำหน่ายนมคุณภาพสูงให้กับผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิง สถานภาพโสด และมีรายได้ต่อเดือนสูง ทั้งนี้กลุ่มผู้บริโภคที่มีความเต็มใจที่จะจ่ายมักเป็นผู้ที่รักสุขภาพและกังวลเรื่องสุขภาพโดยจะคำนึงถึงประโยชน์จากสารอาหารและคุณภาพมาตรฐานการผลิตของนมคุณภาพสูงที่ดีกว่าของนมพร้อมดื่มธรรมดาทั่วไป

2. ด้านการพัฒนาคุณลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์นมคุณภาพสูง ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการแสดงตรา Q เนื่องจากเข้าใจและเชื่อว่าเป็นตราสำหรับอาหารปลอดภัย ดังนั้นผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ผ่านมาตรฐานตรา Q และมาตรฐานอื่นๆ ที่แสดงให้เห็นว่านมคุณภาพสูงเป็นอาหารปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ผู้ประกอบการนมคุณภาพสูงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาตรารับรองมาตรฐานนมคุณภาพสูงโดยเฉพาะ เพื่อเป็นสัญลักษณ์ให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในมาตรฐานการผลิตและการบริโภคนมคุณภาพสูงว่ามีประโยชน์จริงและคุ้มค่ากับการจ่ายในราคาที่แพงขึ้น

3. ด้านราคา ผู้บริโภคมีความเต็มใจที่จะจ่ายนมคุณภาพสูงในราคาเฉลี่ย 26.75 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร หรือระหว่าง 25.37 – 28.27 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร ขณะที่ราคาตลาดของนมคุณภาพสูงในปัจจุบันเท่ากับ 25 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร ซึ่งใกล้เคียงค่าความเต็มใจที่จะจ่ายที่ประมาณได้ โดยผู้บริโภคที่มีความเต็มใจที่จะจ่ายจะให้ความสำคัญมากต่อราคาซึ่งต้องเหมาะสมกับคุณภาพมาตรฐานและสารอาหารที่ได้รับ ดังนั้น ผู้ประกอบการควรกระตุ้นการรับรู้เชิงบวกเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการรับรู้ที่ดีต่อนมคุณภาพสูง เมื่อผู้บริโภคมีการรับรู้ที่ดีแล้วผู้ประกอบการสามารถกำหนดราคานมคุณภาพสูงเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากผู้บริโภคมีความเต็มใจที่จะจ่ายเพิ่มขึ้นเพื่อแลกกับคุณภาพมาตรฐานและสารอาหารที่ได้รับจากนมคุณภาพสูง

4. ด้านแหล่งจำหน่าย หน่วยธุรกิจควรวางจำหน่ายนมคุณภาพสูงที่ร้านสะดวกซื้อและห้างสรรพสินค้าเนื่องจาก

มีแนวโน้มว่าเป็นแหล่งของผู้บริโภคซึ่งเป็นผู้หญิง มีสถานภาพโสดและผู้ที่มีรายได้สูงจะนิยมไปซื้อผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม อย่างไรก็ตามในอนาคตผู้ประกอบการควรขยายแหล่งจำหน่ายนมคุณภาพสูงให้กว้างและหาซื้อง่ายมากยิ่งขึ้น

Table 5 Estimated model for factors affecting consumers' willingness to pay for premium quality milk

Variables	Coefficient	S.D.	p–value
ENVI	0.0427	0.0271	0.1145
HEALT	0.0226	0.0298	0.5054
ETHICS	0.0296	0.0319	0.4474
AMW	0.0296	0.0319	0.3535
FDS	-0.0159	0.0296	0.5899
BARRIER	-0.0001	0.0305	0.9963
PTQB	-0.0119	0.0402	0.7668
SAFTY	0.0245	0.0304	0.4191
GENDER	0.0993**	0.0454	0.0286
SINGLE	0.1011 *	0.0539	0.0608
EDUCAT	-0.1159**	0.0507	0.0222
AGE	0.0007	0.0020	0.7140
INCOME	0.0000***	0.0000	0.0077
CHILD	0.0578	0.0451	0.1996
FR	-0.0001	0.0027	0.9559
KP	0.0129	0.0590	0.8270
RP1	-0.0954	0.1040	0.3593
RP2	0.1208 **	0.0473	0.0106
LIKEPAZ	0.0363	0.0474	0.4438
Log Likelihood (LL_{Model})	413.351		
Log Likelihood (LL_{Null})	428.148		
LR test > χ^2	29.594 **		
Df	19		
Pseudo R^2	0.035		
Number of Observations	357		

Note:*, ** and *** indicate the estimated coefficients are significant at the 0.1, 0.05 and 0.01, respectively

References

Bateman, I.J., Carson, R.T., Day, B., Hanemann, W.M., Hanley, N., Hett, T., Lee, M.J., Loomes, G., Mourato, S., Ozdemiroglu, E. and Pearce, D.W. 2002. Economic valuation with stated preference techniques: a manual. Edward Elgar Publishing: Cheltenham. 458 pp.

Cholpaisal, J. 2006. Willingness to pay for organic pork product. M.Sc. Thesis in Economics, Graduate School, Thammasat University. (in Thai).

Colonna, A., Durham, C. and Meunier-Goddik, L. 2011. Factors affecting consumers' preferences for and purchasing decisions regarding pasteurized and raw milk specialty cheeses. J. Dairy Sci. 94(10), 5217-5226.

Ministry of Public Health. 2013. Notification of the Ministry of Public Health Re: displaying of the term "Premium" on labels of pasteurized cows' milk and pasteurized full fat cows' milk 2013. Published in the Government Gazette Vol. 130, Special Part 167 Ngor, page 31-32, dated November 27th, 2013. Bangkok: Ministry of Public Health.

National Statistical Office. 2015. Average income per person; new series; classified by region and province 1995 - 2013: all over the Kingdom of Thailand [online]. [Accessed January 11, 2016]. Available from: URL: http://service. nso.go.th/nso/web/statseries/statseries15.html. (in Thai)

Pallant, J. 2004. SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis using SPSS. Open University Press: Buckingham. 283 pp.

Pallant, J. 2005. SPSS survival manual: a step by step guide to using SPSS for windows (version 12). Allen &Unwin: New South Wales, Australia. 357 pp.

Panmanee, C. and Kongtanajaruanun, R. 2012. Willingness to pay and ability to pay for fresh organic vegetables of the consumers in Chiang Mai province. Research report. The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University. (in Thai)

Puckdeetoo, S. and Sutamuang, K. 2013. Motivation for consume organic rice on working age of consumer in Bangkok metropolitan areas. J. Finance Invest, Marketing and Business Manage. 3(1), 547-566. (in Thai)

Pungchoo, O. 2014.The relationship and the Influences of the factors affecting purchase intention of organic product shop "A" in Pathumthani province. M.B.A. Independent study, Graduate School, Bangkok University. (in Thai)

Sangangamvong, N. 2012. Milk consumption behavior and willingness to pay for organic milk of consumer in Chiang Mai province. M.Sc. Thesis in Agricultural Economics, Graduate School, Chiang Mai University. (in Thai)

Serirat, S., Mechinda, P., Lertwannawit, A., Luksitanon, P., Patawanich, O., Serirat, S., and Anuwichanont, J. 2009. Modern Marketing Management. Diamond in Business World: Bangkok. 630 pp. (in Thai)

Srisa-Ard, B. 1995. Statistical methods for research. 2nd Edition. Suweeriyasan Publishing Company: Bangkok. 231 pp. (in Thai)

Sriwaranun, Y., Gan, C., Lee, M., and Cohen, D.A. 2015. Consumers' willingness to pay for organic products in Thailand. Int. J. Soc. Econ. 42(5): 480-510.

Yooyen, A., Leerattanakorn. N., and Panmanee, C. 2011. Market potential and willingness to pay for organic pork product in Chiangmai province. Research report. The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University. (in Thai).

บทความวิจัย

ผลของกากงาขี้ม้อนผงต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมูยอระหว่างการเก็บรักษา

โชษณ ศรีเกตุ[1*], สาโรจน์ รอดคืน[2] และ ธนิษฐ์นันท์ บุญศรีชนะ[3]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อ.เมือง จ. อุบลราชธานี 34000
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง อ.เมือง จ. เชียงราย 57100
[3]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ. มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกากงาขี้ม้อนผง (Perilla seed pressed-cake-powder; PPP) ที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0-2.0) ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมูยอระหว่างเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณใยอาหารต่ำกว่าตัวอย่างที่เติม PPP อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาโครงสร้างจุลภาคพบว่า การเติม PPP ไม่มีผลต่อโครงสร้างของหมูยอ พบว่าการเติม PPP ช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในหมูยอโดยสังเกตได้จากค่า peroxide value (PV) และ thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) ที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม การเติม PPP ไม่มีผลต่อค่าสีของหมูยอในวันเริ่มต้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการลดลงของค่าความสว่าง (L* value) และการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง (b* value) ($P<0.05$) เห็นได้ชัดในหมูยอกลุ่มควบคุมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เติม PPP ระหว่างการเก็บรักษา การเติม PPP ไม่มีผลต่อปริมาณของกรดไขมันของหมูยอในวันเริ่มต้นแต่เมื่อเก็บรักษาหมูยอเป็นเวลา 21 วัน พบว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในตัวอย่างควบคุมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เติม PPP ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis; TPA) พบว่าการเติม PPP ไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติม PPP ก็ไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในหมูยอพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในทุกตัวอย่างมีค่าไม่เกินมาตรฐานตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน ดังนั้นการเติม PPP ในผลิตภัณฑ์หมูยอสามารถรักษาคุณภาพของหมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 21 วัน

คำสำคัญ: กากงาขี้ม้อน, สารต้านอนุมูลอิสระ, ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และหมูยอ

[*] ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: psriket@hotmail.com

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 270-284

Effect of Perilla Seed Pressed-Cake Powder on Physicochemical Properties and Oxidative Stability of Pork Emulsion Sausage (Moo Yor) During Storage

Chodsana Sriket[1*], Saroat Rawdkuen[2] and Thanitnan Boonsrichana[3]

[1]*Program in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, 34000, Thailand*

[2]*Food Technology, School of Agro-Industry, Mae FahLuang University, Chiang Rai, 57100, Thailand*

[3]*Program in Food Business and Nutrition, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

Abstract

Effects of perilla seed pressed-cake-powder (PPP) at various contents (0-2.0%) on physicochemical properties and oxidative stability of pork emulsion sausage (Moo Yor) during storage at 4 °C for 21 days were studied. Control sample had lower fiber content (P<0.05), compared with PPP added samples. However, microstructure study revealed that PPP addition had no effect on Moo Yor structure. PPP was shown to retard lipid oxidation of Moo Yor samples during extended storage of 21 days as evidenced by the lower peroxide value (PV) and thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS), in comparison with the control. PPP addition showed no effect on color (L*, a* and b* values) of Moo Yor samples at day 0 of storage. However, the decrease in L* value and increase in b* value (P<0.05) were more pronounced in control sample, compared with PPP added samples during storage. PPP addition had no effect on fatty acid content at day 0 but lower unsaturated fatty acid (UFA) content of control sample, compared with PPP added samples during storage for 21 days was found. There was no difference in texture profile analysis (TPA) among all samples at 0 day of storage. Sensory evaluation revealed that PPP addition also had no detrimental effect on Moo Yor samples. Microbial content in all samples was not exceeded the limit during the storage for 21 days. Therefore, PPP addition could be used as a means to maintain the quality of Moo Yor during storage at 4 °C for 21 days.

Keywords: Perilla seed pressed-cake, Antioxidant, Lipid oxidation and Pork emulsion sausage

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

บทนำ

น้ำมันพืชเป็นแหล่งของน้ำมันบริโภคที่สำคัญโดยมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 79 เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำมันบริโภคจากสัตว์ ซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 21 โดยพืชน้ำมันแต่ละชนิดจะให้น้ำมันที่มีสมบัติแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดหรือสายพันธุ์ของพืช เนื่องด้วยสมบัติด้านต่างๆ ของน้ำมันพืชที่เหนือกว่าน้ำมันจากสัตว์ ทำให้น้ำมันบริโภคจากพืชได้รับความสนใจมาอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พืชน้ำมันที่สำคัญได้แก่ ถั่วเหลือง ฝ้าย ข้าวโพด ปาล์ม มะพร้าว มะกอก ทานตะวัน ถั่วลิสง เรพสีด และลินสีด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีพืชชนิดใหม่ๆ ที่มีการส่งเสริมการปลูกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมัน โดยมีการระบุว่าน้ำมันที่ได้มีสมบัติด้านต่างๆ ที่เทียบเคียงได้หรือดีกว่าน้ำมันพืชหลักๆ ที่ใช้ในการบริโภคอยู่ในปัจจุบัน เช่น น้ำมันเมล็ดงา น้ำมันงาขี้ม้อน น้ำมันถั่วดาวอินคา เป็นต้น โดยมีการอ้างถึงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ระบุว่าน้ำมันจากแหล่งดังกล่าวมีปริมาณกรดไขมันจำเป็นในปริมาณที่เกือบเทียบเคียงได้กับน้ำมันที่ได้จากเนื้อเยื่อของสัตว์ เช่น ปริมาณโอเมก้า-3 โอเมก้า-6 เป็นต้น (Sargi *et al.,* 2013)

งาขี้ม้อน (*Perilla frutescens*) เป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศแถบเอเชีย และมีการนำมาใช้สำหรับการปรุงตำรับอาหารและตำรับยาสมุนไพรพื้นบ้านมาช้านาน (Nitta *et al.*, 2003) เมล็ดงาขี้ม้อนมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ น้ำมันร้อยละ 35-45 ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids; PUFAs) ที่สำคัญ โดยเฉพาะกรดลิโนเลนิกที่มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 54-64 (Sargi *et al.,* 2013) มีรายงานว่า งาขี้ม้อนที่มีแหล่งปลูกในประเทศอินเดียเป็นเมล็ดพืชที่มีปริมาณโปรตีนที่สูงถึงร้อยละ 17 ในขณะที่น้ำมันมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 52 (Longvah and Deosthale, 1991) นอกจากองค์ประกอบด้านไขมันและโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว งาขี้ม้อนยังเป็นแหล่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สารต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (anti-bacterial) และสารต้านการก่อมะเร็ง (anti carcinogenic) เป็นต้น (Zekonis *et al.,* 2008) ด้วยสมบัติที่โดดเด่นดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ทำให้มีความต้องการน้ำมันจากพืชน้ำมันชนิดนี้มากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะน้ำมันที่อยู่ในรูปของน้ำมันบริสุทธิ์ (Virgin oil) ที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยการกดด้วยแรงทางกล (mechanically pressing) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้มีค่าสูงเกินกว่า 60 องศาเซลเซียส โดยเรียกวิธีดังกล่าวว่าเป็นการสกัดเย็น (cold pressed) ซึ่งด้วยกระบวนการสกัดดังกล่าวจะทำให้องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ที่ยังคงเหลืออยู่ในกากพืชน้ำมันไม่ถูกทำลายซึ่งโดยส่วนใหญ่ส่วนของกากจะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ เช่น กากงาสกัดน้ำมันจะมีเศษเหลือหลังสกัดน้ำมันแล้วประมาณร้อยละ 50-60 ในขณะที่กากงาขี้ม้อนจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 55-65 โดยในสัดส่วนที่สูงนี้ยังประกอบไปด้วยสารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงอย่างเช่นโปรตีนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 17-25 นอกจากนั้นก็ยังมีส่วนของใยอาหาร สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านสี กลิ่น และรสชาติ รวมทั้งคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Yanishlieva *et al.,* 2006) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อการยอมรับและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ มีการศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา แต่พบว่าการใช้สารสังเคราะห์แม้จะให้ผลในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของสุขภาพ และความปลอดภัย ปัจจุบันความสนใจในเรื่องสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะเรื่องของการบริโภคอาหาร พบว่ามีการนำสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น ซึ่งการใช้สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารแล้วก็ยังมีผลในแง่ของสุขภาพ โดยเฉพาะในแง่ของการป้องกันการเกิดโรคไม่ติดต่อที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงได้ ด้วยเหตุที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มีการศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เพื่อใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร (Dimitrios, 2006; Khknen *et al.,* 1999) การวิจัยของนักวิจัยบางกลุ่มพบว่า การใช้สารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี (Karre *et al.,* 2013) นอกจากความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชแล้ว การ

นำสารสกัดเหล่านั้นมาใช้ยังมีผลในแง่ของคุณค่าทางอาหารด้วย ซึ่งการวิจัยของนักวิจัยกลุ่มหนึ่งพบว่า สารสกัดจากพืชที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีผลช่วยในการรักษาคุณภาพของอาหาร และยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ด้วย (Cardoso *et al.,* 2008; Lopez-Vargas *et al.,* 2014) อย่างไรก็ตาม การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในสารสกัดจากพืชที่ใช้บริโภคโดยตรง แต่ในส่วนของการนำเศษเหลือจากการเกษตร หรืออุตสาหกรรมอาหารมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารยังไม่มีปรากฏเท่าที่ควร

จากการศึกษาของ Kongkeaw *et al.* (2015) และ Sargi *et al.* (2013) พบว่าสารสกัดจากงาขี้ม้อน (*P. frutescens* (L.) Britt.) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และยังประกอบไปด้วยสารอาหาร โดยเฉพาะโปรตีน กรดไขมันจำเป็น แร่ธาตุ และใยอาหารในปริมาณสูง ในส่วนของงาขี้ม้อนทั้งเมล็ดพบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า คิดเป็นร้อยละ 5-7, 16-19, 20-51, 20-57 และ 3-4 ตามลำดับ (Kongkaew *et al.,* 2015; Longvah and Deosthale, 1991) ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากกากงาขี้ม้อนในด้านของการป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดแพร่หลายในภาคเหนือและภาคอีสาน เช่น หมูยอ ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกากงาขี้ม้อนสกัดน้ำมัน และพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากงาขี้ม้อนผงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมหมูยอผสมกากงาขี้ม้อนผง

นำเนื้อหมู (ผ่านการตัดแต่งเอาไขมันออกให้เหลือน้อยที่สุด) มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการผลิตตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Nicomrat *et al.* (2016) สูตรหมูยอประกอบด้วย เนื้อหมูบด 75 กรัม เกลือแกง 2 กรัม น้ำตาล 1.5 กรัม ฟอสเฟต 1.0 กรัม พริกไทย 0.5 กรัม และมันหมู 10 กรัม นำส่วนผสมที่ได้มาผสมรวมกันบดละเอียดประมาณ 3 นาที ด้วยเครื่องบดเนื้อ Panasonic Food Processor (MK, 5087M, Selangor DarulEhsan, Malaysia) ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม/ชิ้น ห่อด้วยพลาสติกขนาดกว้าง 2 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว นำไปนึ่งนาน 40 นาที แล้วทำให้เย็นในน้ำผสมน้ำแข็งประมาณ 30 นาที การศึกษาผลของกากงาสกัดน้ำมันบดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหมูยอระหว่างเก็บรักษา โดยนำกากงาขี้ม้อนผง (ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 โดยน้ำหนัก) มาละลายในน้ำผสมน้ำแข็งน้ำหนัก 10 กรัมก่อน โดยชุดควบคุมใช้น้ำผสมน้ำแข็ง 10 กรัม แทนกากงาขี้ม้อนสกัดน้ำมันผง หลังจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดบดรวมกัน ตัวอย่างหมูยอเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการเกิดออกซิเดชันของไขมันในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนการติดตามค่ารูปแบบกรดไขมัน โครงสร้างจุลภาค คุณลักษณะของเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำการวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 และ 21 วัน

2. การวิเคราะห์

1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้าของตัวอย่างหมูยอวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2011) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะถูกคำนวณโดยลบจากค่าที่กล่าวข้างต้น

2) วิเคราะห์ค่าสีค่าสีของตัวอย่างหมูยอวัดโดยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model color Flex, Reston, VIRG, USA) และรายงานในรูป L* (lightness), a* (redness/greeness) และ b* (yellowness/blueness) ตามวิธีของ Gennadios *et al*. (1996)

3) วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ค่า PV ในตัวอย่างหมูยอระหว่างการเก็บรักษาวิเคราะห์โดยวิธีของ Richards and Hultin (2002)

4) วิเคราะห์ค่า thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) ค่า TBARS ในตัวอย่างหมูยอระหว่างการเก็บรักษาวิเคราะห์โดยวิธีของ Buege and Aust (1978) และรายงานในรูป MDA equivalents/kg sample

5) วิเคราะห์รูปแบบของกรดไขมันรูปแบบของกรดไขมันในตัวอย่างหมูยอระหว่างการเก็บรักษาวิเคราะห์โดย fatty acid methyl esters (FAMEs) โดยเครื่อง gas

chromatography (GC-14A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan) (AOAC, 2000)

6) วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของหมูยอระหว่างเก็บรักษาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, England) ตามวิธีของ Intarasirisawat *et al.* (2014) โดยตัดหมูยอทุกสูตรให้มีขนาดชิ้นเท่ากัน (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 2 นิ้ว)

7) วิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคโครงสร้างทางจุลภาคของหมูยอระหว่างเก็บรักษาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM) โดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Riebroy *et al.* (2005)

8) วิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างหมูยอระหว่างเก็บรักษาถูกประเมินโดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Masniyom *et al.* (2002) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 20-22 ปี

9) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ปริมาณจุลินทรีย์ (psychrophilic bacteria) ของตัวอย่างหมูยอระหว่างเก็บรักษาติดตามโดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Cousin *et al.* (1992) และรายงานผลในรูป cfu/g

10) การวิเคราะห์ผลทางสถิติทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ศึกษาด้วย Duncan's Multiple Range Test วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for Windows, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมูยอ

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0 0.5, 1.0 และ 2.0) (Table1) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์หมูยอมีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 68-70) โปรตีน (ร้อยละ 14-15) ไขมัน (ร้อยละ 4.9-5.4) คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 7.6-9.2) และเถ้า (ร้อยละ 1.9-2.1) ที่ไม่แตกต่างกัน จากผลที่ได้แสดงว่า การเติมกากงาขี้ม้อนผงในผลิตภัณฑ์หมูยอไม่มีผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว (P>0.05) (Table 1) แต่อย่างไรตัวอย่างที่เติมกากงาขี้ม้อนผงมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-0.82) ตามปริมาณกากงาขี้ม้อนที่เติม (P<0.05) มีรายงานเกี่ยวกับการเติมใยอาหารในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ การศึกษาการเติมย่านางผงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลานิลซึ่งพบว่า มีปริมาณแร่ธาตุและใยอาหารเพิ่มมากขึ้น (Sriket *et al.*,2015) และการศึกษาการเติมกากงาดำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (halva) ของประเทศตูนีเซียซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีใยอาหารสูงและมีการอุ้มน้ำที่ดี (Elleuch *et al.,* 2014) การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นการลดปัญหาจากการบริโภคอาหารที่มีใยอาหารต่ำและไขมันสูงได้ และยังสามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคได้ (Choi *et al.,* 2014; Jiang and Xiong, 2016)

2. โครงสร้างทางจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5 1.0 และ 2.0) (Fig. 1) โดยทั่วไปแล้วการเติมกากงาขี้ม้อนผงไม่มีผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์หมูยอดังจะเห็นได้จากโครงสร้างจุลภาคที่ไม่แตกต่างกันในตัวอย่างที่ไม่เติมกากงาผงและตัวอย่างที่เติมในทุกระดับ (Fig. 1) จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ากากงาขี้ม้อนผงไม่มีผลต่อการเกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์หมูยอส่งผลให้โครงสร้างที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากปริมาณที่เติมไม่สูงมากจึงไม่มีผลต่อโครงสร้าง โดยเฉพาะไม่มีผลในการขัดขวางการเชื่อมประสานของโครงสร้างแต่อย่างใด จากผลการวิจัยเบื้องต้นและรายงานของนักวิจัยบางท่านพบว่า สารสกัดจากพืชในกลุ่มงาดำ และงาขี้ม้อนมีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณสูง (7.72 mg GAE/g sample) ซึ่งสารดังกล่าวนอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Nandi and Ghosh, 2015) แล้วก็ยังมีรายงานอีกว่าสารประกอบฟีนอลิกสามารถใช้เป็นตัวเชื่อมประสานโปรตีนได้อีกด้วย (Buamard and Benjakul, 2015) ผลการทดลองที่ได้มีความคล้ายคลึงกับการศึกษาการเพิ่มใยอาหารจากผักและผลไม้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งส่วนใหญ่พบว่า ไม่มีผลต่อโครงสร้าง การเกิดอีมัลชันและการฟอร์มตัวของผลิตภัณฑ์ (Jiang and Xiong, 2016)

3. ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) และ thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value; PV) ของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Fig. 2) จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างมีค่า PV ไม่แตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ในระหว่างการเก็บรักษาค่า PV ในผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา (Fig.1-a) เป็นที่สังเกตว่าค่า PV ในทุกตัวอย่างทั้งที่เติมและไม่เติมกากงาขี้ม้อนผงนั้นมีค่าสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและคงที่หลังจากการเก็บรักษามากกว่า 14 วัน ซึ่งการไม่เพิ่มขึ้นของค่า PV ในตัวอย่างที่เก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (21 วัน) น่าจะมีสาเหตุมาจากการที่สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ฟอร์มตัวเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชันในระดับสอง โดยการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์สามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ออกซิเดชัน ได้แก่ อัลดีไฮด์และคีโตน เป็นต้น (Chaijan *et al.*,2006; Sriket *et al.,* 2015) แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่เติมกากงาผงขี้ม้อนมีค่า PV ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยไม่ขึ้นกับปริมาณที่เสริมในผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม้อนผงร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Fig.1-b) พบว่า หมูยอทุกตัวอย่างทั้งที่เติมและไม่เติมกากงาขี้ม้อนผงไม่มีความแตกต่างกันของค่า TBARS ในวันที่ 0 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีปริมาณคงที่หลังจาก 14 วันของการเก็บรักษา ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาในไส้กรอกปลานิลเสริมใบย่านางโดยพบว่า ค่า TBARS เพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างทั้งเติมและไม่เติมย่านางผงระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 14 วันแรกและไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (Sriket *et al.,* 2015) การคงที่ของค่า TBARS ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวของการเก็บรักษานั้นอาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอัลดีไฮด์กับกรดอะมิโนอิสระ โปรตีน และเพปไทด์ (Schiff's base) ที่พบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (Dillard and Tappel, 1973) นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ระเหยได้และมีมวลโมเลกุลต่ำสามารถสูญเสียได้ในระหว่างการเก็บรักษา ประสิทธิภาพในการยับยั้งค่า TBARS ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมูยอที่เติมกากงาขี้ม้อนอาจเนื่องมาจากในเมล็ดงามีสารสำคัญบางชนิด เช่น เซซามิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamolin) ที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงทำให้สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์หมูยอได้ (Elleuch *et al.,* 2014) หมูยอที่เติมกากงาขี้ม้อนผงร้อยละ 0.5 ถึง 2.0 พบว่าสามารถช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน นอกจากนี้การชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันยังมีส่วนช่วยในการป้องกันการสูญเสียคุณค่าโภชนาการ และลดความเสี่ยงเกี่ยวกับปัญหาสุขภาพ (Choi *et al.,* 2014; Hayes *et al.,* 2011)

Table 1 Proximate compositions of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with various contents (0-2%) of PPP at day 0 of refrigerated storage

Samples	Moisture content (%)	Protein content (%)	Lipid content (%)	Carbohydrate content (%)	Ash content (%)	Fiber content (%)
Control	70.89 ± 0.14^{a}	14.54 ± 0.80^{a}	4.97 ± 0.46^{a}	7.63 ± 0.87^{a}	1.97 ± 0.02^{a}	0.00 ± 0.01^{c}
PPP 0.5%	69.86 ± 2.89^{a}	14.62 ± 0.18^{a}	5.00 ± 0.58^{a}	8.53 ± 1.12^{a}	1.99 ± 0.18^{a}	0.45 ± 0.10^{b}
PPP1.0%	68.65 ± 0.11^{a}	14.82 ± 0.15^{a}	5.30 ± 0.50^{a}	9.21 ± 1.20^{a}	2.02 ± 0.12^{a}	0.65 ± 0.22^{ab}
PPP2.0%	68.03 ± 0.40^{a}	15.15 ± 0.20^{a}	5.40 ± 0.20^{a}	9.20 ± 1.00^{a}	2.12 ± 0.10^{a}	0.82 ± 0.10^{a}

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

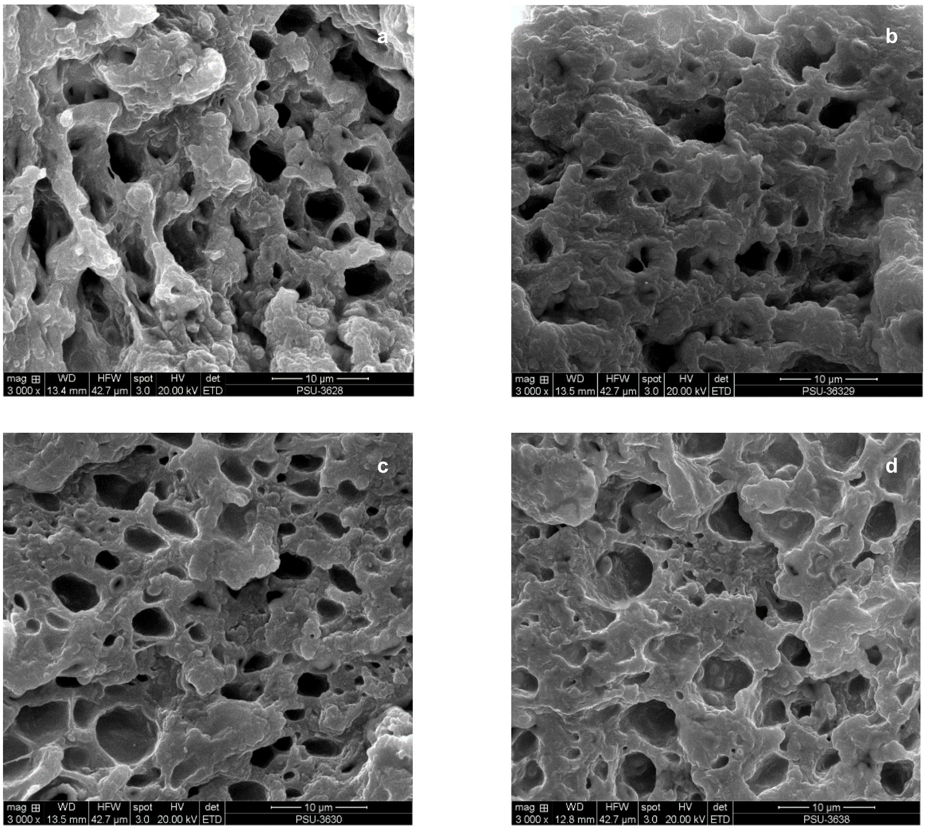


Fig. 1 Scanning micrographs of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with various contents (0-2%) of PPP. Magnification: 3000×, (a); Control (without PPP addition), (b); PPP 0.5%, (c) PPP 1.0%, (d) PPP 2.0%

4. ค่าสี

ผลของการเติมกากงาขี้ม้อนผงในระดับที่แตกต่างกันต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องสาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน (Fig. 3) ในวันแรกของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูยอพบว่า การเติมกากงาขี้ม้อนผงไม่มีผลต่อทุกค่าสี (L* a* และ b*) ของผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่า ค่า L* ของผลิตภัณฑ์หมูยอตัวอย่างควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่หมูยอที่มีการเติมกากงาขี้ม้อนผงทุกสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน เมื่อพิจารณาค่า a* พบว่าตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วันค่า a* ลดลงเพียงเล็กน้อยเฉพาะ 7 วันแรกของการเก็บรักษา ($P<0.05$) โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเติมกากงาขี้ม้อนผง ในขณะเดียวกันค่า b* ของตัวอย่างควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมกากงาขี้ม้อนผงร้อยละ 0.5-2.0 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าสีเหลืองน่าจะเกิดจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้สารคาร์บอนิลหรืออัลดีไฮด์ (MDA) ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Fig. 3) ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเพปไทด์หรือโปรตีนทำให้อาหารมีสีเข้มขึ้น (Sriket *et al.,* 2015) จึงทำให้ค่า L* ลดลง และมีค่า b* เพิ่มขึ้น การเกิดสีเหลืองในอาหารที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์อาหารลดลง จากผลการทดลองที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าการเติมกากงาขี้ม้อนที่ร้อยละ 0.5-2.0 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์หมูยอที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้

5. รูปแบบของกรดไขมัน

รูปแบบกรดไขมันของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเติมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน (Table 2) โดยทั่วไปพบว่า ที่การเติมกากงาขี้ม้อนผงไม่มีผลต่อชนิดและปริมาณกรดไขมันในผลิตภัณฑ์หมูยอ (Table2) ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากปริมาณที่เติมเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 0-2) โดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์

หมูยอในการศึกษาครั้งนี้มีกลุ่มของกรดไขมันเรียงตามลำดับดังนี้ MUFA>SFA> PUFA (Table2) โดยพบว่ากรดโอเลอิกมีปริมาณสูงสุดรองลงมาคือ กรดปาล์มิติก และกรดลิโนเลอิก อย่างไรก็ตาม DHA และ EPA ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ที่มีความสำคัญต่อระบบความจำและสมองก็ยังพบเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ การทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Intarasirisawat *et al.* (2014) พบว่า กรดโอเลอิก กรดปาล์มิติก และกรดลิโนเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาดุก

เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูยอที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันบางชนิด (Table 2) พบว่า ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยพบว่ามีการลดลงอย่างเด่นชัดในตัวอย่างควบคุม ซึ่งการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดลิโนอิกและกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 เช่น DHA และ EPA นั้นน่าจะมาจากความว่องไวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดนี้ต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การลดลงของกรดไขมันเหล่านี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า PV และ TBARS (Fig. 2) จากผลการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าการเติมกากงาขี้ม้อนผงในผลิตภัณฑ์หมูยอสามารถป้องกันการสูญเสียกรดไขมันจำเป็นและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้ นอกจากนั้นยังพบว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFA) ของตัวอย่างควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา การเติมกากงาขี้ม้อนผงสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้

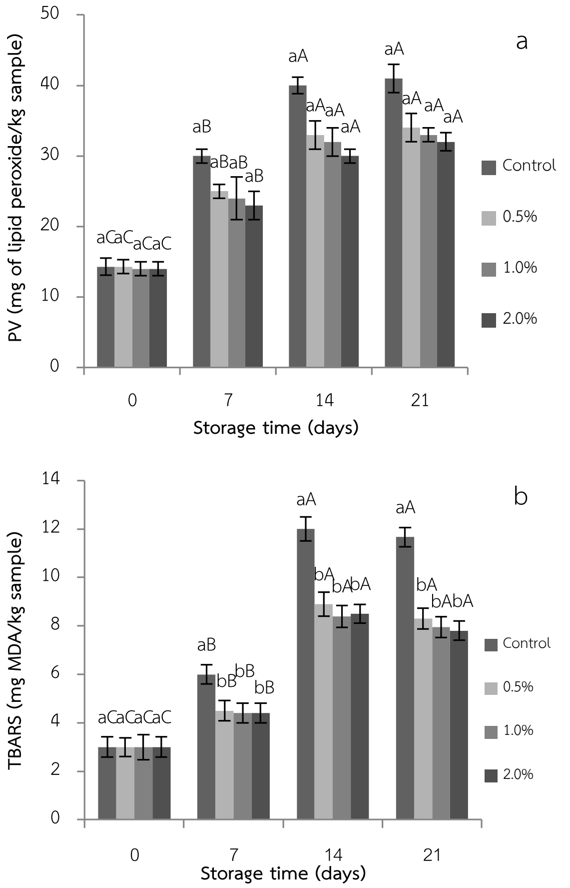


Fig. 2 Effect of PPP at various levels (0-2%) on PV (a) and TBARS (b) of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage. Bar represents the standard deviation (n=3). Different lowercase letters within the same storage time indicate the significant differences ($P < 0.05$). Different uppercase letters within the same treatment (same PPP level) indicate the significant differences ($P < 0.05$). Control: Moo Yor without addition of PPP; 0.5%: Moo Yor added with 0.5% PPP; 1: Moo Yor added with 1% PPP; 2: Moo Yor added with 2% PPP

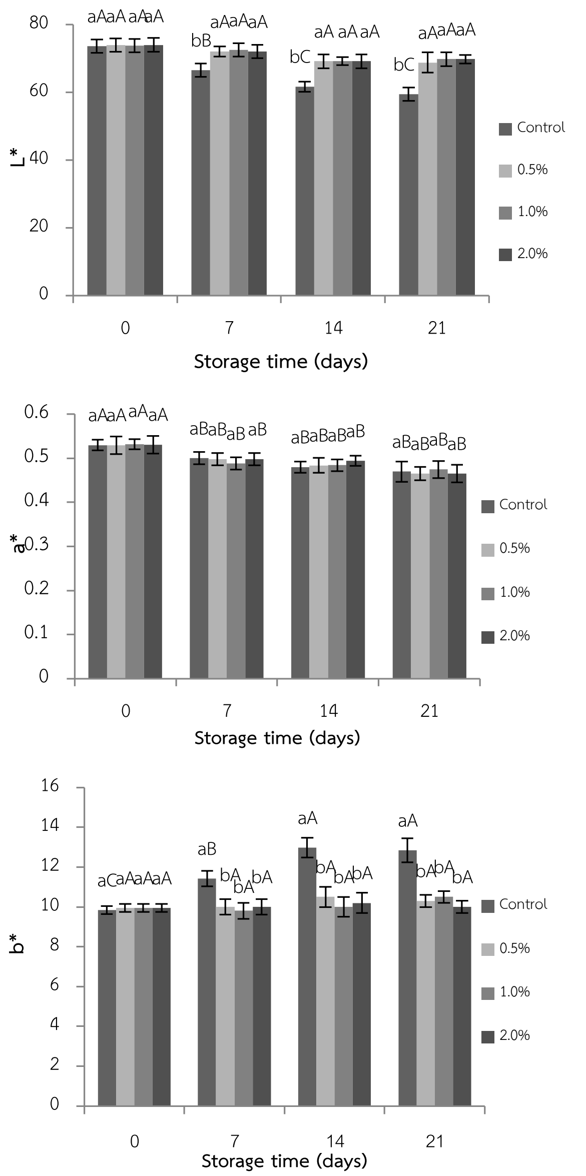


Fig. 3 Effect of PPP at various levels (0-2%) on color (L*, a* and b*) values of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage. Bar represents the standard deviation (n=3). Different lowercase letters within the same storage time indicate the significant differences (P < 0.05). Different uppercase letters within the same treatment (same PPP level) indicate the significant differences (P < 0.05). Control: Moo Yor without addition of PPP; 0.5%: Moo Yor added with 0.5% PPP; 1: Moo Yor added with 1% PPP; 2: Moo Yor added with 2% PPP

6. คุณลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลของการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5 1.0 และ 2.0) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Table 3) ในการทดสอบค่า TPA นั้นจะทำการทดสอบทั้งหมด 4 ค่าได้แก่ค่า hardness คือ แรงจำนวนหนึ่งที่ต้องใช้ในการอัดวัตถุ cohesiveness คือ ความแข็งแรงของพันธะภายในตัวอย่างอาหาร springiness คือการคืนตัวอย่างยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นเมื่อถอนแรงบีบอัดออกและ chewiness คือพลังงานที่ต้องใช้เคี้ยวอาหารแข็งเพื่อให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะกลืนลงคอ จากผลการทดลองพบว่า ค่า hardness, cohesiveness, springiness และ chewiness ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ในทุกตัวอย่าง ในขณะที่เมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 14 วัน ค่า hardness ของสูตรควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในขณะที่ในสูตรที่เติมกากงาขี้ม้อนผงนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษานั้นค่า hardness ของหมูยอทุกตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสูตรควบคุมและสูตรที่เติมกากงาขี้ม้อนผง (Table3)

เมื่อพิจารณาค่า cohesiveness และ springiness พบว่าในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาตัวอย่างควบคุมมีค่าดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในขณะที่สูตรที่เติมกากงาขี้ม้อนผงไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษา (Table 3) ในส่วนของค่า chewiness พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษาในทุกกลุ่มตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาไปเป็นเวลา 21 วัน ผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) การลดลงของค่า hardness, cohesiveness, springiness และ chewiness ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องสาเซลเซียส ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ Psychrophilic bacteria ได้ ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ สามารถเจริญและผลิตเอนไซม์ เช่น ไลเปส (lipases) และโปรติเอส (protease) ที่สามารถย่อยไขมัน และโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และหมูยอได้ (Sriket *et al.,* 2015) จึงเป็นเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ ใน

ขณะเดียวกันตัวอย่างที่เติมกากงาขี้ม้อนผงสามารถชะลอการลดลงของค่า hardness (14 วัน) cohesiveness (21 วัน) springiness (21 วัน) และ chewiness (14 วัน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากากงาขี้ม้อนผงที่เติมลงไปมีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มนี้ได้เมื่อเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่เกิน 14 วัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์หมูยอที่มีจำหน่ายในท้องตลาดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ไม่เกิน 14 วัน (Nicomrat *et al.,* 2016)

7. การยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลของการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0) ต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบ; likeness) ของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Table 4) จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยเติมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกันพบว่า การเติมกากงาขี้ม้อนไม่มีผลต่อความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์หมูยอในวันเริ่มต้น เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูยอที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ความชอบทุกด้าน (color, odor and taste) ในทุกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 14 วันแรกของการเก็บรักษา แต่เมื่อผ่านเก็บรักษาไปเป็นเวลา 21 วัน พบว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับตัวอย่างควบคุมทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ในขณะเดียวกันผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์หมูยอที่เติมกากงาขี้ม้อนผงซึ่งการไม่ยอมรับด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น่าจะมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นสีเหลืองซึ่งสอดคล้องค่าสีที่เปลี่ยนไป (Fig. 3) และการเพิ่มขึ้นของกลิ่นซึ่งสอดคล้องค่า TBARS (Fig. 2-b) รวมทั้งการลดลงของค่า TPA (Table 3) ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน

8. ปริมาณจุลินทรีย์

ผลของการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0) ต่อปริมาณ psychrophilic bacteria ของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Table 5) ผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (วันที่ 0) ไม่มีการเจริญของ psychrophilic bacteria แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์หมูยอกลุ่มควบคุม และที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม้อนผงร้อยละ 0.5 มีการเจริญของ psychrophilic bacteria เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม้อนผงที่ร้อยละ 1.0 และ 2.0 พบการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มนี้หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

การไม่พบ psychrophilic bacteria ในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาในวันที่ 0 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตหมูยอมีความปลอดภัยเพียงพอสำหรับการบริโภค ส่วนการไม่พบ Psychrophilic bacteria ในตัวอย่างที่ผลิตโดยการเติมกากงาขี้ม้อนผงร้อยละ 1.0 และ 2.0 เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปถึงวันที่ 7 นั้นแสดงให้เห็นว่ากากงาขี้ม้อนผงที่เติมลงไปมีผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ psychrophilic bacteria เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่มีการเติมกากงาขี้ม้อนผงในทุกระดับ โดยมีรายงานว่าเปปไทด์ที่แยกได้จากกากงาดำ (*Sesamum indicum* L.) มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Das *et al.,* 2012)

สรุปผลการวิจัย

การเติมกากงาขี้ม้อนผงร้อยละ 0.5 ถึง 2.0 ในผลิตภัณฑ์หมูยอสามารถเพิ่มปริมาณใยอาหารได้ กากงาขี้ม้อนผงมีผลช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และชะลอการเปลี่ยนแปลงสี รวมทั้งยับยั้งการเจริญของ psychrophilic bacteria ในผลิตภัณฑ์หมูยอได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมกากงาขี้ม้อนผง ดังนั้นกากงาขี้ม้อนผงสามารถใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์หมูยอ โดยสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้เป็นเวลา 21 วัน ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2559 และขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความสะดวกในการติดต่อขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์ทดสอบตลอดการดำเนินงานวิจัย

Table 2 Fatty acid profiles of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with PPP at various levels (0-2%) before and after 21 days of refrigerated storage

Fatty acids (g/100g lipid)	Day 0	Day 21			
	Control	Control	0.5%	1.0%	2.0%
C10:0	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
C12:0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
C14:0	1.09	1.10	1.09	1.09	1.09
C14:1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
C15:0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C16:0	21.96	23.90	22.01	22.0	22.01
C16:1 n-9 trans	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
C16:1 n-7	1.42	1.41	1.42	1.42	1.42
C17:0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
C18:0	11.20	11.29	11.20	11.25	11.20
C18:1n11trans	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
C18:1 n-9	38.72	38.01	38.72	38.70	38.72
C18:1 n-7	1.54	1.29	1.54	1.54	1.54
C18:2n-6	18.90	12.1	15.20	15.20	15.20
C18:3 n-3(ALA)	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
C18:3 n-6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C18:4 n-3	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
C20:0	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
C20:1 n-9	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
C20:2 n-6	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
C20:3 n-3	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C20:4 n-6 (ARA)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
C20:5 n-3 (EPA)	1.02	0.02	0.55	0.69	0.70
C21:0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
C22:0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C22:1 n-9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C22-6 n-3 (DHA)	1.25	0.05	0.72	0.88	0.90
C24:0	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
C24:1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
MUFA	42.68	41.7	42.68	42.66	42.68
PUFA	24.12	15.11	19.42	19.72	19.75
UFA	66.8	56.81	62.1	62.38	62.43
SFA	35.17	37.22	35.22	35.26	35.22

Values are mean ±SD (n=2). MUFA: monounsaturated fatty acid; PUFA: polyunsaturated fatty acid; UFA: unsaturated fatty acid; SFA: saturated fatty acid.

Table 3 Effect of PPP at various levels (0-2%) on texture profile analysis (TPA) of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage

TPA	Samples	Storage time (days)			
		0 (NS)	7 (NS)	14 (NS)	21 (NS)
Hardness (N)	Control	19.45 ± 0.44[a]	18.10 ± 0.90[a]	16.12 ± 0.80[b]	14.20 ± 0.78[b]
	PPP 0.5%	20.10 ± 0.88[a]	20.00 ± 0.45[a]	19.42 ± 0.54[a]	16.10 ± 0.90[b]
	PPP 1.0%	20.20 ± 0.65[a]	20.10 ± 0.90[a]	19.00 ± 0.90[a]	17.00 ± 0.70[b]
	PPP 2.0%	20.10 ± 1.10[a]	20.20 ± 0.70[a]	19.10 ± 0.80[a]	17.10 ± 0.45[b]
Cohesiveness	Control	0.39 ± 0.06[a]	0.38 ± 0.03[a]	0.37 ± 0.01[a]	0.27 ± 0.03[b]
	PPP 0.5%	0.41 ± 0.05[a]	0.40 ± 0.05[a]	0.41 ± 0.07[a]	0.39 ± 0.05[a]
	PPP 1.0%	0.42 ± 0.02[a]	0.41 ± 0.03[a]	0.41 ± 0.02[a]	0.40 ± 0.02[a]
	PPP 2.0%	0.42 ± 0.01[a]	0.41 ± 0.01[a]	0.41 ± 0.02[a]	0.40 ± 0.02[a]
Springiness	Control	12.45 ± 1.17[a]	12.05 ± 1.00[a]	11.05 ± 0.60[a]	10.05 ± 0.17[b]
	PPP 0.5%	12.49 ± 1.92[a]	12.98 ± 0.93[a]	11.10 ± 0.90[a]	11.08 ± 0.95[a]
	PPP 1.0%	12.95 ± 0.93[a]	12.88 ± 0.80[a]	11.90 ± 0.95[a]	11.40 ± 0.89[a]
	PPP 2.0%	13.22 ± 2.00[a]	12.98 ± 0.93[a]	12.50 ± 1.00[a]	11.50 ± 0.90[a]
Chewiness (N)	Control	13.78 ± 1.80[a]	12.80 ± 1.20[a]	11.90 ± 0.80[a]	8.00 ± 1.17[b]
	PPP 0.5%	13.68 ± 3.81[a]	12.88 ± 0.90[a]	11.80 ± 0.95[a]	8.69 ± 1.00[b]
	PPP 1.0%	13.88 ± 1.00[a]	12.88 ± 0.90[a]	11.98 ± 1.20[a]	8.80 ± 1.02[b]
	PPP 2.0%	13.93 ± 0.55[a]	12.90 ± 1.10[a]	12.55 ± 1.00[a]	8.89 ± 1.00[b]

Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same row indicate the significant differences (P<0.05). NS means non-significant differences (P>0.05)

Table 4 Effect of PPP at various levels (0-2%) on likeness score of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage

Likeness score	Samples	Storage time (days)			
		0	7	14	21
Color	Control	7.30 ± 0.20^{aA}	6.90 ± 0.21^{aA}	6.23 ± 0.20^{aA}	5.27 ± 0.40^{bB}
	PPP 0.5%	7.10 ± 0.86^{aA}	6.95 ± 0.27^{aA}	6.60 ± 1.00^{aA}	6.60 ± 0.78^{aA}
	PPP 1.0%	7.20 ± 0.77^{aA}	6.90 ± 0.30^{aA}	6.70 ± 0.20^{aA}	6.60 ± 0.18^{aA}
	PPP 2.0%	7.15 ± 0.60^{aA}	6.95 ± 0.97^{aA}	6.70 ± 0.40^{aA}	6.60 ± 0.22^{aA}
Odor	Control	6.73 ± 0.70^{aA}	6.50 ± 0.38^{aA}	6.10 ± 0.48^{aA}	4.73 ± 0.28^{bB}
	PPP 0.5%	6.80 ± 0.85^{aA}	6.50 ± 1.01^{aA}	6.13 ± 0.78^{aA}	5.97 ± 0.93^{aA}
	PPP 1.0%	6.80 ± 0.50^{aA}	6.45 ± 0.60^{aA}	6.17 ± 0.50^{aA}	5.90 ± 0.77^{aA}
	PPP 2.0%	6.87 ± 0.45^{aA}	6.57 ± 0.50^{aA}	6.20 ± 0.70^{aB}	$5.92 \pm 0.\ 35^{aA}$
Taste	Control	7.95 ± 1.00^{aA}	7.73 ± 1.01^{aA}	6.70 ± 1.02^{aA}	4.57 ± 0.55^{bB}
	PPP 0.5%	7.97 ± 0.77^{aA}	7.63 ± 0.83^{aA}	7.10 ± 1.00^{aA}	6.70 ± 0.75^{aA}
	PPP 1.0%	7.86 ± 0.60^{aA}	7.70 ± 1.00^{aA}	6.97 ± 1.03^{aA}	6.73 ± 0.70^{aA}
	PPP 2.0%	7.90 ± 0.80^{aA}	7.50 ± 0.90^{aA}	7.00 ± 1.00^{aA}	6.67 ± 0.90^{aA}
Texture	Control	6.27 ± 0.94^{aA}	6.13 ± 1.02^{aA}	5.70 ± 0.70^{aA}	4.17 ± 0.45^{bB}
	PPP 0.5%	6.83 ± 0.79^{aA}	6.60 ± 0.93^{aA}	6.57 ± 0.94^{aA}	5.80 ± 0.76^{aA}
	PPP 1.0%	6.70 ± 0.90^{aA}	6.60 ± 1.02^{aA}	6.45 ± 0.88^{aA}	5.90 ± 0.66^{aA}
	PPP 2.0%	6.79 ± 0.95^{aA}	6.55 ± 0.80^{aA}	6.47 ± 0.40^{aA}	5.86 ± 0.70^{aA}
Overall	Control	6.53 ± 0.86^{aA}	6.17 ± 0.87^{aA}	6.13 ± 0.94^{aA}	4.67 ± 0.76^{bB}
	PPP 0.5%	7.03 ± 0.59^{aA}	6.90 ± 0.84^{aA}	6.70 ± 0.80^{aA}	6.63 ± 0.83^{aA}
	PPP 1.0%	7.20 ± 0.80^{aA}	6.90 ± 1.00^{aA}	6.68 ± 0.60^{aA}	6.60 ± 0.63^{aA}
	PPP 2.0%	7.15 ± 0.89^{aA}	6.95 ± 0.88^{aA}	6.70 ± 1.02^{aA}	6.65 ± 0.75^{aA}

Value are mean±SD (n = 30) Different lower case letters within the same column and same likeness score indicate the significant differences (P<0.05)

Different upper case letters within the same row indicate the significant differences (P<0.05)

Score: 1 = not like very much, 5 = neither like nor dislike and 9 = like extremely

Table 5 Psychrophilic bacteria content (cfu/g) of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with various levels (0-2%) of PPP during refrigerated storage for 21 days

Samples	Storage time (days)			
	0	7	14	21
Control	ND	4.6×10^{3}	5.7×10^{4}	5.6×10^{5}
PPP 0.5%	ND	2.4×10^{2}	1.4×10^{3}	4.6×10^{4}
PPP 1.0%	ND	ND	1.6×10^{2}	4.3×10^{3}
PPP 2.0%	ND	ND	1.3×10^{2}	3.2×10^{3}

Value are mean±SD (n = 3), ND: non detectable

References

AOAC. 2000. Official method of analytical chemists. 17th edition. AOAC: Gaithersberg, MD, USA.

AOAC. 2011. Official methods of analysis. 18th edition. AOAC: Arlington, VA, USA.

Buamard, N. and Benjakul, S. 2015. Improvement of gel properties of sardine (*Sardinella albella*) surimi using coconut husk extracts. Food Hydrocoll. 51: 146-155.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol. 52: 302-310.

Cardoso, C., Mendes, R., Pedro, S. and Nunes, M.L. 2008. Quality changes during storage of fish sausages containing dietary fiber. J. of Aquat. Food Prod. Technol. 17: 73-95.

Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Faustman, C. 2006. Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. Food Chem. 99: 83-91.

Choi, M.S., Choi, Y.S., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Lee, S.Y. and Kim, C.J. 2014. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages. Korean J. Food Sci. Anim. Resour. 34: 158-165.

Cousin, M.A., Jay, I.M. and Vasavada, P.C. 1992. Psychrotrophic microorganism. In Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. C. Vanderzand and D.F. Splittstoesser (Eds.), American Public Health Association: Washington, D.C. pp. 153-168.

Das, R., Dutta, A. and Bhattacharjee, C. 2012. Preparation of sesame peptide and evaluation of antibacterial activity on typical pathogens. Food Chem. 131: 1504-1509.

Dillard, C. and Tappel, A. 1973. Fluorescent products from reaction of peroxidizing polyunsaturated fatty acids with phosphatidyl ethanolamine and phenylalanine. Lipids. 8: 183-189.

Dimitrios, B. 2006. Sources of natural phenolic antioxidants. Trends Food Sci. Technol. 17: 505-512.

Elleuch, M., Bedigian, D., Maazoun, B., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. 2014. Improving halva quality with dietary fibres of sesame seed coats and date pulp, enriched with emulsifier. Food Chem. 145: 765-771.

Gennadios, A., Weller, C., Hanna, M. and Froning, G. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. J. Food Sci. 61: 585-589.

Hayes, J.E., Stepanyan, V., Allen, P., O'Grady, M.N. and Kerry, J.P. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. LWT - Food Sci. Technol. 44: 164-172.

Intarasirisawat, R., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Wu, J. 2014. Effects of skipjack roe protein hydrolysate on properties and oxidative stability of fish emulsion sausage. LWT - Food Sci. Technol. 58: 280-286.

Jiang, J. and Xiong, Y.L. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: a review. Meat Sci. 120: 107-117.

Karre, L., Lopez, K. and Getty, K.J.K. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. Meat Sci. 94(2): 220-227.

Khknen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.-P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954-3962.

Kongkeaw, S., Riebroy, S. and Chaijan, M. 2015. Comparative studies on chemical composition, phenolic compounds and antioxidant activities of brown and white perilla (*Perilla frutescens*) seeds. Chiang Mai J. Sci. 42: 896-906.

Longvah, T. and Deosthale, Y.G. 1991. Chemical and nutritional studies on hanshi (*Perilla frutescens*), a traditional oilseed from northeast india. J. Am. Oil Chem. Soc. 68: 781-784.

Lopez-Vargas, J.H., Fernndez-Lopez, J., Prez-lvarez, J. and Viuda-Martos, M. 2014. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) co-products. Meat Sci. 97: 270-276.

Masniyom, P., Benjakul, S. and Visessanguan, W. 2002. Shelf-life extension of refrigerated seabass slices under modified atmosphere packaging. J. Sci. Food Agric. 82: 873-880.

Nandi, I. and Ghosh, M. 2015. Studies on functional and antioxidant property of dietary fibre extracted from defatted sesame husk, rice bran and flaxseed. Bioact. Carbohydr. Dietary Fibre. 5: 129-136.

Nicomrat, K., Chanthachum, S. and Adulyatham, P. 2016. Effect of carrageenan on quality of frozen Moo yor. Int. Food Res. J. 23: 904-908.

Nitta, M., Lee, J.K. and Ohnish O. 2003. Asian Perilla crops and their weedy forms: their cultivation, utilization and genetic relationships. Econ. Bot. 57: 245-253.

Richards, M.P. and Hultin, H.O. 2002. Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. J. Agric. Food Chem. 50: 555-564.

Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Tanaka, M. 2005. Physical properties and microstructure of commercial Som-fug, a fermented fish sausage. Eur. Food Res. Technol. 220: 520-525.

Sargi, S.C., Silva, B.C., Santos, H.M.C., Montanher, P.F., Boeing, J.S., Santos-Junior, O.O., Souza, N.E. and Visentainer, J.V. 2013. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax and perilla. Food Sci. Technol (Compinas). 33: 541-548.

Sriket, P., Sriket, C. and Nalinanon, S. 2015. Effects of Ya-nang leaves (*Tiliacora triandra*) powder on properties and oxidative stability of tilapia emulsion sausage during storage. Int. Food Res. J. 22: 1474-1482.

Yanishlieva, N.V., Marinova, E. and Pokorn, J. 2006. Natural antioxidants from herbs and spices. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 108: 776-793.

Zekonis, G., Zekonis, J., Sadzeviciene, R., Simoniene, G. and Kevelaitis, E. 2008. Effect of *Perilla frutescens* aqueous extract on free radical production by human neutrophil leukocytes. Medicina (Kaunas). 44: 699-705.

Prawarun Agr. J. Volume 14(2) 2017, Pages 285-294

Research Article

Screening of Thermophilic and Halophilic Cellulase – Producing Bacteria from Saline Soil Samples

Phakamas Rachamontree*

Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand

Abstract

Maha Sarakham Province is an agricultural area with primarily rice cultivation cause large amounts of rice straw after the harvest season. The application of cellulase - producing bacteria for rice straw degradation is more attention because it is an environmentally friendly. This area is mostly tropical drought and soil salinity hence some such extremotolerant bacteria can thrive in these conditions as desired. Thus, this research aimed to isolate the cellulase - producing thermophilic and halophilic bacteria. Seventy saline soil samples were collected from rice fields in Maha Sarakham Province, Thailand. A total of one hundred and six isolated bacterial isolates were obtained from soil salinity. The cellulase - producing activities was preliminary examined using the formation of clear zone observation on CMC agar. The results revealed that nine generated isolations was 25-105 mm of clear zone radius. The cellulase production of each isolate was estimated by enzyme activity after various cultured condition in medium broth. The effect of salt concentration on cellulase production was conducted in lactose broth containing 1% CMC with varying concentrations of sodium chloride (3-10%). The results revealed that there were no significant differences in enzymatic activity. The highest enzyme activity was found in RMU41 with a value of 0.826±0.007 U/mL at 50 °C (salt concentration of 10%) and found the cellulase activity of 0.246±0.031 U/mL when cultured in lactose broth supplementation with rice straw as a carbon source in 2.5% concentration. The 16S rDNA sequence analysis was indicated that the RMU41 strain was highly related with *Streptomyces thermogriseus* and *Streptomyces thermovulgaris* of 99.79% similarity.

Keywords: Thermophilic bacteria, Halophilic bacteria, Cellulase and Enzyme activity

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

การคัดเลือกแบคทีเรียชอบร้อนและชอบเค็มที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้จากตัวอย่างดินเค็ม

ผกามาศ ราชมนตรี*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

จังหวัดมหาสารคามเป็นพื้นที่การเกษตรที่มีการเพาะปลูกข้าวเป็นหลักจึงมีฟางข้าวหลังฤดูเก็บเกี่ยวปริมาณมาก การประยุกต์ใช้แบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อการกำจัดฟางข้าวจึงได้รับความสนใจเนื่องจากเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากพื้นที่ส่วนมากเป็นเขตร้อนแห้งแล้งและดินเค็มจึงต้องใช้แบคทีเรียที่สามารถเจริญในสภาวะดังกล่าวได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียชอบร้อนและชอบเค็มที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส โดยเก็บตัวอย่างดินเค็มในเขตจังหวัดมหาสารคาม 70 ตัวอย่าง ซึ่งสามารถแยกแบคทีเรียได้ 106 ไอโซเลท จากนั้นทดสอบการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสเบื้องต้นโดยสังเกตโซนใสรอบโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง CMC ผลการทดลองพบ 9 ไอโซเลท ที่สามารถสร้างรัศมีโซนใสขนาด 25-105 มิลลิเมตร นำแต่ละไอโซเลทมาศึกษาความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดยวัดค่ากิจกรรมเอนไซม์หลังการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่สภาวะต่างๆ การศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นเกลือ (3-10 เปอร์เซ็นต์) ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในอาหารเลี้ยงเชื้อ Lactose broth ที่เติม CMC เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบไอโซเลท RMU41 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูงที่สุดเท่ากับ 0.826±0.001 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นเกลือเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ไอโซเลท RMU41 ที่เพาะเลี้ยงใน Lactose broth ที่เติมฟางข้าวเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอนให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์เท่ากับ 0.246±0.031 ยูนิตต่อมิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ 16S rDNA ของไอโซเลท RMU41 พบว่ามีความใกล้เคียงกับ *Streptomyces thermogriseus* และ *Streptomyces thermovulgaris* 99.79 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แบคทีเรียชอบร้อน, แบคทีเรียชอบเค็ม, เอนไซม์เซลลูเลส และกิจกรรมเอนไซม์

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

Introduction

Thailand is predominantly an agricultural country, especially rice cultivation by total acreage of 25.70 million acres. After the harvest, leaving stumps or rice straw is eliminated to the utilization of land area for the next cultivation. Large amounts of rice straw are produced every year around 25.45 million tons by the most quantity of 13.70 million tons per year in the Northeast (Land Development Department, n.d.), even farmers are bringing rice straw to make other useful applications (as animal feed, fertilizer, etc.) but they remain a lot of rice straw. The farmer is getting rid of rice straw by burning, which is a time - saving method, but this causes environmental pollution and destruction of soil fertility. The biological method for rice straw degradation such as enzyme digestion is more attention because of environmentally friendly. Rice straw is renewable lignocellulose, which contains three major polymer groups: cellulose of 32.15%, hemicellulose of 28%, and lignin of 19.64% (Shawky *et al.*, 2011). Cellulose, a major cell-wall constituent of higher plant, is a linear polysaccharide consisting of b-1,4-linked D-glucose residues. They are commonly degraded by the cellulase enzyme which consists of three major components, i.e., endoglucanases, exoglucanases and β-glucosidases (Lugani *et al.*, 2015). Therefore, the application of cellulase - producing microorganism for rice straw degradation have been interested. In addition, the using exogenous cellulase not only to accelerate rice straw decomposition, but also increase soil fertility (Han and He, 2010).

Cellulase is generally considered to be performed by a variety of microorganisms, including fungi and bacteria (Sheng *et al.*, 2016). However, cellulases from bacteria are widely exploited because of high growth rate and inhabit a wide variety of environmental and industrial niches that are extreme environments such as thermophilic or psychrophilic, alkaliphilic or acidiophilic and halophilic strains (Sadhu and Maiti, 2013). Moreover, cellulase is widely applied, due to its potential applicability in various processes such as enzymatic clarification, biogas production, bioethanol production, triphasic biomethanation, agricultural and plant waste management, chiral separation and ligand binding studies, starch processing, textile industry etc. (Rekadwad *et al.*, 2015; Mohanta, 2014). Maha Sarakham Province is an agricultural area with primarily rice cultivation by rice acreage of 818,671 acres (Office of Agricultural Economics, n.d.) that produce large amounts of rice straw after the harvest season. More than 95% of the total area cover by potash and rock salt (Department of Mineral Resources, 2009) cause the problem of soil salinity. The present study focused on thermophilic and halophilic bacteria, due to they could survive and grow at high temperature and salinity condition in this area. A group of facultative thermophilic bacteria grow at high temperature with the optimum temperature of about 50°C. Halophilic bacteria are able to grow optimally in media containing NaCl concentration of 3-15% (Yu and Li, 2015). Therefore, the objectives of this study were to isolated and screened the thermophilic and halophilic cellulase - producing bacteria from soil samples obtained from rice fields in Maha Sarakham province, Thailand that has reported issues of soil salinity problems.

Materials and Methods

1. Sample collection

Soil samples were collected from the top 0-15 cm (Han and He, 2010) of rice fields in 6 districts (Phayakkhaphum Phisai, Chiang Yuen, Kantharawichai, Borabue, Wapi Pathum, and Na Dun) in Maha Sarakham Province, Thailand that has reported issues of soil salinity problem in isolation of cellulase - producing bacteria. Samples were collected in sterile bottles and stored at 4°C until used.

2. Isolation of thermophilic bacteria

Twenty - five grams of soil samples were diluted in 225 ml of butterfield's phosphate buffer by ten-fold serial dilution. After that 100 µl of diluted samples were spread on carboxymethyl cellulose (CMC) agar contained (per liter) 0.2 g of peptone, 2.0 g of $NaNO_3$, 1.0 g of $MgSO_4.7H_2O$, 1.0 g of K_2HPO_4, 0.5 g of KCl, 2.0 g of carboxymethyl cellulose and 1.7 g of agar (Kasana *et al*., 2008). After incubation at 50°C (optimum temperature of facultative thermophilic bacteria) for 48 hours, the morphologically different colonies were purified by streak technique on CMC agar and preserved at 4°C until used.

3. Screening of cellulase - producing bacteria

Each purified isolate was cultured in Lactose broth (LB) consisted of (per liter) 3.0 g of beef extract, 5.0 g of peptone, 5.0 g of lactose as inoculum. Five microliters of inoculum were spotted on CMC agar and incubated at 50°C for 48 hours. After that plates were flooded with 0.1% Congo red for 15-20 minutes and then destained with 1 M NaCl for 15-20 minutes (Kasana *et al*., 2008). The preliminary cellulase - producing activities were estimated by clearing zone around the colonies and hydrolysis capacity (HC value) as shown in equation (1) (Lu *et al*., 2005).

$$HC = \frac{\text{diameter of clearing zone (cm)}}{\text{diameter of colony (cm)}} \quad .....(1)$$

4. Examination of halophilic cellulase - producing bacteria

The isolated bacteria were inoculated into 50 ml of LB medium containing 1% CMC as a carbon source (Yang *et al*., 2014) and supplement with different concentrations of NaCl vary from 3 to 10% (w/v). The culture was incubated at 50°C using shaken mode, for 48 hours at 220 rpm. The enzyme activity was examined by using cell-free supernatant after centrifugation at 10,000 rpm under 10°C for 10 minutes.

The enzyme activity was measured the releasing of reducing sugar from the using of 1% CMC as substrate compared to the glucose standard curve as a control. The suitable diluted cell - free supernatant 0.5 ml was mixed with 0.5 ml of 1% CMC in 0.05 M citrate buffer (pH 4.8) and incubated at 50°C for 30 minutes. The reaction was added 2 ml of Dinitrosalicylic acid (DNS) and boiled for 15 minutes, then stop reacting by cooling in ice (Krairitthichai, 2009). The amount of reducing sugar released by the hydrolysis of CMC was measured at 540 nm by the DNS method (Miller, 1959). One unit of cellulase activity was defined as the amount of enzyme to release 1 µmol of reducing sugar per minute, showed as units per milliliter (U/mL).

5. Examination of rice straw degradation

The isolated bacteria was inoculated into 50 ml of basal medium containing (per liter) 5.0 g of $(NH_4)_2SO_4$, 10.0 g of KH_2PO_4, 5.0 g of K_2HPO_4, 0.1 g of $MgSO_4$, 0.2 g of NaCl, and 10.0 g of yeast extract that supplement with different concentration of rice straw varies from 0.5 to 2.5% (w/v) (Lugani *et al*., 2015) as carbon source. The culture was incubated at 50°C and centrifuged at 10,000 rpm, 10°C for 10 minutes. The cell - free supernatant was examined for enzyme activity by DNS method.

6. Identification of bacterial strain

Only one isolated bacteria was showed the highest enzyme activity was selected as a cellulase - producing bacteria for identification of strain. A genus and species of the selected isolate was identified based on the similarity of 16S rDNA gene sequence. The genomic DNA of the selected isolate was extracted by using Genomic DNA mini Kit (Geneaid Biotech Ltd., Taiwan) and used as template for PCR reaction. A PCR product for sequencing was conducted by using the following two primers, 20F (5'-GAG TTT GAT CCT GGC TCA G-3', positions 9-27 on 16S rDNA) and 1500R (5'-GTT ACC TTG TTA CGA CTT-3', position 1509-1492 on 16S rDNA).

The nucleotide sequence from all primers was assembled by the Cap contig assembly program, an accessory application in BioEdit (Biological sequence alignment editor) program. The identification of phylogenetic neighbors was initially proceeded with the BLASTN program with the database of published prokaryotic type strains.

7. Statistical analysis

The data were analyzed by one-way analysis of variance (one - way ANOVA) using the enzyme activity as the factor. Means were compared by *post hoc* Duncan's test and statistical significance was defined as $p<0.01$.

Results and Discussion

1. Isolation and screening of thermophilic cellulase - producing bacteria

Seventy soil samples were collected from rice fields in six districts i.e. Phayakkhaphum Phisai, Chiang Yuen, Kantharawichai, Borabue, Wapi Pathum, and Na Dun. Soil samples were diluted and spread plate. The results were showed 106 isolates on CMC agar with different morphology after incubating at 50°C for 48 hours. Congo red assay on CMC agar was used to primary screen cellulase - producing capacity of bacteria. Results reveal nine isolates that appeared radius of clearing zone >10 mm range of 25-105 mm (Fig. 1) around the colony and high hydrolysis capacity (HC) value (Table 1). Table 1 was showed radius clearing zone and HC value of selected isolates that were parameters explained the ability of theses isolates to produce cellulolytic enzymes by using CMC as substrate. The results were surprising, isolate RMU30_1, RMU30_2, RMU36 and RMU37 revealed a low radius of the clearing zone, but high in hydrolysis capacity, in contrast to isolate RMU41 generated a high radius of the clearing zone but at lowest in hydrolysis capacity. These variation results probably due to some inconstancy experimental parameters such as pH change, temperature, incubation time during growth period and enzyme production process (Ahmad *et al.,* 2013).

2. Examination of halophilic cellulase - producing bacteria

Nine isolations that generated large clearing zone by Congo red assay on CMC agar were selected to examine the enzyme activity at high temperature. Data obtained from this study was tested by one-way ANOVA by *post hoc* Duncan's test. The results could be divided into five groups; the highest enzyme activity of 0.800±0.020 U/mL was obtained in bacterial isolate RMU41 (Fig. 2) that is significantly different ($p<0.01$) with other isolates follow by isolate RMU20_4 (0.774±0.071 U/mL), isolate RMU25 and RMU30_2 (0.658±0.005 to 0.661±0.022 U/mL), isolate RMU43 (0.585±0.085 U/mL), and the lowest enzyme activities were obtained in isolate RMU29, RMU30_1, RMU36 and RMU37 (0.459±0.024 to 0.552±0.100 U/mL).

Table 1 Radius clearing zone and HC value of selected isolate

Isolated number	Radius of clearing zone (mm)	HC value
RMU20_4	30	3.67
RMU25	105	5.25
RMU29	80	1.69
RMU30_1	25	5.80
RMU30_2	25	6.60
RMU36	25	4.20
RMU37	25	5.80
RMU41	100	1.35
RMU43	70	1.93

The Experiment was tested the influence of salt concentration on cellulase production. The isolated bacteria RMU41 that generated a high of enzyme activity was selected for examination of the influence of salt concentration on cellulase production using DNS method. The results were revealed that the isolate RMU41 was showed salt tolerance up to 10% NaCl concentration (w/v) at 50°C with the highest enzyme activity of 0.826±0.007 U/mL, which no significant differences (p>0.01) (Table 2) as compared to other salt concentration. Singh *et al.* (2010) documented that the salt - tolerant alkaliphilic actinomycetes from the saline habitats could be produced extracellular enzymes including proteases, amylases, cellulases and lipases at higher salt and alkaline pH condition.

3. Examination of rice straw degradation

The isolated bacteria RMU41 was cultured in basal medium supplement with rice straw as a carbon source in different concentrations (0.5-2.5%, w/v) at 50°C to estimate the enzyme activity. The highest enzyme activity of 0.246±0.031 U/mL was found in rice straw concentration of 2.5% (Fig. 3), which is significant differences (p<0.01) as compared with the other rice straw concentrations. Saratale *et al.* (2012) who reported that *Streptomyces* sp. MDS grown in Dubos medium and used a natural agricultural residue (rice straw) and wood straw at an initial concentration of 10 g/L as a carbon source for cellulase (exoglucanase) production at 30°C which enzyme activities were observed of 8.51 and 1.35 U/mL, respectively.

4. Identification of bacterial strain

The morphological observation further demonstrated that RMU41 is a rod shaped Gram-positive bacterium. To identify the RMU41, a fragment of 16S rDNA was generated by PCR reaction and sequenced as described in the method. The sequencing result has 100% homology to 16S rDNA fragment of *Streptomyces* sp. Isolate RMU41 shared, particularly high similarity percentage of nucleotide sequence (99.79%) with *Streptomyces thermogriseus* and *Streptomyces thermovulgaris* was observed and then called RMU41 as *Streptomyces* sp. RMU41. According to Mohanta (2014), reported the cellulase production by the actinomycetes on mesophilic condition that found cellulase activities ranged from 0.501 to 1.381 U/mL. While *Streptomyces* sp. RMU41 produced the enzyme activities ranged from 0.645-0.826 U/mL at thermophilic and halophilic conditions. According to the previous studies reported that *Streptomyces* sp. DSK59 achieved a maximum endoglucanase at 42.5-45°C and pH range of 6.25-6.75 (Budihal *et al.*, 2016) and several of *Streptomyces* sp. has the optimal temperature for cellulase activity of 40-55°C (McCarthy, 1987). Moreover, the application in many aspects of cellulase has been studied such as food, animal feed, textile and laundry, agriculture, etc. In an agriculture applications for enhancing growth of crops, seed germination, rapid plant growth and flowering and controlling plant diseases (Behera *et al.*, 2016). In this research found *Streptomyces* sp. RMU41 can produce the cellulase activity of 0.246±0.031 U/mL with used rice straw as carbon source. According to Abdulla and El-Shatoury (2007) who reported that Actinomyces four generas (*Kibdelosporangium*, *Micromonospora*, *Streptomyces* and *Nocardioides*) were generated cellulolytic enzyme could efficiently degrade rice straw.

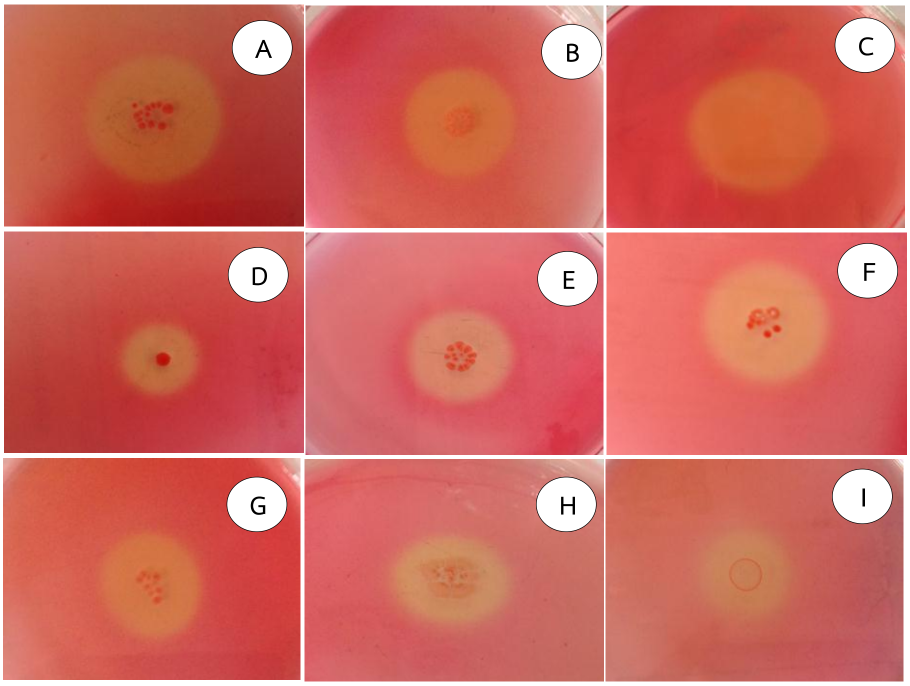


Fig. 1 Clearing zone by Congo red assay on CMC agar of isolates (A) RMU20_4 (B) RMU25 (C) RMU29 (D) RMU30_1 (E) RMU30_2 (F) RMU36 (G) RMU37 (H) RMU41 and (I) RMU43

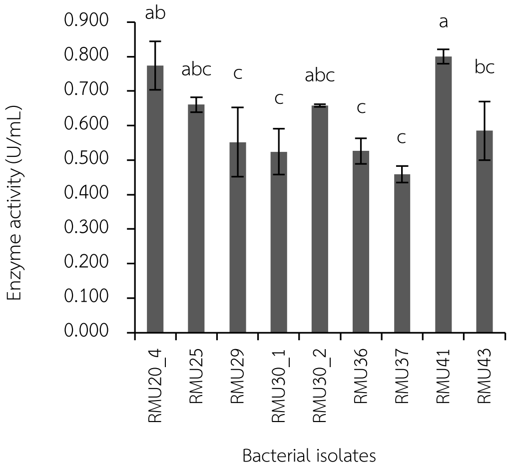


Fig. 2 Enzyme activities of nine isolates at 50°C. Means with the same letters are not significantly different (Duncan's test, $p<0.01$). Bars represented standard deviations.

Table 2 Enzyme activities of NaCl concentrations variation by bacterial isolate RMU41

NaCl concentrations (%, w/v)	Enzyme activity (U/mL)
3	0.754^{ab} ± 0.028
4	0.645^{b} ± 0.091
5	0.723^{ab} ± 0.023
6	0.792^{b} ± 0.036
7	0.814^{b} ± 0.011
8	0.808^{b} ± 0.002
9	0.792^{b} ± 0.000
10	0.826^{b} ± 0.007

[a,b]Mean values (±standard deviation) in the same column by different letters are significantly different ($p<0.01$).

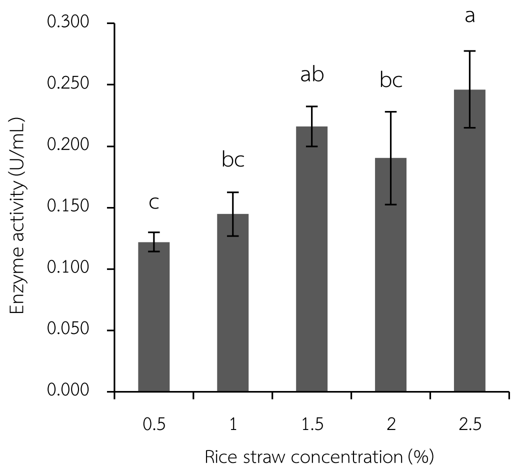


Fig. 3 Enzyme activities of bacterial isolate RMU41 at 50°C of varying the rice straw concentrations (0.5-2.5%) as carbon source. Means with the same letters are not significantly different (Duncan's test, $p<0.01$). Bars represented standard deviations

Conclusion

This study purposed to isolate and screened the thermophilic and halophilic cellulase - producing bacteria from soil samples obtained from rice fields in Maha Sarakham Province, Thailand that has reported issues of a soil salinity problem for further application in these extreme condition areas. Totally 106 isolations were isolated from these samples and 9 isolates have a high hydrolysis capacity of the Congo red screening method. Nine isolated candidates were investigated for the influence of salt concentration at high temperature (50°C) on enzyme activity. RMU41 is the isolated bacteria that observed the highest enzyme activity of 0.826±0.007 U/mL at a salt concentration of 10% (w/v). It was identified as Actinomycetes that has similarity of 100% to *Streptomyces* sp. base on 16S rDNA gene sequence.

The present study found the cellulase - producing *Streptomyces* sp. RMU41 at high temperature and high salt concentration suggests a possible role of this microorganism for its thermotolerant and halotolerant capabilities in nature. Therefore, it could be optimized for production yield and activity for application in rice straw decomposition on stress condition and reduced environment pollution from rice straw burned.

Acknowledgements

1. Research and Development Institute, Rajabhat Maha Sarakham University for financial supporting this study

2. Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University for laboratory supporting

References

Abdulla, H.M. and El-Shatoury, S.A. 2007. *Actinomyces* in rice straw decomposition. Waste Management. 27: 850-853.

Ahmad, B., Nigar, S., Sadaf Ali Shah, S., Bashir, S., Ali, J., Yousaf, S. and Bangash, J.A. 2013. Isolation and identification of cellulose degrading bacteria from municipal waste and their screening for potential antimicrobial activity. World Appl. Sci. J. 27(11): 1420–1426.

Behera, B.C., Sethi, B.K., Mishra, R.R., Dutta, S.K. and Thatoi, H.N. 2016. Microbial cellulase-Diversity & biotechnology with reference to mangrove environment: a review. J. Gen. Eng. Biotechnol. 15(1): 197-210.

Budihal, S.R., Agsar, D. and Patil, S.R. 2016. Enhanced production and application of acidothermophilic *Streptomyces* cellulase. Biores. Technol. 200: 706-712.

Department of Mineral Resources. 2009. Identification zone for geological management and mineral resources Mahasarakham province [online]. [Accessed October 27, 2016]. Available from: URL: http://www.dmr.go.th/ download/ digest/Mahasarakam.pdf. (in Thai)

Han, W. and He, M. 2010. The application of exogenous cellulase to improve soil fertility and plant growth due to acceleration of straw decomposition. Biores. Technol. 101: 3724–3731.

Kasana, R.C., Salwan, R., Dhar, H., Dutt, S. and Gulati, A. 2008. A rapid and easy method for the detection of microbial cellulases on agar plates using gram’s iodine. Curr. Microbiol. 57: 503–507.

Krairitthichai, S. 2009. Isolation and screening of bacteria producing cellulase for leave decomposition. M.Sc. Thesis, Chiang Mai University, Thailand. (in Thai)

Land Development Department. n.d. Straw tilling for soil improvement and increasing yield [online]. [Accessed October 27, 2016]. Available from: URL: http://www.ldd.go.th/menu_moc/POSTER/rice/rice.htm. (in Thai)

Lu, W.J., Wang, H.T., Yang, S.J., Wang, Z.C. and Nie, Y.F. 2005. Isolation and characterization of mesophilic cellulose-degrading bacteria from flower stalks-vegetable waste co-composting system. J. Gen. Appl. Microbiol. 51: 353–360.

Lugani, Y., Singla, R. and Sooch, B.S. 2015. Optimization of cellulase production from newly isolated *Bacillus* sp. Y3. J. bioprocess Biotech. 5(11): 1-6.

McCarthy, A.J. 1987. Lignocellulose-degrading actinomycetes. FEMS Microbiol. Rev. 46: 145-163.

Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31(4): 426–428.

Mohanta, Y.K. 2014. Isolation of cellulose-degrading actinomycetes and evaluation of their cellulolytic potential. Bioeng. Biosci. 2(1): 1-5.

Office of Agricultural Economics. n.d. Wet season rice: cultivated area, harvested area, yield, and yield per rai year 2016/2017 [online]. [Accessed October 27, 2016]. Available from: URL: http://www.oae.go.th/download/prcai/ DryCrop/majorrice/1-60.pdf. (in Thai)

Rekadwad, B.N., Pathan, P.K. and Khobragade, C.N. 2015. Characterization of industrially important cellulase produced by *Actinomyces bovis* isolated from landfill site. J. Chem. Pharm. Res. 7(10): 214-219.

Sadhu, S. and Maiti, T.K. 2013. Cellulase production by bacteria: a review. British Microbiol. Res. J. 3(3): 235-258.

Saratale, G.D., Saratale, R.G. and Oha, S.E. 2012. Production and characterization of multiple cellulolytic enzymes by isolated *Streptomyces* sp. MDS. Biom. Bioen. 47: 302-315.

Shawky, B.T., Mahmoud, M.G., Ghazy, E.A., Asker, M.M.S. and Ibrahim, G.S. 2011. Enzymatic hydrolysis of rice straw and corn stalks for monosugars production. J. Genet. Eng. Biotechnol. 9: 59:63.

Sheng, T., Zhao, L., Gao, L.F., Liu, W.Z., Cui, M.H., Guo, Z.C., Ma, X.D., Ho, S.H. and Wang, A.J. 2016. Lignocellulosic saccharification by a newly isolated bacterium, *Ruminiclostridium thermocellum* M3 and cellular cellulase activities for high ratio of glucose to cellobiose. Biotechnol. Biofuels. 9(172): 1-11.

Singh, S.P., Thumar, J.T., Gohel, S.D. and Purohit, M.K. 2010. Molecular diversity and enzymatic potential of salt-tolerant alkaliphilic actinomycetes. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology [online]. [Accessed December 10, 2016]. Available from: URL: http://www.formatex.info/microbiology2/280-286.pdf

Yang, W., Meng, F., Peng, J., Han, P., Fang, F., Ma, L. and Cao, B. 2014. Isolation and identification of a cellulolytic bacterium from the Tibetan pig's intestine and investigation of its cellulase production. Elec. J. Biotechnol. 17: 262–267.

Yu, H.Y. and Li, X. 2015. Alkali-stable cellulase from a halophilic isolate, *Gracilibacillus* sp. SK1 and its application in lignocellulosic saccharification for ethanol production. Biom. Bioen. 81: 19-25.

Research Article

Digestive Characteristics of Dogs Fed a Dry Food Enhanced with Additional Beet Pulp

Anton C. Beynen*

Vobra Special Petfoods, Veghel, The Netherlands

Abstract

Beet pulp has found favor in commercial dog foods as promoter of gut health, which means that beet-pulp content claims are considered relevant. The question addressed was whether inclusion of beet pulp beyond 5% of the diet can be done in practice. In a cross-over digestibility trial, six adult dogs were fed an extruded dry food containing 5 or 10% beet pulp, the additional beet pulp being incorporated at the expense of a grain mixture. The 10% versus 5% diet did not affect the percentage of apparent total digestive tract digestibility of protein, while fecal output of dry matter and water were raised by 6 and 19%. It is concluded that increasing beet pulp from 5 to 10% in a dry food is feasible if it involves an exchange with grains, and provided that the associated increase in fecal volume is acceptable.

Keywords: Dog, Diet, Beet pulp, Digestion and Feces

* Corresponding author: E-mail: beynen@freeler.nl

ความสามารถในการย่อยได้ของสุนัขที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยเศษเหลือจากหัวผักกาดหวานในปริมาณสูง

แอนตอน ซี เบนเนน*

วอปบรา อาหารสัตว์, ประเทศเนเธอร์แลนด์

บทคัดย่อ

เศษเหลือจากหัวผักกาดหวานนิยมใช้ในการผลิตอาหารสุนัขในเชิงการค้าเนื่องจากส่งผลดีต่อระบบทางเดินอาหารของสุนัข สามารถเสริมเศษเหลือจากหัวผักกาดหวานลงในอาหารสุนัขได้มากกว่าร้อยละ 5 ในการทดสอบครั้งนี้ทำการศึกษาการย่อยได้แบบ cross-over ใช้สุนัขจำนวน 6 ตัว ที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยเศษเหลือจากหัวผักกาดหวานร้อยละ 5 และ 10 โดยค่าใช้จ่ายของเศษเหลือจากหัวผักกาดหวานอยู่ในส่วนของค่าใช้จ่ายเมล็ดธัญพืช จากการศึกษาพบว่า อาหารสุนัขที่ผสมด้วยเศษเหลือจากหัวผักกาดหวานร้อยละ 5 และ 10 ไม่มีผลต่อร้อยละของความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีน ส่วนมูลที่ถูกขับออกมามีสิ่งแห้งและน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 และ 19 สรุปได้ว่าการเสริมเศษเหลือจากหัวผักกาดหวานร้อยละ 5 และ 10 ในอาหารสุนัขสามารถทำได้ อีกทั้งสามารถใช้ทดแทนเมล็ดธัญพืชและทำให้มูลสุนัขมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย

คำสำคัญ: สุนัข, อาหาร, หัวผักกาดหวาน, การย่อยได้ และมูล

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: beynen@freeler.nl

Introduction

Beet pulp is the dried residue of sliced sugar beets after the sugar constituent has been extracted by hot water. It roughly contains 70% of total dietary fiber which breaks up in 50% insoluble and 20% soluble fiber (De Godoy *et al.,* 2013). The soluble fiber mainly includes pectins (polymers of galacturonic acid). Beet pulp is widely used as ingredient of commercial dog foods. It is believed to support intestinal health as promoter of bowel regularity through its insoluble fiber, while its soluble fiber is regarded as a prebiotic that stimulates growth of beneficial intestinal bacteria.

Regular dry dog foods contain up to 5% sugar-beet pulp. It has been reported that higher inclusion levels depress protein digestion and enlarge stool volume in dogs. Replacement of corn starch by 7.5% beet pulp in extruded diets decreased apparent fecal protein digestibility, or the proportion of protein intake which is not excreted in the feces, by 2.5% units (Fahey *et al*., 1990a, 1990b, 1992). In those studies, beet pulp feeding raised feces volume, frequency of defecation and fecal moisture content. Similar effects were seen when 7% beet pulp was mixed into a corn-meat diet (Diez *et al*., 1998).

Depression of apparent protein digestibility in dogs, due to high beet-pulp intake, can be explained by two mechanisms that operate simultaneously and relate to the pulp's soluble fiber which is indigestible, viscous and fermentable (De Godoy *et al*., 2013). Ingestion of beet pulp may increase the viscosity of small intestinal contents, which interferes with digestion of proteins by a reduction of the diffusion rate of digestive enzymes and by less mixing of chyme. The soluble fiber component of beet pulp reaches the hindgut where it serves as energy source for the colonic bacteria. Thus, more bacterial protein is excreted with the feces, which by itself lowers apparent overall digestive tract digestibility for protein.

Allen *et al*. (1981) used a diet consisting of 54.5% extruded corn, 30% extruded soybean meal, 10% tallow, 0.5% vitamin mix and 5% mineral mix. Dogs were fed on the ingredient mixture moistened with an equal part of water. Amounts of 6 and 12% beet pulp were substituted for the same percentages of extruded corn. Apparent fecal crude protein digestibilities were found to be 73.2% for the basal diet and 74.9 and 73.1% for the beet-pulp diets. The lack of effect of beet pulp on protein digestion might be explained by extruded corn having similar quantitative effects on ileal fluid viscosity and colonic fermentation.

The observations by Allen *et al*. (1981) suggest that increasing beet pulp levels in dry dog food, at the expense of grains, may not have negative effects on digestion and feces characteristics. As a consequence, it could be possible to incorporate higher levels of beet pulp into dry, grain-based dog food so that beet-pulp content claims are reasonable. In other words, such foods could be advertised as high in beet pulp supporting gut health. The present digestibility trial with dogs tested the feasibility of raising beet pulp, in place of grains, from 5 to 10% in an extruded food.

Materials and Methods

Three Beagles and three Schnauzers were enrolled in a cross-over study with feeding periods of three weeks. The six male dogs were aged 4-12 years and weighed 13-16 kg. The ingredient and analysed composition of the extruded diets is given in Table 1. The amount of non-structural carbohydrates (nitrogen-free extract) was calculated as residual fraction. The diets contained either 5 or 10% beet pulp. The 5% diet was a commercial dry dog food (Allco Primus Adult, Vobra Special Petfoods). The 10% diet was the commercial diet to which 5% additional beet pulp was added at the expense of grains. In the two diets, the grain component was a mixture consisting of 46% rice, 31% corn and 23% barley. The dogs were housed individually in kennels with outdoor pens for 14 days, followed by 7 days in metabolism cages. Food was provided once daily (9 am) at a plane of 90% of the assumed dog's maintenance requirement (0.52 MJ metabolizable energy per $kg^{0.75}$). The calculated energy content of the diets was 1.7 MJ/100 g. The dogs had free access to tap water and demineralized water while housed in the kennels and in the metabolism cages, respectively. During the last five days of each period, feces and urine were collected separately and quantitatively. On the last day, dogs were walked to collect fresh feces for bacterial enumeration and identification.

Feed, feces and urine were processed and analysed as described earlier (Beynen *et al.,* 2002). The following microbe groups were quantified as $\log_{10}$/g wet weight of feces: anaerobic bacteria, aerobic bacteria, Enterobacteriaceae, Staphylococci, Lactobacilli, Streptococci, Clostridia, Bacteroidaceae, Bifidobacteria, Salmonella and yeasts plus molds. The measure differences between the diets containing 5 or 10% beet pulp were checked for statistical significance with the use of the paired Student's t test as dictated by the cross-over design. For the microbe counts, the Wilcoxon test was applied. The level of statistical significance was pre-set at $P<0.05$.

Results and Discussion

Results

Table 2 shows that increasing the dietary level of beet pulp from 5 to 10% significantly raised the amount of fresh feces and diminished fecal dry matter content. The apparent digestibilities of dry matter, crude protein, crude fat and non-structural carbohydrates were not significantly influenced by higher beet pulp intake. However, fat and carbohydrate digestion tended to be increased and decreased, respectively.

The nitrogen balance elements, intake, fecal and urinary excretion, were unaffected by the level of dietary beet pulp (Table 3). High intake of beet pulp produced an increase in fecal ammonia and a decrease in group-mean fecal pH.

The counts for 10 bacterial groups and yeasts plus molds in feces did not change when the dogs were fed the diet with 10% beet pulp when compared to 5% (results not shown). Table 4 shows that the higher beet pulp level had no significant impact on apparent mineral absorption, but it tended to make phosphorus more available.

Discussion

This study indicates that raising the beet pulp level of an extruded food from 5 to 10%, at the expense of a grain mixture, does not reduce apparent fecal protein digestibility in dogs. Similar results were published earlier by Allen et al. (1981), who used a corn-soybean diet and increased the beet pulp content from 6 to 12% beet pulp while lowering the corn fraction by 6% units. Seemingly, equal amounts of beet pulp and corn have comparable effects on protein digestion in the small intestine and on microbial protein synthesis in the large intestine. This reasoning might extend to grains other than corn as in this study beet pulp was substituted for a grain mixture with corn.

In one study, beet pulp was simply added to a complete dog food (Diez *et al*., 1998), thus replacing part of the food. In other studies, beet pulp was substituted for corn starch (Fahey et al., 1990a, 1990b, 1992), extruded corn (Allen *et al*., 1981) or another fiber source such as cellulose (Sunvold *et al*., 1995; Muir *et al*., 1996). The impact of beet pulp should be considered in terms of the exchange of diet components: the observed effect is the net effect of the addition of beet pulp and the omission of the counterpart. In this light, it is easy to see that replacement of the insoluble, non-fermentable cellulose fiber by beet pulp caused a decrease in both apparent ileal (Muir *et al*., 1996) and fecal protein digestibility (Sunvold *et al*., 1995; Muir *et al*., 1996).

Beet pulp is often described as moderately fermentable. Canine fecal microflora, which reflects the colonic bacterial population, ferments beet pulp better than cellulose, but not as fast as citrus pectin (Sunvold *et al*., 1995). This study clearly indicates that additional beet pulp instead of grains stimulated bacterial fermentation in the hindgut, yielding more short-chain fatty acids: the diet high in beet pulp reduced fecal pH and increased fecal water content. These beet-pulp effects were accompanied by unchanged numbers of fecal anaerobic and aerobic bacteria. In an earlier study using the same methods as in this study, total anaerobic and aerobic counts in canine feces were significantly elevated by feeding a diet with 1% of oligofructose (Beynen *et al*., 2002).

When the dogs were on the diet with extra beet pulp, the amounts of fecal excretion of water and dry matter were higher. The increase in fecal water loss can be explained by excretion of more short-chain fatty acids and their osmotic effect. One third of the greater dry matter excretion was accounted for by the lower group-mean digestibility of carbohydrates. Possibly, the pectin component of beet pulp had impaired starch digestion in the small intestine (Silvio *et al*., 2000). Additional beet pulp enhanced fermentation which likely was accompanied by an increase in fecal bacterial dry matter. However, this inference is without backing as protein digestibility was not depressed while anaerobic and aerobic bacterial counts were not increased.

Increasing the beet pulp content of the diet from 5 to 10% raised the amount of fresh feces by 15% and fecal water excretion by 19%. Unfortunately, feces quality was not assessed by visual inspection against a grading system. The percentage of fecal dry matter was higher compared with that for dogs fed a dry commercial diet mixed with 30% dried tomato pomace (Yuangklang *et al*., 2015). Those dogs had well-formed stools with a slightly moist surface. The feces produced by the dogs in this study probably had acceptable shape and consistency because the care taker did not report aberrant feces quality.

Table 1 Ingredient and analysed diet compositions

Items	Dietary sugar-beet pulp (g/100 g diet as fed)	
	5%	10%
Ingredients		
Sugar-beet pulp	5	10
Grain mixture	29	24
Constant components	66	66
Chemical analysis		
Crude protein	28.1	28.3
Crude fat	16.3	17.0
Crude fiber	2.8	3.2
Crude ash	6.6	7.0
Moisture	4.9	5.5
Carbohydrates	41.3	39.0
Calcium	1.24	1.32
Magnesium	0.10	0.10
Phosphorus	0.76	0.78

[1]Grain mixture: 46% rice, 31% corn and 23% barley
[2]Constant components: proprietary information

Table 2 Feces production and apparent macronutrient digestibility

Items	Dietary sugar-beet pulp		
	5%	10%	P value
Feces production, g/day			
Fresh feces	117 ± 15.8	134 ± 12.4	0.004
Dry matter	39.3 ± 4.4	41.5 ± 3.0	0.060
Fecal dry matter, %	33.6 ± 1.7	31.0 ± 1.5	0.007
Apparent digestibility, % of intake			
Dry matter	79.9 ± 1.4	79.2 ± 0.7	0.405
Crude protein	77.2 ± 2.5	77.4 ± 1.3	0.879
Crude fat	92.1 ± 1.0	93.7 ± 1.0	0.068
Carbohydrates	89.9 ± 1.0	88.5 ± 1.5	0.088

Results are means ± SD for 6 dogs

Table 3 Nitrogen excretion and fecal pH

Items	Dietary sugar-beet pulp		P value
	5%	10%	
Nitrogen intake, g/day	10.6	10.6	
Fecal nitrogen, g/day	2.4 ± 0.4	2.4 ± 0.2	0.874
Urinary nitrogen, g/day	7.7 ± 0.8	7.6 ± 0.6	0.591
Fecal ammonia, mmol/day	1.8 ± 0.9	2.3 ± 0.9	0.029
Urinary urea, mol/day	0.23 ± 0.04	0.23 ± 0.03	0.977
Fecal pH	6.24 ± 0.20	6.05 ± 0.28	0.092

Results are means ± SD for 6 dogs

Table 4 Apparent mineral absorption

Items	Dietary sugar-beet pulp		P value
	5%	10%	
Mineral absorption, % of intake			
Calcium	4.4 ± 5.0	10.1 ± 7.2	0.110
Magnesium	22.8 ± 5.6	25.8 ± 8.7	0.198
Phosphorus	23.7 ± 3.2	29.6 ± 5.1	0.064

Results are means ± SD for 6 dogs

Conclusion

This study shows that increasing the beet pulp content of an extruded food from 5 to 10%, at the expense of a grain mixture, raised fecal volume moderately without negative effects on digestive characteristics in terms of macronutrient digestibility and fecal moisture content. This information may be relevant to petfood manufacturers who wish to meet a high level beet pulp claim.

Acknowledgements

H.J. Kappert, A.G. Lemmens, M.H. Bakker and J.P. Koopman are thanked for their contributions.

References

Allen, S.E., Fahey Jr, G.C., Corbin, J.E., Pugh, J.L. and Franklin, R.A. 1981. Evaluation of byproduct feedstuffs as dietary ingredients for dogs. J. Animal Sci. 53: 1538-1544.

Beynen, A.C., Baas, J.C., Hoekemeijer, P.E., Kappert, H.J., Bakker, M.H., Koopman, J.P. and Lemmens, A.G. 2002. Faecal bacterial profile, nitrogen excretion and mineral absorption in healthy dogs fed supplemental oligofructose. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 86: 298-305.

De Godoy, M.R.C., Kerr, K.R. and Fahey Jr, G.C. 2013. Alternative fiber sources in companion animal nutrition. Nutrients. 5: 3099-3117.

Diez, M., Hornick, J.L., Baldwin, P., Van Eenaeme, C. and Istasse, L. 1998. The influence of sugar-beet fibre, guar gum and inulin on nutrient digestibility, water consumption and plasma metabolites in healthy Beagle dogs. Res. Vet. Sci. 64: 91-96.

Fahey Jr, G.C., Merchen, N.R., Corbin, J.E., Hamilton, A.K., Bauer, L.L., Titgemeyer, E.C. and Hirakawa, D.A. 1992. Dietary fiber for dogs: III. Effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy, and digesta mean retention time. J. Animal Sci. 70: 1169-1174.

Fahey Jr, G.C., Merchen, N.R., Corbin, J.E., Hamilton, A.K., Serbe, K.A. and Hirakawa, D.A. 1990a. Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. J. Animal Sci. 68: 4229-4235.

Fahey Jr, G.C., Merchen, N.R., Corbin, J.E., Hamilton, A.K., Serbe, K.A., Lewis, S.M. and Hirakawa, D.A. 1990b Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. J. Animal Sci. 68: 4221-4228.

Muir, H.E., Murray, S.M., Fahey Jr, G.C., Merchen, N.R. and Reinhart, G.A. 1996. Nutrient digestion by ilealcannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics. J. Animal Sci. 74: 1641-1648.

Silvio, J., Harmon, D.L., Gross, K.L. and McLeod, K.R. 2000. Influence of fiber fermentability on nutrient digestion in the dog. Nutrition. 16: 289-295.

Sunvold, G.D., Fahey Jr, G.C., Merchen, N.R., Titgemeyer, E.C., Bourquin, L.D., Bauer, L.L. and Reinhart, G.A. 1995. Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. J. Animal Sci. 73: 1099-1109.

Yuangklang, C., Vasupen, K., Wongnen, C, Wongsuthavas, S. and Beynen, A.C. 2015. Digestibility of sundried tomato pomace in dogs. J. Appl. Animal Sci 8: 35-42.