



การถ่ายยีน *flavanone 3-hydroxylase (F3H)* ด้วยเทคนิค RNA interference (RNAi) เข้าสู่
บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) โดยใช้เครื่องยิงอนุภาค
RNAi-Mediated Silencing of the *Flavanone 3-Hydroxylase* Gene into *Nelumbo nucifera*
Gaertn. Using Particle Bombardment

ชาตรี กอนี^{1,2} สุเมธ อรัญนารถ¹ นงลักษณ์ เกรินทวงศ์¹ และกัญญา แซ่เตียว^{1*}

บทคัดย่อ

Flavanone 3-hydroxylase (F3H) เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในวิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน เกี่ยวข้องกับการเกิดสีของดอกไม้ การศึกษาการถ่ายยีน *F3H* ในพลาสมิด pJA8*F3H* เข้าสู่บัวหลวงพันธุ์บุณฑริก โดยใช้เครื่องยิงอนุภาค ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ RNA interference (RNAi) และมีผลต่อการยับยั้งการแสดงออกของยีน *F3H* ภายหลังการถ่ายยีนขึ้นส่วน shoot cluster จำนวนทั้งหมด 105 ชิ้น คัดเลือกบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม Benzylaminopurine (BA) 50 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับสารคัดเลือก glufosinate ammonium 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 16 สัปดาห์มีจำนวนต้นที่รอด 27 ต้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 28.35 เปอร์เซ็นต์และเลือกต้นบัวหลวงที่สมบูรณ์มาตรวจสอบการมีอยู่ของยีนทั้งหมด 5 ต้น ตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *F3H* และยีน *phosphinothricin-acetyl transferase (bar gene)* ภายหลังจากการถ่ายยีน โดยวิธีพีซีอาร์ ด้วยชุดไพรเมอร์ *F3H* sense F และ *F3H* sense R ซึ่งมีความจำเพาะกับยีน *F3H* พบว่าเกิดแถบ DNA ขนาด 308 คู่เบส ส่วนการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *bar* ด้วยชุดไพรเมอร์ *bar gene* F และ *bar gene* R ซึ่งมีความจำเพาะกับยีน *bar* เป็นยีนคัดเลือกในพืช พบว่าเกิดแถบ DNA ขนาด 430 คู่เบส ซึ่งพบการมีอยู่ของยีนทั้งหมด 5 ต้น คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์นำมาตรวจสอบการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยเทคนิค RT-PCR ผลการตรวจสอบยีน *F3H* ด้วยชุดไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะกับยีน *F3H* ของบัวหลวงในต้นที่มีการถ่ายยีนเวกเตอร์ pJA8*F3H* มีการแสดงออกที่ลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับต้นบัวหลวงที่ไม่ได้รับการถ่ายยีน

คำสำคัญ : ฟลาโวนอนทรอยด์ออกซีเลส แอนโทไซยานิน อาร์เอ็นเออินเตอร์เฟอเรนซ์

Abstract

Flavanone 3-hydroxylase (F3H) is an important enzyme in the synthesis anthocyanin pathway involved in color production in flower plants. In this study transformation of *F3H* gene in pJA8*F3H* plasmid which can stimulate the process of RNA interference (RNAi) and subsequently inhibits the expression of *F3H*, into lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) cv. Buntharik by particle bombardment was evaluated. After bombardment, 105 pieces of shoot clusters of lotus were selected on MS medium supplemented with 5µM BA and 10 mg/L glufosinate ammonium for 16 weeks. The results found that 27 pieces of shoot clusters survived (28.35%). And selection mature plants for existence detection gene 5 pieces. The PCR analysis of *F3H* gene was determined by primer *F3H* sense F and *F3H* sense R which specific to *F3H* gene of 308 nucleotides and *bar* gene was determined by primer *bar* gene F and *bar* gene R which specific to gene phosphinothricin-acetyl transferase (*bar* gene) of 430 nucleotides. The result found that existence of gene

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานบัณฑิตศึกษาและวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพฯ 10900

5 pieces total of 100 percent. The expression of *F3H* gene was detected by RT-PCR technique. The results showed that the expression of *F3H* gene reduced in transgenic plants comparing with the lotus non - transgenic plants.

Keywords: *flavanone 3-hydroxylase*, anthocyanin, RNA interference

บทนำ

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gært.) เป็นพืชที่นับว่าเป็นสัญลักษณ์แห่งความดีงามในทางพระพุทธศาสนา ซึ่งนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคนไทยยังนิยมนำดอกบัวมาใช้บูชาพระ (เสริมลาภ, 2547) ยกที่จะหาไม้ดอกชนิดอื่นมาทดแทนได้ บัวหลวงมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (คณิตา, 2535) บัวหลวงเป็นไม้น้ำประเภทล้มลุก อายุหลายปี น้ำยาวขาวเมื่อถูกอากาศจะเป็นเส้นใย เหง้าและไหลอยู่ใต้ดินโคลน ก้านใบยาวและแข็งชูขึ้นเหนือระดับผิวน้ำ ลักษณะใบเกือบกลม ขอบใบเป็นคลื่น ดอกเป็นดอกเดี่ยว กลีบดอกร่วงเร็ว ฐานรองดอกเป็นรูปกรวย (สุรเชษฐและปัญญา, 2535) สีของดอกไม้เป็นลักษณะที่ดึงดูดที่สุดของไม้ดอกไม้ประดับ และเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดมูลค่าของดอกไม้ ในประเทศไทยมีบัวหลวงอยู่เพียง 2 สี คือ บัวหลวงพันธุ์ทริกลีขาวและบัวหลวงพันธุ์สีชมพู ดังนั้นการพัฒนาสีของดอกบัวหลวงให้มีสีที่แปลกและไม่เคยมีมาก่อนในธรรมชาติ จึงเป็นเป้าหมายหลักในการปรับปรุงพันธุ์ (คำรพ, 2553) ซึ่งสีของดอกไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารสี (pigment) เช่น กลุ่มฟลาโวนอยด์ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน เป็นสารกลุ่มหลักที่ให้สีแก่พืช มีโทนสีกว้างตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงแดง ม่วงและน้ำเงิน (มณฑินี, 2550) ยีน *flavanone 3-hydroxylase* (*F3H*) เป็นยีนที่สำคัญในวิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ซึ่งให้สีในดอกไม้ต่างๆ (Qwens et al., 2008) การถ่ายโอนชิ้นส่วนของยีน *F3H* ในเวกเตอร์ pCR8-*F3H* เข้าสู่เวกเตอร์ pJAWOHL8 (pJA8*F3H*) ด้วยปฏิกิริยา recombination reaction (LR) (ชัยวรกุล, 2555) โดยเวกเตอร์ pJAWOHL8 เป็นเวกเตอร์ที่สามารถสร้าง RNA รูปแบบ inverted repeat ในเวกเตอร์ pJA8*F3H* มียีนคัดเลือกในพืชคือ *phosphinothricin acetyl transferase* (bar gene) ซึ่งต้านทานต่อยากำจัดวัชพืช basta (glufosinate amonium) (Figure. 1) ได้จากแบคทีเรีย *Streptomyces hygroscopicus* (Daud et al., 2009) ซึ่งเมื่อทำการถ่ายโอนยีน *F3H* เข้าสู่พืช จะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ RNAi ยับยั้งการแสดงออกของยีน *F3H* ในพืช โดยทำให้เกิดการสูญเสียกิจกรรมของยีน *F3H* มีผลไปขัดขวางการสังเคราะห์สารกลุ่มแอนโทไซยานิน ทำให้ออกไม้สีสีขาว (Britsch et al., 1992) ในขณะที่ Ono et al. (2006) ได้ศึกษาการถ่ายยีน 4'CGT และยีน AS ร่วมด้วยการยับยั้งการแสดงออกของยีน *dihydroflavonol 4-reductase* (*DFR*) ด้วยเทคนิค RNAi ผลคือดอกแวมยुरาเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของวิถีสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงสีของดอกไม้ที่มีข้อจำกัดในการพัฒนาสายพันธุ์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษายีน *flavanone 3-hydroxylase* ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ภายหลังจากการถ่ายยีน *F3H* ด้วยเทคนิค RNAi เข้าสู่บัวหลวงพันธุ์พันธุ์ทริกลี ด้วยวิธีการถ่ายยีนโดยใช้เครื่องยิงอนุภาค

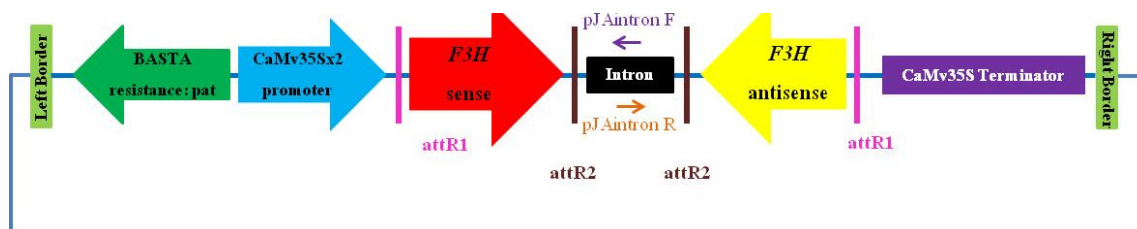


Figure 1 T-DNA of the pJA8*F3H* RNAi (*F3Hi*) plasmid construct containing bar gene and *F3Hi* gene under the control of the CaMV35S promoter (ชัยวรกุล 2555).

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การฟอกฆ่าเชื้อ

เก็บเมล็ดบัวหลวงพันธุ์พันธุ์ที่มีความสมบูรณ์เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม นำมาล้างน้ำให้สะอาดโดยใช้น้ำยาล้างจาน (sodium lauryl ether sulfate 3.5 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นให้น้ำไหลผ่านเป็นเวลา 30 นาที นำเมล็ดบัวมาฟอกด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยคลอรีน 50 เปอร์เซ็นต์ (sodium hypochloride 3.5 เปอร์เซ็นต์) หยด Tween 2 หยด เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น 5 นาที 3 ครั้ง

2. การชักนำให้เกิดแคลลัสและยอด

นำเมล็ดบัวที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วมาตัดเอาชิ้นส่วนตายออกจากคัพเพาะให้มีขนาด 3 มิลลิเมตร จากนั้นเลี้ยงบนอาหาร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม Thidiazuron (TDZ) 0.5 ไมโครโมลาร์ รวมด้วย 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) 40 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารทุกเดือน เพื่อชักนำให้เกิดแคลลัส จากนั้นย้ายลงในอาหาร MS ที่เติม Benzylaminopurine (BA) 50 ไมโครโมลาร์ (รวิฐ, 2554) โดยเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อชักนำให้เกิดยอดและเพิ่มปริมาณชิ้นส่วน

3. การถ่ายยีน flavanone 3-hydroxylase (*F3H*) เข้าสู่พืชโดยเครื่องยิงอนุภาค

ทำการปรับสภาพ osmotic ของชิ้นส่วน shoot cluster โดยเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม mannitol 2 โมลาร์ และ sorbitol 2 โมลาร์ ตัดกระดาศของรูปร่างกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.5 เซนติเมตร วางไว้บนอาหาร แล้วนำชิ้นส่วน shoot cluster 21 ชิ้นส่วนต่อจาน จำนวน 5 จาน รวมชิ้นส่วนทั้งหมด 105 ชิ้น วางไว้บนกระดาศของเป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง ก่อนการถ่ายยีน จากนั้นถ่ายยีนโดยเครื่องยิงอนุภาคทำตามวิธีของ Buathong *et al.* (2013) โดยเครื่องยิงอนุภาค แบบ PDS 1000/He (BioRad, USA) นำจานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีชิ้นส่วน shoot cluster ของบัวหลวงมาวางบนชั้นวางให้อยู่ห่างจากระดับยีนเป้าหมาย 9 เซนติเมตร จากนั้นปรับอากาศในตู้ให้เป็นสูญญากาศจนถึงระดับ 26-28 นิ้วปรอท ใช้ความดันขนาด 1,100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในการยิงอนุภาค นำเนื้อเยื่อที่ผ่านการถ่ายยีนแล้วมาเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกสูตร MS ที่เติม BA 50 ไมโครโมลาร์ และ glufosinate ammonium 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ทำการเปลี่ยนอาหารทุก 2 สัปดาห์ เลือกต้นบัวหลวงที่มีความสมบูรณ์สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารคัดเลือก จำนวน 5 ต้น และต้นบัวหลวงปกติที่ไม่ได้ผ่านการถ่ายยีนมาทำการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน และตรวจสอบการแสดงออกของยีนต่อไป

4. การตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *F3H* และยีน *bar* gene ด้วยวิธีพีซีอาร์

4.1 การเตรียม DNA

เตรียมเนื้อเยื่อของบัวหลวงพันธุ์พันธุ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการถ่ายยีนของเวกเตอร์ pJA8*F3H* 40-50 มิลลิกรัม บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวและสกัดแยก DNA ตามวิธีการของ Doyle and Dickson (1987) ละลายตะกอนด้วย TE-buffer นำไปตรวจสอบ ด้วยวิธีการ gel electrophoresis และวัดปริมาณและคุณภาพ DNA ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร เก็บ DNA ที่เหลือที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

4.2 การตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *F3H* (flavanone 3-hydroxylase)

เพิ่มปริมาณ DNA ของยีน *F3H* ของบัวหลวงพันธุ์พันธุ์ โดยใช้ DNA ปริมาณ 1 ไมโครลิตร สำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย dH_2O ปริมาตร 12.8 ไมโครลิตร, 10x *Taq* buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, MgCl_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, forward primer (*F3H* sense F 5'- GAG AAG CTC CGG TTC GAC AT -3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร, reverse primer (*F3H* sense R 5'- TAG TTC ACC ACC ATC TTC TGG -3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร และ 5 U *Taq* DNA polymerase ปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร (Fermentas, USA) ทำปฏิกิริยาในเครื่องพีซีอาร์ (Biometra, Germany) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที 1 รอบ, ที่ 94 องศาเซลเซียส 45

วินาที, 58 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 72 องศาเซลเซียส 50 วินาที 35 รอบ และ ที่ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที 1 รอบ ตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ ด้วยวิธีการ gel electrophoresis เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (Fermentas, USA)

4.3 การตรวจสอบการมีอยู่ของยีนคัดเลือกในพืชคือ *phosphinothricin-acetyl transferrase (bar gene)*

เพิ่มปริมาณ DNA ของยีน *bar gene* ของบัวหลวงพันธุ์นุชทริก โดยใช้ DNA ปริมาณ 1 ไมโครลิตร สำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย dH₂O ปริมาตร 12.8 ไมโครลิตร, 10x Taq buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, MgCl₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, forward primer (*bar gene* F 5'- TTG ACC GTG CTT GTC TGC AT -3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร, reverse primer (*bar gene* R 5'- AAG GCG GGA AAC GAC AAT CT -3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร และ 5 U Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร (Fermentas, USA) ทำปฏิกิริยาในเครื่องพีซีอาร์ (Biometra, Germany) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที 1 รอบ, ที่ 94 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 58 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 72 องศาเซลเซียส 50 วินาที 35 รอบ และ ที่ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที 1 รอบ ตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ ด้วยวิธีการ gel electrophoresis เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (Fermentas, USA)

5. การตรวจสอบปริมาณการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยวิธี Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)

5.1 การเตรียม RNA

เตรียมเนื้อเยื่อใบของบัวหลวงพันธุ์นุชทริกที่ไม่ผ่านและผ่านการถ่ายโอนของเวกเตอร์ pJA8F3H 100 มิลลิกรัม บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว และสกัดแยก RNA ตามวิธีการของ Invitrap[®] Spin Plant RNA Mini Kit (Stratag molecular, Germany) นำไปตรวจสอบ ด้วยวิธีการ gel electrophoresis เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (Fermentas, USA) และวัดปริมาณและคุณภาพ RNA ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร เก็บ RNA ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส จากนั้นการกำจัด DNA ออกจาก RNA โดยใช้เอนไซม์ DNase I ตามวิธีการของ Thermo scientific (thermoscientific, EU)

5.2 การสังเคราะห์ complementary DNA (cDNA) จาก RNA โดยเอนไซม์ reverse transcriptase

สังเคราะห์ cDNA โดยใช้ RNA ของบัวหลวงพันธุ์นุชทริกที่ไม่ผ่านและผ่านการถ่ายโอนของเวกเตอร์ pJA8F3H ตามวิธีการของ RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Fermentas, USA) โดยเตรียมปฏิกิริยา reverse transcription ในปริมาตร 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย DEPC ปริมาตร 11.5 ไมโครลิตร, 5x buffer RT ปริมาตร 4 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, Oligo-dt primer ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 40 unit/μl Ribolock[™] RNase Inhibitor ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร, 200 unit/μl RevertAid Reverse Transcriptase ปริมาตร 1 ไมโครลิตร และ RNA ของบัวหลวง ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ผสมสารทั้งหมดในหลอดขนาด 200 ไมโครลิตร ให้เข้ากันดีแล้วนำไปทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เก็บ cDNA ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

5.3 การปรับความเข้มข้น cDNA เริ่มต้นให้เท่ากันด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้ยีน *18S rRNA* เป็นยีนอ้างอิง

ปรับความเข้มข้นของ cDNA ที่สังเคราะห์ได้จากเนื้อเยื่อบัวหลวงพันธุ์นุชทริก ที่ไม่ผ่านและผ่านการถ่ายโอนของเวกเตอร์ pJA8F3H โดยการเปรียบเทียบปริมาณการแสดงออกของยีน *18S rRNA* ด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้ cDNA ปริมาตรอย่างละ 1 ไมโครลิตร เป็น DNA ต้นแบบ เตรียมปฏิกิริยาในปริมาตร 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย dH₂O ปริมาตร 12.8 ไมโครลิตร, 10x Taq buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, MgCl₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, cDNA ของบัวหลวง ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 5 unit/μl Taq DNA polymerase (Fermentas, USA) ปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร, forward primer (18-SF primer 5'- GGCTCGAAGACGATCAGATACCG-3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร และ reverse

primer (18-SF primer 5'GTACAAAGGGCAGGGACGTAGTCAA-3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร ผสมแล้วนำไปทำปฏิกิริยาด้วยเครื่องพีซีอาร์ โดยตั้งอุณหภูมิ 1 รอบ ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที, 24 รอบ ที่ 94 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 58 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 72 องศาเซลเซียส 50 วินาที และ 1 รอบ ที่ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที ตรวจสอบขนาดและความเข้มของแถบ DNA ของผลผลิตพีซีอาร์ของยีน 18S rRNA ด้วยวิธีการ gel electrophoresis เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (Fermentas, USA)

5.4 การตรวจสอบปริมาณการแสดงออกของยีน *F3H* (flavanone 3-hydroxylase)

สังเคราะห์ยีน *F3H* จาก cDNA ของบัวหลวงพันธุ์นุชทริก โดยใช้ cDNA ปริมาณ 1 ไมโครลิตร สำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย dH₂O ปริมาตร 12.8 ไมโครลิตร, 10x Taq buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, MgCl₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, forward primer (F3H sense F 5'- GAG AAG CTC CGG TTC GAC AT -3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร, reverse primer (F3H sense R 5'- TAG TTC ACC ACC ATC TTC TGG -3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร และ 5 U Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร (Fermentas, USA) ทำปฏิกิริยาในเครื่องพีซีอาร์ (Biometra, Germany) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที 1 รอบ, ที่ 94 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 58 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 72 องศาเซลเซียส 50 วินาที 35 รอบ และที่ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที 1 รอบ ตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ด้วยวิธีการ gel electrophoresis เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (Fermentas, USA)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ภายหลังจากการถ่ายยีน *flavanone 3-hydroxylase* ด้วยเทคนิค RNAi เข้าสู่บัวหลวงพันธุ์นุชทริก ด้วยวิธีการถ่ายยีนโดยใช้เครื่องยิงอนุภาค โดยขึ้นส่วน shoot cluster ที่ทำการถ่ายโอนพลาสมิด 21 ชิ้นต่อจาน จำนวน 5 จาน รวมขึ้นส่วนทั้งหมด 105 ชิ้น จากนั้นนำเนื้อเยื่อที่ผ่านการถ่ายยีนแล้วมาเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกสูตร MS ที่เติม BA 50 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ glufosinate ammonium 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 16 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนอาหารทุก 2 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาผลของจำนวนยอดเฉลี่ยต่อขึ้นพบว่าในสัปดาห์ที่ 14 มีจำนวนยอดเฉลี่ยต่อขึ้นมากที่สุด คือ 2.50 ± 0.65 ยอด ส่วนในสัปดาห์ที่ 2 มีจำนวนยอดเฉลี่ยต่อขึ้นน้อยที่สุด คือ 1.90 ± 0.44 ยอด เมื่อพิจารณาผลของความยาวยอดเฉลี่ยต่อขึ้น พบว่าในสัปดาห์ที่ 14 มีความยาวยอดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1.14 ± 0.23 เซนติเมตร ส่วนในสัปดาห์ที่ 2 มีความยาวยอดเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.82 ± 0.16 เซนติเมตร และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตในสัปดาห์ที่ 2 มากที่สุด คือ 64.05 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสัปดาห์ที่ 16 มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตน้อยที่สุด คือ 28.35 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

Table 1 Average number of shoot, shoot length (cm), number of plant survival and percentage of plant survival after gene transformation by particle bombardment technique on MS supplemented with 50μM BA and 10mg/l glufosinate ammonium.

Weeks	2	4	6	8	10	12	14	16
Number of shoot	1.90 ± 0.44	2.24 ± 0.30	2.48 ± 0.39	2.18 ± 0.50	2.38 ± 0.33	2.35 ± 0.63	2.50 ± 0.65	2.47 ± 0.67
Shoot length(cm)	0.82 ± 0.16	0.83 ± 0.16	0.96 ± 0.13	0.97 ± 0.13	1.04 ± 0.13	1.13 ± 0.20	1.14 ± 0.23	1.20 ± 0.19
Plant survival	61	55	47	43	40	27	27	27
% Plant survival	64.05	57.77	49.35	45.15	42.00	28.35	28.35	28.35

¹⁴total number 105 pieces

ผลการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *F3H* และยีน *bar* ด้วยวิธีพีซีอาร์

ภายหลังจากการถ่ายยีน *F3H* ด้วยเทคนิค RNAi เข้าสู่บัวหลวงพันธุ์ภูธรเทวี ด้วยวิธีการถ่ายยีนโดยใช้เครื่องยิงอนุภาค เลือกต้นบัวหลวงที่มีความสมบูรณ์สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารคัดเลือกจำนวน 5 ต้น และต้นบัวหลวงปกติที่ไม่ได้ผ่านการถ่ายยีนมาสกัด DNA แล้วนำ DNA ที่ได้มาตรวจสอบการมีอยู่ของยีน ด้วยไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะยีน *F3H* และยีน *bar* ด้วยวิธีพีซีอาร์ จากนั้นตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์

จากผลการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน ซึ่งพบการมีอยู่ของยีน *F3H* และยีน *bar* ทั้งหมดที่เลือกมา 5 ต้น คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการมีอยู่ของยีน *F3H* ด้วยชุดไพรเมอร์ *F3H* sense F และ *F3H* sense R ซึ่งมีความจำเพาะกับยีน *flavanone 3-hydroxylase (F3H)* พบว่าเกิดแถบ DNA 2 แถบ แถบด้านล่างเป็น primer dimer และแถบบนบน DNA ของยีน *F3H* ขนาด 308 คู่เบส ของต้นบัวที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนและต้นบัวหลวงที่ได้รับการถ่ายยีนโดยพลาสมิด ซึ่งมีขนาดเท่ากับแถบ DNA ที่สังเคราะห์ได้จากพีซีอาร์ของพลาสมิด pJA8F3H (Figure 2) ส่วนการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *bar* ด้วยชุดไพรเมอร์ *bar* gene F และ *bar* gene R ซึ่งมีความจำเพาะกับยีน *phosphinothricin-acetyl transferase (bar gene)* เป็นยีนคัดเลือกในพืช พบว่าเกิดแถบ DNA ขนาด 430 คู่เบส ของต้นบัวหลวงที่ได้รับการถ่ายยีนโดยพลาสมิด ซึ่งมีขนาดเท่ากับแถบ DNA ที่สังเคราะห์ได้จากพีซีอาร์ของพลาสมิด pJA8F3H ส่วนต้นบัวหลวงที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนโดยพลาสมิดไม่พบการมีอยู่ของยีน *bar* (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malabadi and Nataraja. (2007) ได้ทำการทดลองถ่ายโอนพลาสมิด pAHC25 มียีนคัดเลือกยีน *bar* เข้าสู่ embryogenic ของต้นสน (*Pinus wallichiana*) ผลการทดลองพบว่าเมื่อนำไปทดสอบพีซีอาร์กับยีน *bar* พบมากถึง 52 เปอร์เซ็นต์ ในต้นที่ได้รับการถ่ายโอนพลาสมิดพบยีน *bar* ที่มีความยาว 430 คู่เบสเมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lohar et al. (2001) ได้ทำการถ่ายโอนพลาสมิด pTAB10 ซึ่งต้านทานต่อยีน *Phosphinothricin acetyl transferase (basta)* เข้าไปในต้นถั่ว *Lotus japonicas* โดยใช้ *Agrobacterium tumefaciens* ทดสอบโดยวิธี PCR ที่ออกแบบไพรเมอร์ให้มีความจำเพาะต่อยีน *bar* พบว่าต้นที่ได้รับการถ่ายโอนพลาสมิดพบยีน *bar* ที่มีความยาว 310 คู่เบส สามารถเจริญได้ในอาหารคัดเลือกที่มีสารกำจัดวัชพืช basta ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

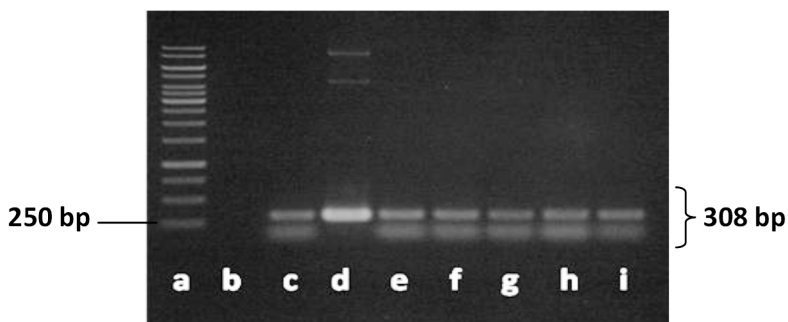


Figure 2 PCR analysis of the transformation plants by *F3H* specific primers (308bp) (a) marker 1 kb ladder; (b) no template; (c) control with non transformation plant; (d) positive control pJA8F3H plasmid; (e-i) transformant plants.

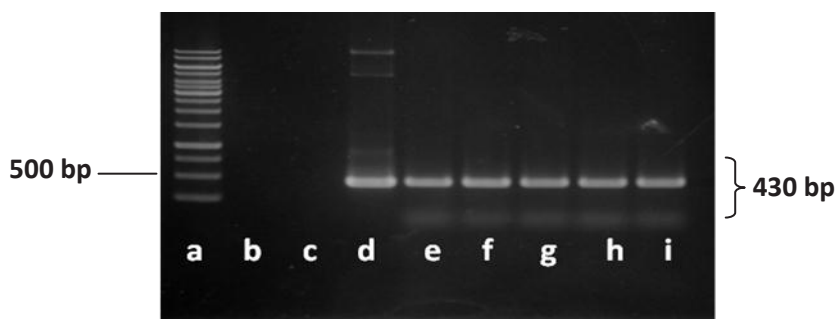


Figure 3 PCR analysis of the transformant plants by bar gene specific primers (430bp) (a) marker 1 kb ladder; (b) no template; (c) control with non transformation plant; (d) positive control pJA8F3H plasmid; (e-i) transformant plants.

ผลการตรวจสอบปริมาณการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยวิธี Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)

จากผลการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *F3H* และยีน *bar* ด้วยเทคนิคพีซีอาร์แล้ว เพื่อเป็นการยืนยันการแสดงออกของยีน *F3H* จึงทำการตรวจสอบด้วยการใช้เทคนิค RT-PCR โดยการสกัด RNA ของบัวหลวงในต้นที่ได้รับการถ่ายยีน และต้นที่ไม่ได้รับการถ่ายยีน แล้วทำการเปลี่ยน mRNA เป็น complementary DNA โดยใช้เอนไซม์ reverse transcriptase จากนั้นปรับความเข้มข้นของ cDNA เริ่มต้นให้เท่ากัน โดยเปรียบเทียบจากความเข้มของแถบ DNA ของยีน 18s rRNA ตรวจสอบด้วยวิธีการ gel electrophoresis จากนั้นนำ cDNA ที่ได้จากการปรับความเข้มข้นให้เท่ากันข้างต้นแล้วทำพีซีอาร์โดยใช้ cDNA เป็น DNA แม่แบบ ด้วยไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะยีน *F3H* เพื่อตรวจสอบปริมาณการแสดงออกของยีน

ผลการตรวจสอบการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยชุดไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะกับยีน *F3H* ของต้นบัวหลวงที่ได้รับการถ่ายโอนเวกเตอร์ pJA8F3H มีการแสดงออกที่ลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับต้นบัวหลวงที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนมีปริมาณการแสดงออกของยีน *F3H* อย่างมาก (Figure 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiang *et al.* (2013) การศึกษาโครงสร้าง RNAi gene-silencing vector ที่มี *F3H* RNAi vector ฉีดเข้าไปในผลของสตอเบอรี่ภายหลังจากการปฏิสนธิ 14 วัน จากนั้นทำการทดสอบ RT-PCR ผลการทดลองได้แสดงว่ายีน *F3H* มีการลดลงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับควบคุม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nagamatsu *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษากการแสดงออกของยีน *F3'H* ด้วยเทคนิค RNAi ในถั่วเหลือง (*Glycine max*) ทำการสกัด RNA จากส่วนของใบมาตรวจ โดยวิธี RT-PCR พบว่าต้นถั่วเหลืองที่ได้รับการถ่ายเวกเตอร์ CMV-A1:*sF3'H1* (RNAi) มีการแสดงออกของยีน *sF3'H1* ที่ลดลงและพบการสะสมของยีน *sF3'H1* ที่เพิ่มขึ้นในต้นพืชที่ไม่ได้รับการถ่ายของเวกเตอร์ซึ่งบ่งบอกได้ว่าการยับยั้งการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยเทคนิค RNAi เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพและเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการสร้างพืชตัดแต่งพันธุกรรม



Figure 4 RT-PCR analysis of the transformant plants using the reference *18S rRNA* gene by *F3H* specific primers(308bp) (a) marker 1 kb ladder; (b) no template; (c) control with non transformant plants; (d-h) transformant plants.

สรุปผลการทดลอง

ผลการถ่ายยีน *F3H* ด้วยเทคนิค RNAi เข้าสู่บัวหลวงพันธุ์นุทริค ด้วยวิธีการถ่ายยีนโดยใช้เครื่องยิงอนุภาค ขึ้นส่วน shoot cluster ทั้งหมด 105 ชิ้น ในสัปดาห์ที่ 16 พบว่าจำนวนต้นที่รอด 27 ต้น คิดเป็น 28.35 เปอร์เซ็นต์ จากผลการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *F3H* และยีน *bar* ที่เลือกมา 5 ต้น พบการมีอยู่ของยีนทั้งหมด 5 ต้น คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบยีน *F3H* เกิดแถบ DNA ขนาด 308 คู่เบส ของต้นบัวที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนและต้นบัวหลวงที่ได้รับการถ่ายยีนโดยพลาสมิด ซึ่งมีขนาดเท่ากับแถบ DNA ที่สังเคราะห์ได้จากพีซีอาร์ของพลาสมิด pJA8F3H ส่วนการตรวจสอบการมีอยู่ของยีน *bar* พบว่าเกิดแถบ DNA ขนาด 430 คู่เบส ของต้นบัวหลวงที่ได้รับการถ่ายยีนพลาสมิด pJA8F3H ซึ่งมีขนาดเท่ากับแถบ DNA ที่สังเคราะห์ได้จากพีซีอาร์ของพลาสมิด pJA8F3H ส่วนต้นบัวหลวงที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนโดยพลาสมิดไม่พบการมีอยู่ของยีน *bar* การตรวจสอบการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยวิธี RT-PCR ชุดไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะกับยีน *F3H* ของบัวหลวงในต้นที่การถ่ายยีนเวกเตอร์ pJA8F3H มีการแสดงออกที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับต้นบัวหลวงที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนมีปริมาณการแสดงออกของยีน *F3H* อย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- คณิดา เลขะกุล และคณะ. 2535. บัวราชินีแห่งแม่น้ำ: มุลนิธสิวนหลวง ร. 9. ด้านสหราชอาณาจักรพิมพ์: กรุงเทพฯ. คำพร รัตนสุด. 2553. วิศวกรรมเมแทบอลิกของสัคคอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 38(2): 171-181.
- ชัยวรกุล ไชยปัญญาทอง. 2555. “การโคลนยีน flavanone 3-hydroxylase (*F3H*) จากปทุมชาติ (*Nelumbo nucifera* Gaertn) และอับลชาติ (*Nymphaea* spp.) และการสร้าง DNA สายผสมเพื่อยับยั้งการแสดงออกของยีน *F3H* ด้วยเทคนิค RNA interference.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- มณฑินี ชีวรักษ์. 2550. การผลิตไม้ดอกสีเหลืองโดยการเปลี่ยนวิถีสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 25: 95-102.
- รวีวงศ์ บัวทอง. 2554. “การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการถ่ายยีน antisense ของ dihydroflavonol 4-reductase (DFR) เข้าสู่บัวหลวงพันธุ์นุทริคโดยวิธียิงอนุภาค.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุรเชษฐ จิตตะวิกุล และปัญญา โพธิ์ฐิตรัตน์. 2535. เทคนิคการปลูกบัว. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เสริมลาภ วสุวัต และปริมาภ ชูเกียรติมัน. 2547. บัวประดับในประเทศไทย 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. เนชั่นบุ๊คส์: กรุงเทพฯ.
- Britsch, L., B. Ruhna-Brich, and G. Forkmann. 1992. Molecular cloning, sequence analysis, and *in vitro* expression of

- flavonone 3 beta-hydroxylase from *Petunia hybrid*. Journal of Biotechnology. Chem. 267: 5380-5387.
- Buathong, R., K. Saetiew, S. Phansiri, N. Parithawong and S. Arunyanart. 2013. Tissue culture and transormation of the antisense DFR gene into lotus (*Nelumbo nucifera* Gaerth.) through partice bombardment. Science Horticultural. 161: 216-222.
- Daud, M.K., M.T. Variath, S. Ali, M. Jamil, M.T. Khan, M. Shafi and Z. Shuijil. 2009. Genetic transformation of *Bar* Gene and its inheritance and segregation behavior in the resultant transgenic cotton germplasm (BR001). Journal of Biotechnology. 41(5): 2167-2178.
- Doyle, J. J and E. E. Dickson. 1987. Preservation of plant samples for DNA restriction endonuclease analysis. Taxon. 36: 715-722.
- Jiang, F., W. Jia-Yi, J. Hai-Feng, J. Wen-Suo, W. Hong-Qing and X. Min. 2013. RNAi-Mediated siencing of the flavanone 3-hydroxylase gene and its effect on flavonoid biosynthesis in strawberry fruit. Journal Plant Growth Regulator. 32: 182-190.
- Lohar, D. P., K. Schuller, D. M. Buzas, P. M. Gresshoff and J. Stiller. 2001. Transformation of *Lotus japonicas* using the herbicide resistance *bar* gene as a selectable marker. Journal of Experimental Botany. 52: 1697-1702.
- Malabadi, R. B and K. Nataraja. 2007. Stable transformation and recovery of transgenic plant by particle bombardment in *Pinus wallichiana* A.B. Jacks (Himalayan Blue Pine). Biotechnology. 6(1): 105-111.
- Nagamatsu, A., C. Masuta, H. Matsuura, K. Kitamura, J. Abe and A. Kanazawa. 2009. Down regulation of flavonoid 3'-hydroxylase gene expression by virus-induced gene silencing in soybean reveals the presence of a threshold mRNA level associated with pigmentation in pubescence. Journal of Plant Physiology. 166: 32-39.
- Ono, E., M. Fukuchi-Mizutani, N. Nakamura, Y. Fukui, K. Yonekura-Sakakibara, M. Yamaguchi, T. Nakayama, T. Tanaka, T. Kusumi and Y. Tanaka. 2006. Yellow flowers generated by expression of the aurone biosynthetic pathway. Plant Biology. 103: 11075-110.
- Qwens, D.K., K.C. Crosby, J. Runac, B.A. Howard and B.S.J. Winkel. 2008. Biochemical and genetic characterization of *Arabidopsis* flavanone 3'-hydroxylase. Plant Molecular Biology. Biochem. 46: 833-843.

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Factors Affecting Egg Buying Behavior of Consumers in Muang District,
Chachoengsao Province

วีรากร อนุจันทร์¹ ทิพวรรณ ลิ้มกูร¹ และสมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคไข่ไก่ ศึกษาพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทราเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 39.58 ปี มีสถานภาพสมรสแล้ว จบการศึกษาด้านต่ำกว่าระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว ค่าขาย และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 16,619 บาท ในด้านพฤติกรรมการซื้อพบว่า ผู้บริโภคมีความถี่ในการซื้อไข่ไก่เฉลี่ย 3 ครั้งต่อเดือน ซื้อไข่ไก่เฉลี่ยครั้งละ 24 ฟอง และเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อไข่ไก่เฉลี่ยครั้งละ 97 บาท ซื้อไข่ไก่โดยไม่คำนึงถึงยี่ห้อหรือตราสินค้า ซื้อจากตลาดสด มีวัตถุประสงค์ในการซื้อเพราะทำอาหารได้หลายประเภท เลือกซื้อไข่ไก่ด้วยตนเอง และส่วนใหญ่มีแนวโน้มการซื้อไข่ไก่ในขนาดเท่าเดิม ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในระดับมาก โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคด้านความถี่ในการซื้อ ปริมาณที่ซื้อ และค่าใช้จ่ายที่ซื้อในแต่ละครั้ง ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านสถานที่จัดจำหน่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

คำสำคัญ : พฤติกรรมการซื้อ ไข่ไก่ ผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาด จังหวัดฉะเชิงเทรา

Abstract

This research aimed to study demographic data of egg consumers, egg buying behavior of consumers and factors affecting egg buying behavior of consumers in Muang district, Chachoengsao province. The quantitative research was carried out by questionnaires for collecting data from 400 buyers. The descriptive statistics and stepwise multiple regression analysis were applied for data analysis and hypothesis testing. The results showed that most consumers were female, the average age of 39.58 years, with married status, graduated at lower than bachelor degree, worked as business owner and trader, the average monthly income was 16,619 bath. The consumer egg purchase frequency was 3 times per month, the average purchase number was 24 eggs per times and the expense was 97 baht per times. The consumers were not interested in brands. They bought eggs from markets. The objectives of buying were because consumers could cook several types of foods. They bought eggs by themselves and the majority

¹ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

consumers will buy eggs in the future as the same quantity. They focused the marketing mix factors at a high level. The factors related to the behavior of consumers buying eggs, purchase frequency, purchase quantity, expense of purchase, were sex, age, marital status, education, career, product, price, places, and were statistical significance ($P < .05$).

Keywords: purchasing behavior, eggs, consumers, marketing mix factors, Chachoengsao province

คำนำ

ไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่สำคัญกับร่างกาย การบริโภคไข่ไก่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ประกอบกับไข่ไก่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และยังสามารถนำไปประกอบเป็นอาหารได้หลากหลายรูปแบบ จึงส่งผลให้ประเทศไทยมีอัตราการเลี้ยงไก่ไข่เพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากไข่ไก่เลี้ยงง่าย ต้องการพื้นที่เลี้ยงน้อย และให้ผลผลิตสูง ส่งผลให้มีการเลี้ยงไก่ไข่อย่างแพร่หลายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคกลางเป็นแหล่งเลี้ยงไก่ไขขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศ โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรทำการเก็บสถิติการเลี้ยงไก่ไข่ทั่วประเทศ ในปี 2557 พบว่ามีการเลี้ยงไก่ไข่ทั่วประเทศ จำนวน 45.56 ล้านตัว ให้ผลผลิตไข่ไก่ จำนวน 11,276 ล้านฟอง เป็นผลผลิตที่เกิดจากแหล่งผลิตในภาคกลาง จำนวน 6,423 ล้านฟอง ซึ่งจังหวัดที่มีการเลี้ยงไก่ไข่และมีผลผลิตไข่ไก่มากที่สุดในภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา รองลงมาได้แก่ จังหวัดนครนายก และจังหวัดชลบุรี โดยจังหวัดฉะเชิงเทราจะมีผลผลิตไข่ไก่ในปี 2557 จำนวน 1,197 ล้านฟอง จังหวัดนครนายกจำนวน 925 ล้านฟอง และจังหวัดชลบุรีจำนวน 820 ล้านฟอง ส่วนที่เหลือเป็นผลผลิตจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) และในปี 2557 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรมีการเก็บสถิติการบริโภคไข่ไก่ของคนไทย พบว่า ประชาชนชาวไทยมีอัตราการบริโภคไข่ไก่เฉลี่ย 204 ฟองต่อคนต่อปี และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตจากนโยบายรณรงค์ให้คนไทยบริโภคไข่ไก่เฉลี่ย 300 ฟองต่อคนต่อปีของภาครัฐ (ไทยรัฐ, 2557) แต่อัตราการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยก็ยังอยู่ในอัตราที่ต่ำเมื่อเทียบกับอัตราการบริโภคไข่ไก่ของโลกหรือแม้แต่ภูมิภาคเดียวกันอย่างเช่น จีน บริโภคไข่ไก่เฉลี่ย 360 ฟองต่อคนต่อปี ญี่ปุ่นบริโภคเฉลี่ย 332 ฟองต่อคนต่อปี สิงคโปร์บริโภคเฉลี่ย 330 ฟองต่อคนต่อปี และมาเลเซียบริโภคเฉลี่ย 313 ฟองต่อคนต่อปี (สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า ผู้ส่งออกไข่ไก่แห่งประเทศไทย, 2556) (Figure 1) เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่เชื่อว่าการบริโภคไข่ไก่ในปริมาณที่มากเกินไป อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ ไขมันในหลอดเลือดอุดตัน เป็นต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองนโยบายการเพิ่มอัตราการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยจาก 204 ฟองต่อคนต่อปีในปี 2557 เป็น 300 ฟองต่อคนต่อปี ในปี 2561 ของภาครัฐ (ไทยรัฐ, 2557) และกระตุ้นเศรษฐกิจการส่งออกไข่ไก่ รวมถึงธุรกิจฟาร์มไข่ไก่ของประเทศให้เติบโต จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงพฤติกรรม การซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค การศึกษาถึงพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค จะช่วยเพิ่มศักยภาพและช่วยหนุนเสริมการขยายโอกาสธุรกิจฟาร์มไข่ไก่ของไทยให้เติบโตต่อไปในอนาคต โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทราจะมีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก มีความหลากหลายด้านประชากรศาสตร์ และที่สำคัญ จังหวัดฉะเชิงเทรายังเป็นตลาดหลักสำคัญในการผลิตและขายไข่ไก่ของประเทศ ซึ่งการวิจัยนี้จะทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานในด้านพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ รูปแบบพฤติกรรมของผู้บริโภค และปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการวางแผนส่งเสริมการบริโภคไข่ไก่ต่อไปในอนาคต

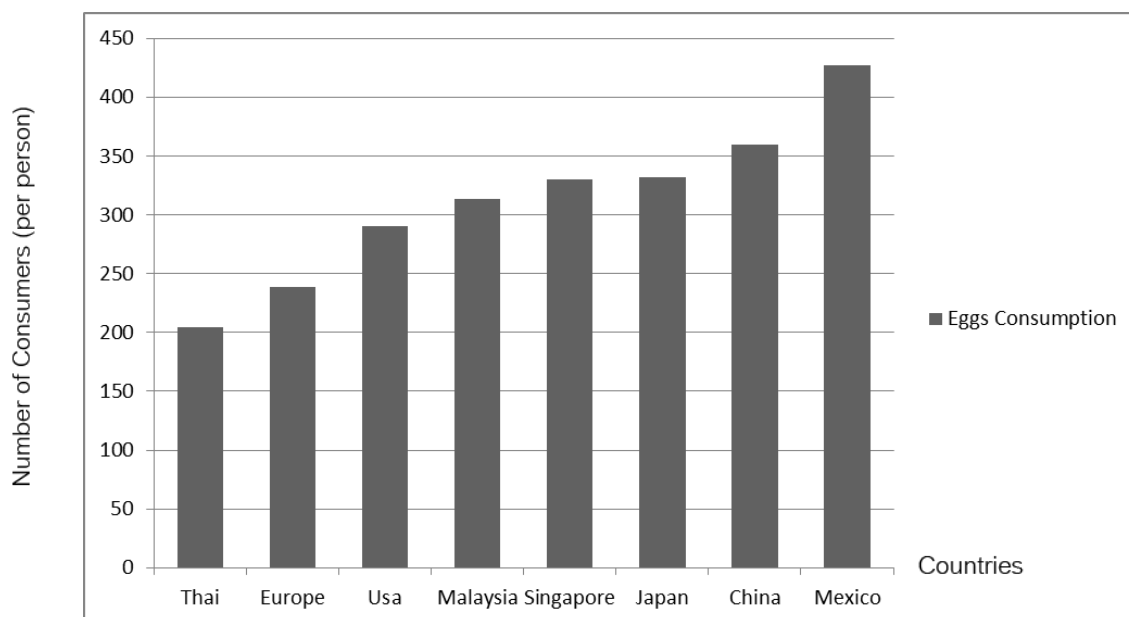


Figure 1 The rate eggs consumption (2014).

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ ประชากรทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากประชากรกลุ่มดังกล่าวเป็นผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจซื้อ และสามารถแยกแยะเหตุผลในการซื้อได้ด้วยตนเอง มีภูมิลำเนาอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีจำนวนทั้งสิ้น 277,899 คน (สำนักบริหารทะเบียน, 2557) โดยมีการสุ่มตัวอย่างแบบผสมจำนวน 400 คน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.85 และทดสอบความเชื่อมั่น (reliability) ของเครื่องมือ โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบัค (Cronbach's alpha - Coefficient) (Cronbach, 1990) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติพรรณนาในการอธิบายข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด และพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (multiple regression analysis) โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลประชากรศาสตร์ และข้อมูลส่วนประสมทางการตลาดของผู้บริโภค

จากการศึกษาข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ผู้บริโภคเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ร้อยละ 56.5 มีอายุเฉลี่ย 39.58 ปี มีสถานภาพสมรสแล้ว ร้อยละ 52.4 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 69.0 ประกอบอาชีพฟาร์มสุกรส่วนตัว ค่าขาย ร้อยละ 29.5 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 16,619 บาท (Table 1)

Table 1 Demographic and background characteristics (n=400).

Personal data	Number	Percentage
Sex		
Male	174	43.5
Female	226	56.5
Age		
20- 39 years	185	46.3
40-59 years	191	47.7
More than 60 years	24	6.0
$\bar{X}$ = 39.58, SD= 12.96, Min= 20, Max =72		
Marital status		
Single	165	41.3
Married	210	52.4
Widowed or divorced	25	6.3
Education		
Lower than bachelor's degree	276	69.0
Bachelor's degree	108	27.0
Higher than bachelor's degree	16	4.0
Career		
Student	40	10.0
Employee	88	22.0
Homemaker	50	12.5
Government officer	104	26.0
Business man	118	29.5
Monthly income		
Less than 10,000 bath	160	40.0
10,000 – 29,999 bath	177	44.3
30,000 – 49,999 bath	47	11.7
More than 50,000 bath	16	4.0
$\bar{X}$ = 16,619.63, SD=10,709.74, Min= 3,000, Max =62,760		

ในด้านปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวม 3.69 โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านสถานที่จัดจำหน่ายมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ด้านราคา ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านการส่งเสริมการตลาด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.92, 3.79, 3.61 และ 3.43 ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Level of marketing mix factors (n=400).

Items	$\bar{X}$	S.D.	Level
Product	3.61	0.58	High
Price	3.79	0.79	High
Place	3.92	0.77	High
Promotion	3.43	0.77	High
Grand mean	3.69	0.58	High

2. พฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค

จากการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความถี่ในการซื้อไข่ไก่เฉลี่ย 3 ครั้งต่อเดือนซื้อไข่ไก่สูงสุด 25 ครั้งต่อเดือน ซื้อไข่ไก่ต่ำสุด 1 ครั้งต่อเดือน ซื้อไข่ไก่เฉลี่ยครั้งละ 24 ฟอง ซื้อไข่ไก่สูงสุดครั้งละ 60 ฟอง ซื้อไข่ไก่ต่ำสุดครั้งละ 2 ฟอง ผู้บริโภคเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อไข่ไก่เฉลี่ยครั้งละ 97 บาท เสียค่าใช้จ่ายซื้อไข่ไก่สูงสุดครั้งละ 300 บาท และเสียค่าใช้จ่ายซื้อไข่ไก่ต่ำสุดครั้งละ 7 บาท ผู้บริโภคซื้อไข่ไก่โดยไม่คำนึงถึงยี่ห้อ ตราสินค้า ร้อยละ 54.7 ซื้อไข่ไก่จากตลาดสด ร้อยละ 37.3 มีวัตถุประสงค์ในการซื้อไข่ไก่ เพราะทำอาหารได้หลากหลายประเภท ร้อยละ 38.5 ตัดสินใจซื้อไข่ไก่ด้วยตนเอง ร้อยละ 45.0 และผู้บริโภคส่วนใหญ่มีแนวโน้มซื้อไข่ไก่ในขนาดตเท่าเดิม ร้อยละ 64.0 (Table 3)

Table 3 Egg buying behavior of consumers (n=400).

Lists	Number	Percentage
Frequency of purchase per month		
1-10 eggs per month	387	96.8
11-20 eggs per month	11	2.8
21-30 eggs per month	2	0.4
$\bar{X} = 3$, $SD = 3.31$, $Max = 25$, $Min = 1$		
Quantity of purchase per time		
1-20 egg	134	33.5
21-30 egg	254	63.5
31-60 egg	12	3.0
$\bar{X} = 24$, $SD = 10.29$, $Max = 60$, $Min = 2$		

Table 3 (continued)

Lists	Number	Percentage
Cost of purchase per time		
1-100 bath	246	63.0
101-200 bath	148	35.5
201-300 bath	6	1.5
$\bar{X} = 97, SD = 44.8, \text{ Max} = 300, \text{ Min} = 7$		
Brand of purchase		
CP brand	117	29.3
Other brand	64	16.0
Not brand	219	54.7
Place of purchase		
Market	149	37.3
Supermarket/ department store	146	36.5
Convenience store/ general store	105	26.2
Objective of purchase		
Can cook several types of foods	154	38.5
Can be easily purchased	102	25.5
Other objective	144	36.0
Person who makes purchase		
Self	180	45.0
Family	128	32.0
Other person	92	23.0
The trend for future purchases		
Increase	124	31.0
Stable	256	64.0
Decrease	20	5.0

3. ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ด้านความถี่ในการซื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมี 3 ปัจจัย ได้แก่ อาชีพ ผลัดภักดิ์ และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสถานที่จัดจำหน่าย ซึ่งสามารถพยากรณ์ความถี่ในการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค (R^2) ได้ร้อยละ 12 โดยอาชีพและปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสถานที่จัดจำหน่าย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นบวก ส่วนปัจจัยส่วนประกอบทางการตลาดด้านผลัดภักดิ์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นลบ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ อธิบายได้ว่า เมื่อปัจจัยส่วนประกอบทางการตลาดด้านผลัดภักดิ์เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ความถี่ในการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ลดลงร้อยละ 0.08 เนื่องจาก ไข่ไก่ที่มีคุณภาพมักถูกจำหน่ายภายใต้ตราสินค้าซึ่งมีราคาค่อนข้างแพงกว่าไข่ไก่ทั่วไปตามท้องตลาด

ประกอบกับวิถีชีวิตของชาวจังหวัดฉะเชิงเทรามีความเป็นอยู่แบบเรียบง่าย และผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อไข่ โดยพิจารณาเพียงเปลือกไข่สะอาด ไม่มีรอยแตกร้าว และมีขนาดที่เหมาะสมกับความต้องการเท่านั้น ทั้งนี้ส่วนใหญ่ไม่ได้พิจารณาไข่ไก่ที่มีตราสินค้า ซึ่งถือว่าเป็นสินค้าคุณภาพ (Table 4)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ด้านปริมาณที่ซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมี 5 ปัจจัย ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคา ซึ่งสามารถพยากรณ์ปริมาณในการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค (R^2) ได้ร้อยละ 15 โดยระดับการศึกษา มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นบวก ส่วน เพศ อายุ สถานภาพสมรส และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคา มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นลบ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ อธิบายได้ว่า เมื่อปัจจัย เพศ อายุ สถานภาพสมรส และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคา เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ปริมาณที่ซื้อของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ลดลงร้อยละ 5.14, 0.16, 3.05 และ 1.33 เนื่องจาก สังคมไทยมีการกำหนดบทบาททางสังคมเรื่องเพศที่แตกต่างกัน โดยผู้ชายต้องเป็นผู้นำครอบครัวเป็นช้างเท้าหน้า ส่วนผู้หญิงต้องเป็นแม่บ้านแม่เรือนคอยดูแลปฏิบัติสามีเป็นช้างเท้าหลัง ซึ่งการเป็นแม่บ้านแม่เรือนจึงทำให้ผู้หญิงมีอัตราการซื้อไข่ไก่มากกว่าผู้ชาย มีโอกาสซื้อไข่ไก่บ่อยกว่าและมีปริมาณในการซื้อแต่ละครั้งมากกว่าผู้ชาย เพศที่ต่างกันจึงทำให้ปริมาณที่ซื้อของผู้บริโภคลดลง ปัจจัยอายุส่งผลให้ปริมาณที่ซื้อของผู้บริโภคลดลง เนื่องจาก อายุมีผลต่อความเชื่อมั่นในการบริโภคไข่ไก่ของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคที่มีอายุมากมักกังวลเรื่องคอเลสเตอรอลในไข่ไก่มากกว่าผู้ที่มีอายุน้อย จึงซื้อไข่ไก่ในปริมาณน้อย ปัจจัยสถานภาพสมรสส่งผลให้ปริมาณที่ซื้อของผู้บริโภคลดลง เนื่องจาก คนที่มีสถานภาพสมรสมักอยู่กันเป็นครอบครัว โดยสมาชิกในครอบครัวบางคนอาจไม่ชอบรับประทานไข่ไก่ ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคา ส่งผลให้ปริมาณที่ซื้อของผู้บริโภคลดลง เนื่องจาก ราคาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกซื้อไข่ไก่ที่มีคุณภาพและราคาถูก เมื่อผู้บริโภคคิดว่าไข่ไก่มีราคาสูงขึ้น ผู้บริโภคจะเลือกลดปริมาณไข่ไก่ที่ซื้อในแต่ละครั้งลง (Table 4)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ด้านค่าใช้จ่ายในการซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ และด้านราคา ซึ่งสามารถพยากรณ์ค่าใช้จ่ายในการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค (R^2) ได้ร้อยละ 18 โดยปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นบวก ส่วน เพศ อายุ สถานภาพสมรส และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคา มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นลบ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ อธิบายได้ว่า เมื่อปัจจัย เพศ อายุ สถานภาพสมรส และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคา เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการซื้อของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ลดลงร้อยละ 20.94, 1.02, 12.35 และ 11.24 เนื่องจาก เพศเป็นตัวกำหนดความรู้สึกนึกคิด ความชอบ ความสนใจ รวมถึงพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค ประกอบกับผู้หญิงมีบทบาทในการซื้อไข่ไก่เป็นประจำจนเกิดความเคยชินจึงใช้เวลาในการตัดสินใจซื้อไข่ไก่น้อยกว่าผู้ชาย เพศที่ต่างกันจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการซื้อของผู้บริโภคลดลง ปัจจัยอายุส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการซื้อของผู้บริโภคลดลง เนื่องจาก ผู้ที่มีอายุมากนิยมบริโภคไข่ไก่น้อยกว่าผู้ที่มีอายุน้อย ประกอบกับผู้ที่มีอายุมากจะตัดสินใจซื้อไข่ไก่อย่างรอบครอบ โดยจะมีเหตุผลประกอบการตัดสินใจมากกว่าผู้ที่มีอายุน้อย ปัจจัยสถานภาพสมรสส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการซื้อของผู้บริโภคลดลง เนื่องจาก คนที่แต่งงานมีครอบครัว มักมีภาระค่าใช้จ่ายหลายอย่างภายในครอบครัว ส่งผลให้บางครอบครัวจำเป็นต้องใช้จ่ายอย่างประหยัด ปัจจัยด้านราคาเป็นปัจจัยสำคัญระดับต้นๆที่จูงใจผู้บริโภคให้ซื้อไข่ไก่ ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อไข่ไก่ที่มีราคาคุ้มค่ากับปริมาณ และไม่แพงเกินกำลังซื้อของตน ซึ่งถ้าผู้ประกอบการตั้งราคาแพงเกินกำลังซื้อของผู้บริโภค ผู้บริโภคก็จะซื้อไข่ไก่น้อยลงหรือหันไปซื้อสินค้าอย่างอื่นทดแทน จึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการซื้อของผู้บริโภคลดลง (Table 4)

Table 4 Multiple regression analysis (n=400).

Variables	B	Std.error	Beta	t	P-value
Frequency of purchase					
Career	1.175	0.353	0.168	3.330	0.001**
Product	-0.800	0.339	-0.149	-2.359	0.019**
Place	1.133	0.259	0.276	4.380	0.000**
R= 0.33, R ² = 0.12 ,F = 4.964, Sig.F = 0.000					
Quantity of purchase					
Sex	-5.143	1.003	-0.248	-5.127	0.000**
Age	-0.166	0.043	-0.209	-3.834	0.000**
Status	-3.053	1.204	-0.146	-2.535	0.012**
Education	3.754	1.111	0.169	3.379	0.001**
Price	-1.333	0.630	-0.103	-2.116	0.035*
R= 0.38, R ² = 0.15, F = 6.762, Sig.F = 0.000					
Cost of purchase					
Sex	-20.945	4.286	-0.232	-4.889	0.000**
Age	-1.024	0.185	-0.296	-5.527	0.000**
Status	-12.357	5.009	-0.136	-2.467	0.014**
Product	12.037	4.101	0.159	2.935	0.004**
Price	-11.249	3.089	-0.199	-3.642	0.014**
R= 0.42, R ² = 0.18, F = 8.656, Sig.F = 0.000					

Note : ** $P \leq 0.01$, * $P \leq 0.05$

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการวิจัยปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค ในด้านความถี่ในการซื้อ ปริมาณที่ซื้อ และค่าใช้จ่ายที่ซื้อ มี 8 ปัจจัย ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านสถานที่จัดจำหน่าย

จากผลการศึกษาพบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก ผู้หญิงมักมีความเป็นแม่บ้านแม่เรือนมากกว่าผู้ชาย รวมทั้งผู้หญิงเป็นเพศที่มีจิตใจอ่อนไหวถูกจูงใจได้ง่าย และผลการวิจัยยังพบว่าเพศหญิงมีพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่มากกว่าเพศชาย สอดคล้องกับ ชุตินันท์ (2550) พบว่า ผู้หญิงมีพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ในเขตกรุงเทพมหานครมากกว่าผู้ชาย โดยในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนรู้และมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของไข่ไก่ต่อสุขภาพ จะเป็นการปลูกกระแสรักสุขภาพให้กับประชาชนโดยเฉพาะผู้ชาย เนื่องจากไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่ร่างกายดูดซึมได้ง่ายและมีราคาถูก จึงเหมาะสำหรับผู้ชายที่ต้องการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ โดยใช้สื่อบุคคลซึ่งเป็นที่ยอมรับชมชอบของสังคมมาเป็นต้นแบบให้เกิดการจูงใจในการบริโภคไข่ไก่ เพื่อกระตุ้นอัตราการซื้อไข่ไก่

ของประชาชนรวมถึงผู้ขายให้สูงขึ้น

ปัจจัยด้านอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก บุคคลที่มีอายุแตกต่างกันย่อมส่งผลให้มีพฤติกรรมการซื้อ การขึ้นชอบในตัวสินค้าและบริการแตกต่างกัน ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคที่ซื้อไข่ไก่ส่วนมากเป็นกลุ่มวัยกลางคน ในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคนั้น จำเป็นต้องเน้นหนักในกลุ่มคนที่มีอายุน้อย โดยเฉพาะกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียน นักศึกษา ในสถานศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนตามโรงเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เนื่องจากเด็กช่วงวัยนี้เป็นวัยเจริญเติบโตต้องการสารอาหารมากกว่าช่วงวัยอื่น จึงจำเป็นต้องสร้างค่านิยมการบริโภคไข่ไก่ให้กับบุคคลกลุ่มนี้ โดยให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับไข่ไก่ ตลอดจนสร้างผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่จะจูงใจให้มีการบริโภค เช่น ทำเป็นขนมที่มีส่วนผสมจากไข่ไก่ ไข่ทรงเครื่อง เค้ก ไข่ เต้าหู้ไข่ ฯลฯ เพื่อให้เด็กเกิดความสนใจและหันมาบริโภคไข่ไก่เพิ่มมากขึ้น และยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้ปกครอง

ปัจจัยด้านสถานภาพสมรสมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก สถานภาพสมรสมีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการของบุคคล ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มผู้บริโภคที่ซื้อไข่ไก่อมากที่สุดเป็นกลุ่มคนที่สมรสแล้ว สอดคล้องกับ วราพร (2550) พบว่า ผู้บริโภคที่มีสถานภาพแตกต่างกันส่งผลให้พฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ในเขตอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี แตกต่างกัน ในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเจาะกลุ่มเป้าหมายที่เป็นวัยรุ่น ซึ่งเป็นกลุ่มคนโสดขนาดใหญ่ ประกอบกับวัยรุ่นจะตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการง่าย และรวดเร็วกว่าช่วงวัยอื่น ถ้าสินค้าและบริการนั้นตรงกับความต้องการ โดยปลูกกระแสไข่ไก่กับความสวยงาม เพราะในไข่ไก่มีสารซีลีเนียมซึ่งเป็นแร่ธาตุสำคัญที่ทำหน้าที่ลดการถูกทำลายของเซลล์จากอนุมูลอิสระ ประกอบกับไข่ขาวของไข่ไก่อังมีสรรพคุณในการให้ความชุ่มชื้นกับผิวพรรณ ขจัดสิวเสี้ยนบนใบหน้า ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของวัยรุ่นให้เพิ่มขึ้น

ปัจจัยด้านการศึกษามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก บุคคลที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกันย่อมมีความรู้สึกรู้คิด ความเชื่อ ความชอบ อุดมการณ์ ทัศนคติ ค่านิยม และความต้องการซื้อต่างกัน โดยเฉพาะผู้ที่มีการศึกษาน้อย มักจะตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการได้ง่ายกว่าผู้ที่มีการศึกษาสูง ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคที่ซื้อไข่ไก่อมีระดับการศึกษาน้อยกว่าปริญญาตรีมากที่สุด ในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำเป็นต้องสนับสนุนงบประมาณให้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาเกี่ยวกับคุณสมบัติของไข่ไก่และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งทำการเผยแพร่เพื่อเป็นข้อมูลให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่ยังไม่แน่ใจถึงผลของการบริโภคไข่ไก่ ตลอดจนควรมีข้อมูลผลงานวิจัยที่ชัดเจนถึงคุณค่าทางอาหารของไข่ไก่เผยแพร่ผ่านสื่อต่างๆ เช่น โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ เว็บไซต์ แผ่นพับ ฯลฯ เพื่อเป็นการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของกลุ่มคนที่มีระดับการศึกษาสูง

ปัจจัยด้านอาชีพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก บุคคลที่ประกอบอาชีพต่างกันย่อมมองโลก มีแนวความคิด มีอุดมการณ์ มีค่านิยมต่อสิ่งต่างๆ แตกต่างกัน ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคที่ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัวมีพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่อมากที่สุด ในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ ต้องเน้นทำการตลาดไข่ไก่และผลิตภัณฑ์จากไข่ไก่ในกลุ่มข้าราชการและพนักงานบริษัทเอกชน ซึ่งเป็นกลุ่มอาชีพที่มีอำนาจซื้อสูงและมีความมั่นคงของรายได้มากกว่ากลุ่มอาชีพอื่น โดยที่ผู้ประกอบการหรือผู้เกี่ยวข้องต้องพัฒนาคุณภาพไข่ไก่ให้ได้มาตรฐาน เพราะคนในกลุ่มดังกล่าวจะให้ความสำคัญกับคุณภาพของไข่ไก่อมากกว่าราคา และยินดีที่จะจ่ายเงินเพื่อซื้อไข่ไก่ที่มีคุณภาพ

ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่เสนอขายเพื่อตอบสนองความจำเป็นหรือความต้องการของผู้บริโภคให้เกิดความพึงพอใจ ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ในระดับมาก ใน

การกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อขาย ผู้ประกอบการต้องตรวจสอบคุณภาพของไข่ไก่ก่อนจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ได้แก่ ความสดใหม่ ความสะอาด ขนาด รูปร่าง ความสมบูรณ์ของเปลือกไข่ และสีของไข่ไก่ รวมถึงบรรจุภัณฑ์ที่ดึงดูดสายตาผู้บริโภค และสะดวกต่อการเลือกซื้อ ตลอดจนมีการพัฒนามาตรฐาน มีตรารับรองความปลอดภัยจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ โดยมีการระบุแหล่งผลิตที่ชัดเจน นอกจากนี้จะมีความสำคัญในการสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคแล้ว ยังเป็นการยกระดับราคาของไข่ไก่ได้อีกทางหนึ่ง

ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านราคามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก ราคาคือปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจซื้อ ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านราคาในระดับมาก ในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องกำหนดราคาไข่ไก่ให้เป็นไปตามกลไกตลาด รัฐต้องไม่แทรกแซงกลไกตลาดมากเกินไป จะเป็นการแก้ไขปัญหาคือผู้ประกอบการกำหนดราคาเกินจริงเอาเปรียบผู้บริโภค ส่วนผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญต่อการตั้งราคาไข่ไก่ไม่ให้แพงจนเกินไป ให้สอดคล้องกับปริมาณและคุณภาพของไข่ไก่ และจัดโปรโมชั่นลดราคาในช่วงเทศกาลสำคัญต่างๆ

ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสถานที่จัดจำหน่ายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค เนื่องจาก สถานที่จัดจำหน่ายเป็นสถานที่ติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนสินค้าและบริการระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย จนเกิดความพึงพอใจทั้งกับผู้ซื้อและผู้ขาย ประกอบกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านสถานที่จัดจำหน่ายในระดับมาก ในการกระตุ้นพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค ภาครัฐและภาคเอกชนต้องกระจายสินค้าไข่ไก่ผ่านการรับรองมาตรฐานให้ทั่วถึงทุกภูมิภาคของประเทศ เพื่อให้ผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศเข้าถึงไข่ไก่ที่มีคุณภาพ โดยเพิ่มจำนวนจุดจำหน่ายให้มากขึ้น โดยเฉพาะแหล่งชุมชนในเขตเมือง เพราะคนในเมืองเป็นกลุ่มคนที่มีความรู้สูงกว่คนในชนบท รวมถึงขยายไปสู่แหล่งจำหน่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องที่ผู้บริโภคนิยมซื้อ เช่น ถนนคนเดินตามจังหวัดต่างๆ และตามสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญต่างๆ ของประเทศ

ข้อเสนอแนะ

เพื่อส่งเสริมให้คนไทยหันมาบริโภคไข่ไก่เพิ่มขึ้น ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการให้ความรู้ ความเข้าใจถึงวิธีการบริโภคไข่ไก่ที่ถูกต้อง ประโยชน์ที่จะได้รับ วิธีการเลือกซื้อไข่ไก่ที่มีคุณภาพ ตลอดจนวิธีการเก็บรักษาไข่ไก่เพื่อให้คงคุณค่าของสารอาหารได้นานยิ่งขึ้น โดยเพิ่มช่องทางการโฆษณาประชาสัมพันธ์ถึงผลดีของการบริโภคไข่ไก่ คุณประโยชน์ของไข่ไก่แก่ผู้บริโภคทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ่านสื่อโทรทัศน์ในรายการอาหารซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในสังคม และเนื่องจากผู้ซื้อไข่ไก่ส่วนมากมีสถานภาพสมรสแล้ว ดังนั้นภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีความสนใจกลุ่มเป้าหมายที่เป็นเยาวชนมากขึ้น เพราะเยาวชนต้องการสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยอาจสอดแทรกให้เยาวชนเห็นถึงความน่าสนใจและคุณประโยชน์ของไข่ไก่ เช่น สอดแทรกในสื่อการเรียนการสอน โฆษณาทางสื่อโทรทัศน์ อินเทอร์เน็ตหรือทางหนังสือพิมพ์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมการซื้อไข่ไก่ของผู้ปกครอง รวมถึงผู้ประกอบการและผู้ค้ารายย่อยควรให้ความสำคัญต่อการตั้งราคาสินค้าไม่แพงจนเกินไป ให้สอดคล้องกับปริมาณและคุณภาพของสินค้า และมีป้ายราคาสินค้าชัดเจนเพื่อความสะดวกต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

ไทยรัฐ. 2557. กระตุ้นคนไทยกินไข่ไก่ 300 ฟองต่อคนต่อปี สกัดไข่ล้นตลาดราคาดก. [online]. Available: [http:// www.thairath.co.th/content/441808](http://www.thairath.co.th/content/441808). [20/02/2558].

ชุดินันท์ กาญจนอภิรักษ์. 2550. ปัจจัยสำคัญในการซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วราพร พิทักษ์วงศ์ธนส. 2550 . พฤติกรรมและความคิดเห็นที่มีต่อส่วนประสมทางการตลาดของผู้ซื้อไข่ไก่ใน อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า ผู้ส่งออกไข่ไก่แห่งประเทศไทย. 2556. อัตราการบริโภคไข่ไก่ต่อคนต่อปี ปี 2556. [online]. Available : <http://www.egg-thailand.com/Default.aspx?pageid=1>. [13/02/2558].
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2557. [online]. Available: [http:// www.oae.go.th/main.php?filename=index](http://www.oae.go.th/main.php?filename=index). [13/02/2558].
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ไข่ไก่ – ไข่ไก่. [online]. Available : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13577. [13/02/2558].
- สำนักบริหารทะเบียน. 2557. จำนวนประชากร จังหวัดฉะเชิงเทรา พ.ศ. 2557. [online]. Available : http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age_disp.php [14/02/2558].
- Cronbach, L. 1990. Essentials of Psychological Testing. New York: Harper & Row.
- Yamane, T. 1973. Statistics : An Introductory Analysis. New York : Harper and Row.

มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี

Aboveground Biomass and Nutrient Content of Various Acacia Hybrid Clones Planted on Degraded Soil at Kanchanaburi Province

ฤกษ์พงษ์ โคตรมา¹ รุ่งเรือง พูลศิริ¹ มะลิวัลย์ หุทัยนาสน์²

บทคัดย่อ

มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในแปลงปลูกไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 4 ปี ที่มีระยะปลูก 3x3 เมตร จำนวน 4 บล็อก บล็อกละ 6 สายต้น ในแต่ละสายต้นปลูกจำนวน 24 ต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดิน และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน (DBH) มีมากที่สุดสายต้น 3 และการเติบโตทางความสูงมากที่สุดในสายต้น 18 ส่วนอัตราการรอดตายมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยสายต้น 1 อัตราการรอดตายสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 87.50 และสายต้น 3 มีอัตราการรอดตายต่ำสุด คือ ร้อยละ 41.67 ขณะที่มวลชีวภาพเหนือดิน สายต้น 3 มีค่ามากที่สุด (25.14 ตันต่อเฮกแตร์) รองลงมาคือ สายต้น 18, 5, 19, 14 และ 1 มีค่าน้อยที่สุด (18.57 ตันต่อเฮกแตร์) นอกจากนี้ความเข้มข้นและการสะสมธาตุอาหารของแต่ละสายต้นส่วนใหญ่ พบว่า $Ca > N > K > P > Mg$ ยกเว้น สายต้น 1 และ 14 ที่พบว่า $N > Ca > K > P > Mg$ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนใบมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ ขณะที่การสะสมของ P, K และ Ca ในส่วนลำต้นมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ กิ่ง และใบ ตามลำดับ ส่วนการสะสมของ N และ Mg ในส่วนใบมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ลำต้น และกิ่ง ตามลำดับ

คำสำคัญ : มวลชีวภาพเหนือดิน ปริมาณธาตุอาหาร ไม้อะเคเซียลูกผสม ดินเสื่อมโทรม กาญจนบุรี

Abstract

Aboveground biomass and nutrient content of acacia hybrid clones planted in Don Salab-Lao Khwan plantations, Lao Khwan district, Kanchanaburi province. The experimental design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) in 4 years old acacia hybrid clones. The spacing of tree planting was 3x3 m with 4 blocks. Each block consisted of 6 clones, i.e., 1, 3, 5, 14, 18 and 19. Each clone planted 24 trees. The results showed that the growth of diameter at ground level and DBH were most growth of height in clone 3 and total height was highest in clone 18. The survival rates are likely similar by the highest survival rate was 87.50 percent in clone 1 and the lowest of clone 3 has equal to percentage of 41.67 while the aboveground biomass clone 3 has the most (25.14 t ha⁻¹), followed by clone 18, 5, 19, 14 and 1 with the least (18.57 t ha⁻¹). In addition, the most nutrient concentration and accumulation in individual clones were $Ca > N > K > P > Mg$ except clone 1 and 14 were $N > Ca > K > P > Mg$. However, the nutrient concentrations

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

in the leaves were the most, followed by branches and stem, respectively. P, K and Ca accumulation of the stem were the most, followed by branches and leaves, respectively. While, N and Mg accumulation of the leaves were the most, followed by stem and branches, respectively.

Keywords: aboveground biomass, nutrient content, acacia hybrid clones, degraded soil, Kanchanaburi

คำนำ

ปัจจุบันพื้นที่เสื่อมโทรม หรือพื้นที่ที่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ ในประเทศไทยมีเนื้อที่รวมกันถึง 224.90 ล้านไร่ จาก 320.70 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 70.13 ของพื้นที่ทั่วประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) ซึ่ง กรมพัฒนาที่ดิน (2540) ได้ให้นิยามพื้นที่เสื่อมโทรมไว้ว่า พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน จนทำให้พื้นที่นั้นมีคุณภาพลดลงจนไม่สามารถใช้เพื่อการเกษตรได้อย่างถาวรและให้ผลผลิตคงที่ตลอดไป จึงส่งผลให้ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตระหนักถึงปัญหาในการใช้ประโยชน์พื้นที่เหล่านี้ และหันมาให้ความสนใจปลูกพืชที่มีศักยภาพสูงเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน พันธุ์พืชให้พื้นที่นั้นกลับมามีคุณค่าอีกครั้ง ทั้งนี้การปลูกไม้โตเร็วต่างถิ่นวงศ์ถั่ว เช่น ไม้สกุลอะเคเซีย ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้พื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านั้นกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งหนึ่ง

ไม้สกุลอะเคเซีย เป็นไม้เอนกประสงค์โตเร็วชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิวกินี สามารถปรับตัวได้กับทุกสภาพท้องที่ (Chittachumnonk and Sirilak, 1991) ได้มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยมากกว่า 50 ปีมาแล้ว ซึ่งกรมป่าไม้มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อพัฒนาให้เป็นไม้เศรษฐกิจและเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมมาตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา สายต้นไม้อะเคเซียลูกผสมที่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์แล้ว จะมีการพัฒนาทั้งทางด้านการเติบโตและรูปทรงลำต้นดีขึ้นกว่าสายต้นทั่วไป (วิฑูรย์ และคณะ, 2543) ไม้สกุลนี้จัดอยู่ในกลุ่มพืชวงศ์ถั่ว ซึ่งถือเป็นพืชปรับปรุงดินอันเนื่องมาจากการที่มีแบคทีเรีย (ไรโซเบียม) อาศัยอยู่ในรากที่สร้างปมขึ้นมา โดยไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชดูดซับไปใช้ได้จากก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศได้ และมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงดิน ส่วนหนึ่งก็จะได้จากซากพืชที่ร่วงหล่นจำนวนมาก เมื่อย่อยสลายก็จะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นในดิน นอกจากนี้ยังทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย (Baker, 1990)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารของไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม อันเนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกทำลายจากราษฎร เพื่อการขยายพื้นที่ทำกินจนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และเสื่อมโทรม (สำนักงานจังหวัดกาญจนบุรี, 2545) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงการเติบโตของแต่ละสายต้น และปริมาณการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่างๆ โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกสายต้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ควบคู่กันไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ตั้งอยู่ที่บ้านสีกก หมู่ 13 ตำบลทุ่งกระบี่ อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2549 โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 6,250 ไร่ มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ลาดชายเขา โดยทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นที่ราบสูง มีภูเขาบริเวณตำบลหนองนกแก้ว ตำบลทุ่งกระบี่ ตำบลหนองประดู่ และตำบลเลาขวัญตอนบนลาดลงสู่ทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก บริเวณตำบลหนองโสน และตำบลเลาขวัญตอนล่าง สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป มีสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้งในฤดูร้อน มีฝนตกพอประมาณ

ในฤดูฝน บางช่วงมีฝนตกชุกเกิดน้ำท่วม น้ำป่าไหลหลากท่วมบ้านเรือน ไร่นา หมู่บ้านต่างๆ ถนนถูกตัดขาด และมีน้ำท่วมขังเป็นบางช่วง ส่วนในฤดูแล้งมีอากาศหนาว (สำนักงานเกษตรอำเภอลำปาง, 2550) นอกจากนี้ในพื้นที่ตำบลทุ่งกระบี่มีลักษณะเป็นดินทรายแบ่งละเอียด (ชุดดินที่ 33) ดินร่วนละเอียดถึงลึกมาก (ชุดดินที่ 33, 36 และ 36gm) ดินร่วนหยาบถึงลึกมาก (ชุดดินที่ 40) ดินทรายหนา (ชุดดินที่ 44) ดินตื้นถึงชั้นหินพื้น (ชุดดินที่ 47) ดินตื้นถึงก้อนหินหรือเศษหิน (ชุดดินที่ 48) ดินตื้นถึงชั้นมาร์ลหรือก้อนปูน (ชุดดินที่ 52) ดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้น เศษหิน ก้อนหินหรือลูกรัง (ชุดดินที่ 55 และ 56) ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นด่าง การระบายน้ำค่อนข้างเร็วถึงดีปานกลาง และส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในแปลงปลูกไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 4 ปี เริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2550 และเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี (99 องศา 37 ลิปดาตะวันออก และ 14 องศา 36 ลิปดาเหนือ) โดยมีระยะปลูก 3x3 เมตร จำนวน 4 บล็อก บล็อกละ 6 สายต้น ในแต่ละสายต้นปลูก จำนวน 24 ต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 โดยไม้อะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้นที่ทำการศึกษาคือไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินณรงค์ ยกเว้นสายต้น 3 ที่เป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา

3. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพเหนือดิน โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิตดิน (D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นไม้ทุกต้นในแปลง นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดินมาแจกแจงความถี่ 5 อันดับภาคขึ้น แล้วกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดินเฉลี่ยในแต่ละอันดับภาคขึ้น จากนั้นเลือกต้นไม้ตามขนาดที่กำหนด แล้วตัดต้นไม้ที่ระดับชิตดิน บันทึกความสูงทั้งหมดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) และทุกๆ 1 เมตรจนถึงปลายยอด จากนั้นตัดไม้ที่ระดับความสูง 0.30 เมตรขึ้นไปทุกๆ 1 เมตร ออกเป็นท่อนๆ จนถึงปลายยอด บันทึกน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ แยกเป็นรายท่อน สุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนของต้นไม้แต่ละต้น บันทึกน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่อง 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วบันทึกน้ำหนักแห้งเพื่อที่จะนำไปประมาณค่าน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ และปริมาณธาตุอาหารตลอดจนคำนวณอัตราการรอดตายจากจำนวนต้นไม้ที่เหลืออยู่เทียบกับจำนวนต้นไม้ที่เริ่มต้นปลูกในแปลงปลูกแต่ละสายต้นต่อไป

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์มวลชีวภาพ โดยคำนวณหาร้อยละความชื้น จากนั้นเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้ง แล้วสร้างสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ตาม Satoo and Senda (1958) คือ

$$Y = aX^h$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log a + h \log X$$

เมื่อ Y = มวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้

X = parabolic volume ในรูป D และ D^2H ซึ่ง D และ H คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ และความสูงทั้งหมดของต้นไม้

a, h = ค่าคงที่

เมื่อได้ผลการแล้วนำผลการที่ได้มาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของแต่ละสายต้นที่ทำการศึกษาก่อนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร นำตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ที่ผ่านการอบจนมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปบด โดยเครื่องบดละเอียด และวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) โดยใช้วิธี dry combustion (Jackson, 1958) ด้วยเครื่อง CHNS Analyzer ส่วนฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ย่อยตัวอย่างโดยวิธี wet oxidation ด้วยกรด HNO_3 - HClO_4 acid mixture ในอัตราส่วน 5:2 และวิเคราะห์ปริมาณ P ด้วยวิธี vanadomolybdate yellow color ด้วยเครื่อง spectrometer วิเคราะห์ปริมาณ K, Ca และ Mg โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่สะสมในแต่ละสายต้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพ และปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของไม้อะเคเชียลูกผสมแต่ละสายต้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเติบโต

จากการศึกษาการเติบโตของไม้สกุลอะเคเชียทั้งหมด 6 สายต้นที่ปลูกภายในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ พบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดินสายต้น 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 18, 19, 5, 14 และ 1 มีค่าน้อยที่สุด ส่วนการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน สายต้น 3 มีการเติบโตดีที่สุดเช่นเดียวกัน รองลงมาเป็นสายต้น 18, 14, 5, 1 และ 19 ตามลำดับ ขณะที่การเติบโตทางความสูงสายต้น 18 มีมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 3, 1, 14 และ 19 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดินแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ส่วนการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน และความสูงทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Growth of 6 acacia hybrid clones.

Clones	D ₀ (cm)	DBH (cm)	Height (m)	Survival rate (%)
1	10.45 ^b	8.13	9.63	87.50 ^a
3	16.25 ^a	9.67	9.65	41.67 ^b
5	11.21 ^b	8.80	10.17	75.00 ^a
14	10.83 ^b	8.85	9.03	75.00 ^a
18	12.16 ^b	9.22	10.23	83.33 ^a
19	11.66 ^b	7.95	8.85	87.00 ^a
F-value	5.73 ^{**}	1.35 ^{ns}	1.51 ^{ns}	6.78 ^{**}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$

^{**} = highly significant difference ($p \leq 0.01$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

ส่วนอัตราการรอดตายของไม้สกุลอะเคเซียทั้งหมด 6 สายต้น พบว่า สายต้น 1 มีอัตราการรอดตายสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 87.50 ขณะที่สายต้น 3 มีอัตราการรอดตายต่ำสุด เพียงร้อยละ 41.67 ทั้งนี้เนื่องจากสายต้น 3 เป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพาที่มีลักษณะชอบความชื้น (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน, 2553) แต่ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2550-2554 มีค่าระหว่าง 1,067.00-1,329.20 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558) และในปีที่ทำการศึกษา (พ.ศ. 2554) มีปริมาณน้ำฝนเพียง 792.20 มิลลิเมตร (สำนักงานเกษตรอำเภอเลาขวัญ, ม.ป.ป.) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าสภาพพื้นที่ทำการศึกษานี้ อาจจะมีสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมกับสายต้น 3 จึงทำให้มีอัตราการรอดตายต่ำสุด และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายแต่ละสายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 1)

นอกจากนี้ มะลิวัลย์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษการเติบโตของไม้โตเร็ว 4 ชนิด ได้แก่ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ที่ระยะปลูก 1×1 เมตร ในแปลงทดลองอำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว และอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า แปลงกระถินเทพณรงค์ จังหวัดสระแก้วโตดีที่สุด รองลงมาคือ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ โดยมีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน เท่ากับ 7.40, 7.40 และ 5.80 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 12.90, 11.90 และ 9.60 เมตร ตามลำดับ การที่ไม่โตเร็วดังกล่าวมีการเติบโตที่ต่างกันเนื่องจากศักยภาพของชนิดไม้ในการเติบโตในดินเสื่อมโทรมที่แตกต่างกัน ในขณะที่ Kumar *et al.* (2011) พบว่า การเติบโตของกระถินณรงค์อายุ 2, 3, 4, 5 และ 6 ปี ในรัฐ Karnataka ประเทศอินเดีย มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน เท่ากับ 2.60, 3.10, 4.50, 5.20 และ 6.30 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 2.60, 4.90, 5.40, 7.50 และ 6.80 เมตร ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่าไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นได้รับการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมในการปลูกในพื้นที่แห้งแล้งและดินที่เสื่อมโทรม

2. สมการมวลชีวภาพเหนือดิน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน (DBH) ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดกับมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ได้แก่ มวลชีวภาพลำต้น (W_s) มวลชีวภาพกิ่ง (W_b) และมวลชีวภาพใบ (W_l) ของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น โดยอาศัยรูปแบบสมการ allometric relation ซึ่งได้จากการเลือกสมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุด ดังแสดงใน Table 2

ผลการศึกษาสมการที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพของไม้อะเคเซียทั้ง 6 สายต้น ส่วนใหญ่สอดคล้องกับการศึกษาของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า การนำเอาความสูงทั้งหมด (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดินยกกำลังสอง (DBH)² ในรูปของ $(DBH)^2 H$ ซึ่งทำให้สามารถประมาณหามวลชีวภาพได้อย่างถูกต้องที่สุด เนื่องจาก $(DBH)^2 H$ เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรไม้ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนัก ยกเว้น มวลชีวภาพใบสายต้น 3 ที่ต้องใช้ความสูงทั้งหมด (H) เป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดินยกกำลังสอง (D_0)² ในรูปของ $(D_0)^2 H$ เนื่องจากทำให้สมการดังกล่าวมีความสัมพันธ์มากที่สุด

Table 2 Allometric equations of 6 acacia hybrid clones.

Clones	Equation	R ²
1	$W_s = 0.0511DBH^2H^{0.8405}$	0.9820
	$W_b = 0.0004DBH^2H^{1.4583}$	0.9044
	$W_l = 0.0043DBH^2H^{0.9869}$	0.8891
3	$W_s = 0.0761DBH^2H^{0.7815}$	0.9358
	$W_b = 0.0413DBH^2H^{0.8039}$	0.8166
	$W_l = 0.0051D_g^2H^{0.9654}$	0.7515
5	$W_s = 0.0240DBH^2H^{0.9692}$	0.9525
	$W_b = 0.1881DBH^2H^{0.5049}$	0.9884
	$W_l = 0.0683DBH^2H^{0.6077}$	0.8731
14	$W_s = 0.0282DBH^2H^{0.9495}$	0.9908
	$W_b = 0.0006DBH^2H^{1.3556}$	0.9589
	$W_l = 0.0020DBH^2H^{1.1216}$	0.9664
18	$W_s = 0.0658DBH^2H^{0.8277}$	0.9870
	$W_b = 0.0001DBH^2H^{1.5642}$	0.9011
	$W_l = 0.0039DBH^2H^{0.9952}$	0.9055
19	$W_s = 0.0248DBH^2H^{0.9510}$	0.9864
	$W_b = 0.0107DBH^2H^{0.9124}$	0.8468
	$W_l = 0.0429DBH^2H^{0.6654}$	0.9749

Remarks: W_s = stem biomass (kg), W_b = branch biomass (kg), W_l = leaf biomass (kg), DBH = diameter at breast height (cm), H = total height (m), R² = coefficient of determination

3. มวลชีวภาพเหนือดิน

ผลการศึกษามวลชีวภาพเหนือดินของไม้สกุลอะเคเชียทั้ง 6 สายต้น พบว่า สายต้น 18 มีปริมาณมวลชีวภาพลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 19, 14, 1 และ 3 มีค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ ในขณะที่มวลชีวภาพกิ่งและใบ สายต้น 3 มีปริมาณมากที่สุด และน้อยที่สุดในสายต้น 19 และสายต้น 1 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพรวมของสายต้น 3 และ 18 มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด เท่ากับ 25.14 และ 25.02 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือ สายต้น 5, 19, 14 และ 1 มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 20.62, 20.34, 19.19 และ 18.57 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพเหนือดินระหว่างสายต้น พบว่า ไม่แตกต่างทางสถิติ ยกเว้น มวลชีวภาพใบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า แตกต่างจากการศึกษาของ จิรนิติ (2558) ที่พบว่า มวลชีวภาพเหนือดินของไม้อะเคเชียลูกผสม สายต้น 1 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 14, 5, 3, 19 และ 18 มีค่าเท่ากับ 76.22, 56.61, 50.30, 41.90, 35.36 และ 18.88 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีค่ามากกว่ามวลชีวภาพของไม้อะเคเชียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากในพื้นที่จังหวัดสระแก้วมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่าในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2550-2554 มีค่าระหว่าง 1,158.60-1,911.60 มิลลิเมตร

ตามลำดับ (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558)

Table 3 Aboveground biomass ($t\ ha^{-1}$) of 6 acacia hybrid clones.

clones	Stem	Branch	Leaf	Total
1	11.56	4.49	2.52 ^b	18.57
3	10.82	6.85	7.47 ^a	25.14
5	12.97	4.44	3.21 ^b	20.62
14	12.13	4.33	2.73 ^b	19.19
18	17.47	4.29	3.26 ^b	25.02
19	12.62	4.24	3.48 ^b	20.34
F-value	0.80 ^{ns}	0.64 ^{ns}	2.93 [*]	0.38 ^{ns}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$

^{*} = significant difference ($p \leq 0.05$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

4. ปริมาณธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 6 สายต้น มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ความเข้มข้นของ Ca มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ N, K, P และ Mg ตามลำดับ ยกเว้น สายต้น 1 และ 14 ในส่วนของใบที่มีความเข้มข้นของ N มากที่สุด รองลงมาคือ Ca, K, P และ Mg ตามลำดับ นอกจากนี้ความเข้มข้นของ P ในส่วนของลำต้น Ca ในส่วนของกิ่ง และ P, Mg ในส่วนของใบ แต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ขณะที่ความเข้มข้นของ Mg ในส่วนของกิ่ง แต่ละสายต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวในข้างต้น ทั้งในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ของทั้ง 6 สายต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อพิจารณาแต่ละส่วนของไม้อะเคเซียทุกสายต้นทั้ง 6 สายต้น พบว่า ไม่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Curlin (1970) กล่าวว่า ร้อยละความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช ไม้มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง ลำต้น และราก ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ Ca ในกิ่งส่วนใหญ่มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ใบ และลำต้น ตามลำดับ (Table 4)

จากการศึกษาของ Atipanumpai (1989) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบกระถินเทพา อายุ 30 เดือน จากหลาย ๆ ถิ่นกำเนิด อยู่ในช่วงร้อยละ 1.99-2.74 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบอยู่ในช่วงร้อยละ 2.33-3.04 โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ปริมาณ N ในใบของกระถินณรงค์ ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำปางลำพูน จังหวัดกาญจนบุรี มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.99-2.32 (ปริชาติ, 2541)

ปริมาณการสะสมของธาตุอาหารแต่ละสายต้นในส่วนของลำต้น และกิ่ง มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ ปริมาณการสะสม Ca มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ N, K, P และ Mg ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนของใบมีปริมาณการสะสม Ca มีค่ามากที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ N, K, Mg และ P ตามลำดับ ยกเว้น สายต้น 1 และ 14 ที่มีปริมาณการสะสมของ N มากที่สุด รองลงมาคือ Ca, K, P และ Mg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสม N, P, K และ Mg ในส่วนของใบ ทั้ง 6 สายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้น ปริมาณการสะสม Ca ในแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) อย่างไรก็ตามปริมาณการสะสมธาตุอาหารอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวในข้างต้น ทั้งในส่วนของลำต้น และกิ่ง นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในส่วนของลำต้นมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นกิ่ง และใบ ตามลำดับ เว้นแต่ปริมาณ N และ Mg ที่มีการสะสมในส่วนของใบ

มากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้น และกิ่ง ตามลำดับ นอกจากนี้สายต้น 3 มีปริมาณการสะสมธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุในส่วน
ของใบ > ลำต้น > กิ่ง ตามลำดับ (Table 5)

Table 4 Nutrient concentration (% dry weight) of 6 acacia hybrid clones.

Parts	Clones	N	P	K	Ca	Mg
Stem	1	0.39	0.17 ^{ab}	0.23	1.56	0.04
	3	0.63	0.22 ^a	0.32	2.73	0.09
	5	0.44	0.17 ^{ab}	0.22	2.34	0.06
	14	0.42	0.21 ^a	0.23	1.60	0.05
	18	0.37	0.09 ^c	0.22	2.25	0.07
	19	0.39	0.12 ^{bc}	0.27	2.32	0.07
F-value		1.56 ^{ns}	5.15 ^{**}	1.60 ^{ns}	0.83 ^{ns}	1.51 ^{ns}
Branch	1	1.02	0.21	0.46	3.44 ^b	0.07 ^c
	3	1.26	0.22	0.46	3.38 ^b	0.17 ^a
	5	1.08	0.24	0.44	5.41 ^b	0.11 ^{abc}
	14	1.11	0.26	0.53	4.19 ^b	0.10 ^{bc}
	18	0.98	0.16	0.46	5.44 ^b	0.13 ^{abc}
	19	0.84	0.16	0.49	7.71 ^a	0.14 ^{ab}
F-value		0.65 ^{ns}	2.28 ^{ns}	0.37 ^{ns}	5.28 ^{**}	2.70 [*]
Leaf	1	3.04	0.29 ^a	0.69	2.10	0.20 ^c
	3	2.33	0.22 ^a	0.61	5.21	0.22 ^c
	5	2.75	0.25 ^a	0.55	4.95	0.26 ^{abc}
	14	2.77	0.25 ^a	0.66	2.25	0.23 ^{bc}
	18	2.74	0.23 ^a	0.57	3.88	0.29 ^{ab}
	19	2.67	0.15 ^b	0.63	3.71	0.31 ^a
F-value		1.09 ^{ns}	4.81 ^{**}	0.85 ^{ns}	0.62 ^{ns}	4.21 ^{**}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05^{**}$ = highly significant difference ($p \leq 0.01$), * = significant difference ($p \leq 0.05$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

Table 5 Nutrient contents (kg/ha) of 6 acacia hybrid clones.

Parts	Clones	N	P	K	Ca	Mg
Stem	1	45.10	20.81	25.44	180.41	4.62
	3	71.22	26.00	36.18	308.65	10.17
	5	57.09	23.35	28.55	303.62	7.78
	14	50.96	25.48	27.90	194.15	6.06
	18	64.65	17.47	36.69	393.12	10.48
	19	49.21	15.14	34.07	292.78	8.83
	F-value	0.57 ^{ns}	0.79 ^{ns}	0.48 ^{ns}	1.57 ^{ns}	1.50 ^{ns}
Branch	1	45.84	8.99	20.67	154.60	3.15
	3	55.07	14.30	26.46	226.00	8.58
	5	47.94	10.65	19.53	240.15	4.88
	14	48.04	11.25	23.37	181.35	4.32
	18	42.04	6.86	19.73	233.82	6.00
	19	35.66	6.79	20.80	327.31	6.36
	F-value	0.34 ^{ns}	1.21 ^{ns}	0.25 ^{ns}	1.26 ^{ns}	1.43 ^{ns}
Leaf	1	76.82 ^b	7.33 ^b	17.43 ^b	53.07 ^b	5.05 ^b
	3	216.90 ^a	18.39 ^a	54.41 ^a	416.93 ^a	21.46 ^a
	5	88.26 ^b	8.02 ^b	17.65 ^b	158.88 ^b	8.34 ^b
	14	75.75 ^b	7.11 ^b	18.05 ^b	61.53 ^b	6.29 ^b
	18	89.79 ^b	7.83 ^b	18.61 ^b	126.68 ^b	9.79 ^b
	19	92.99 ^b	5.22 ^b	21.94 ^b	129.21 ^b	11.14 ^b
	F-value	2.93 [*]	3.01 [*]	3.48 [*]	4.90 ^{**}	3.47 [*]

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$

** = highly significant difference ($p \leq 0.01$), * = significant difference ($p \leq 0.05$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จากผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกไม้อะเคเซียลูกผสม สายต้นที่เหมาะสมที่ควรปลูกในพื้นที่อำเภอดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรีได้ ซึ่งสายต้น 18 เหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความสูงและมีมวลชีวภาพส่วนลำต้นมากที่สุด นอกจากนี้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วดิน และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน ยังมีค่ามากที่สุด รองจากสายต้น 3 แต่สายต้น 3 มีอัตราการตายและมีมวลชีวภาพส่วนลำต้นน้อยที่สุด จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาปลูกในพื้นที่ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนอะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้น พบว่า ธาตุอาหารไนโตรเจน และกิ้ง นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ธาตุอาหารไนโบ สายต้น 18 ถือว่าอยู่ในกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาจากสายต้น 3 จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงสามารถแนะนำได้ว่าสายต้น 18 มีความเหมาะสมมากที่สุด ที่จะปลูกในพื้นที่ดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำกรวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. การคุ้มครองพื้นที่เกษตรกรรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2558. สถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2545-2557. สำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ตำบลทุ่งกระบี่ อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี. แหล่งที่มา: http://oss101.idd.go.th/web_thaisoilinf/central/Kanchanaburi/kbr_map/kbr_map62/7110/711006_home.html#, 8 มิถุนายน 2558.
- จิรนิติ เชิงสะอาด. 2558. การเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารของสายต้นอะเคเชียลูกผสมในจังหวัดสระแก้ว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรัก จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. พิมพ์ครั้งที่ 7. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.
- ปรีชาดี โรจนเมธากุล. 2541. ความผันแปรของการเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนในใบ และ Stomatal Conductance ของไม้กระถินณรงค์จากต่างถิ่นกำเนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มะลิวัลย์ หุตยธนาสันต์ เกษม หุตยธนาสันต์ เอกพงษ์ ธนะวดี ศักดา พรหมเลิศ และ เอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 579-586.
- วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง สุรัชย์ ปราณศิลป์ พรศักดิ์ มีแก้ว และ คงศักดิ์ ภิญญญาฤกษ์. 2543. ลักษณะสายพันธุ์ที่สองของการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. วารสารวิชาการป่าไม้ 2(1): 1-15.
- สวนปลูกป่าภาคเอกชน. 2553. กระถินเทพา. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 16 น.
- สำนักงานเกษตรอำเภอเลาขวัญ. 2550. บรรยายสรุปอำเภอ. แหล่งที่มา: <http://laokhwan.kanchanaburi.doae.go.th/pages/banyay.html>, 7 ตุลาคม 2557.
- _____. ม.ป.ป. ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปี 2553-2556. แหล่งที่มา: <http://laokhwan.kanchanaburi.doae.go.th/pdf%2057/fonray%2056.pdf>, 12 สิงหาคม 2558.
- สำนักงานจังหวัดกาญจนบุรี. 2545. บรรยายสรุปอำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี. จังหวัดกาญจนบุรี.
- Atipanumpai, L. 1989. *Acacia mangium*: Studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species. Acta Forestalia Fennica 206: 1-92.
- Baker, D.D. 1990. Actinomyorrhizal plants: trees and shrubs for forestry and agroforestry, pp. 328-334. In J. Burley, ed. Proceedings of the XIX World Congress of IUFRO, Division 2. August 5-11, 1990. Montreal.
- Chittachumnonk, P. and S. Sirilak. 1991. Performance of Acacia species in Thailand, pp. 153-158. In J.W. Turnbull, ed. Advances in Tropical Acacia Research. Proceedings of an International workshop held in Bangkok, Thailand. 11-15 February 1991. ACIAR Proceedings No. 35. 234p.
- Curlin, J.W. 1970. Nutrient as a factor in site productivity and forest fertilization, pp. 313-326. In C.T. Youngberg, and C.B. Davey, eds. Tree Growth and Forest Soils. Proc. of the Third North Amer. For. Soil Conference. Oregon State University Press, Oregon.
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 521p.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in difference forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. J. Ecol. 17: 70-87.
- Kumar, R., K.K. Pandey, N. Chandrashekar and S. Mohan. 2011. Study of age and height wise variability on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus Hybrid*, *Acacia auriculiformis* and *Casuarina equisetifolia*. Biomass and Bioenergy 35: 1339-1344.
- Satoo, T. and M. Senda. 1958. Materials for the studies of growth in stand. IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *Chameacyparis obtusa*. Bull. Tokyo Univ. For. 54: 7-100.

**ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในเขต
กรุงเทพมหานคร : กรณีศึกษาร้าน Yamazaki**

**Marketing Mix Factors Influencing Decision on Buying Bakery Products in Bangkok: A
Case Study of Yamazaki.**

ศรัญญา วิจิตรบุญชูวงศ์¹ ธำรงค์ เมฆโหรา² และ ปัญญา หมั่นเก็บ²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค และเพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อระดับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 67.00 มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21-30 ปี ร้อยละ 43.75 จบการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 60.80 อาชีพพนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 36.00 รายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 20,000 บาทร้อยละ 58.00 และ ส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครอบครัว 3-4 คน ร้อยละ 47.25 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ 1) ด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์และรสชาติ 2) ด้านราคาเบเกอรี่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับร้านอื่น 3) ด้านทำเลที่ตั้งของร้านจำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึง 4) ด้านการบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว 5) ด้านการส่งเสริมการขายพนักงานมีมนุษยสัมพันธ์ ที่ดี พุดจาไพเราะ

คำสำคัญ : เบเกอรี่ ปัจจัยด้านการตลาด

Abstract

The research objectives were to study consumer characteristics and to study the marketing mix factors that influenced the decision to buy products from Yamazaki Bakery shops in Bangkok. This research used questionnaire for data collection, 400 samples were analyzed with descriptive statistics including frequency, percentage, mean and standard deviation. Moreover multiple regression analysis was applied for statistical influence.

The results showed that most respondents were female (67.00%), aged between 21-30 years (43.75%), graduated bachelor's degree (60.80%), company employees (36.80%), monthly income less than 20,000 baht (58.00%) and household 3-4 person (47.25%). The significant marketing mix factors influencing decision making level on buying Yamazaki bakery products included 1) quality product and taste, 2) cheaper price than competitors, 3) comfortable location to buy, 4) customer service and 5) staff performance.

Keywords: bakery, marketing mix factors

¹สาขาการจัดการธุรกิจเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร คณะการบริหารและจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

คำนำ

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ถือว่าเป็นหนึ่งในอาหารเข้าและอาหารว่างยอดนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากคนไทยหันมายอมรับและนิยมรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มากขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ยังเป็นสินค้าของงานในโอกาสต่าง ๆ เช่น งานเลี้ยงฉลอง งานวันเกิด งานเปิดตัวสินค้า งานประชุมสัมมนา จัดเป็นกล่องสำหรับธุรกิจรถทัวร์หรืองานศพ เป็นต้น ทำให้มูลค่าตลาดของผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่ในประเทศไทยขยายตัวอย่างรวดเร็ว และมีนักลงทุนรายใหม่ทยอยเข้ามาลงทุนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีทั้งนักลงทุนไทยและนักลงทุนต่างประเทศที่เล็งเห็นช่องว่างทางการตลาดของตลาดผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในไทย ทำให้การแข่งขันในธุรกิจนี้เข้มข้น ดังนั้นบรรดาผู้ประกอบการต้องสร้างตราที่ยี่ห้อให้ลูกค้าสามารถจดจำได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ สดและใหม่ รวมทั้งต้องสร้างจุดเด่นทางการตลาดด้วย (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2549)

ธุรกิจร้านเบเกอรี่ในตลาดระดับบนมี การแข่งขันกันอย่างรุนแรง ทั้งจากตราสินค้าในประเทศ และตราสินค้าจากต่างประเทศ รวมทั้ง การขยายแฟรนไชส์และการจัดรายการส่งเสริมการขายต่าง ๆ ส่งผลให้ตลาดขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการขยายสาขาของแต่ละยี่ห้อ เนื่องจาก พฤติกรรมของผู้บริโภคนิยมรับประทานเบเกอรี่กันมากขึ้นและผู้หญิงจำนวนมากทำงานนอกบ้าน ทำให้มีเวลาน้อยลงในการหาซื้ออาหารเพื่อปรุง เป็นอาหารเข้า Euromonitor International (2011) ทำให้อัตราการขยายตัวของตลาดเบเกอรี่ระดับบนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่ารวมทั้ง การนำกลยุทธ์ การตลาดในรูปแบบที่หลากหลายมาใช้ โดยเฉพาะการเปิดร้านแฟรนไชส์ในห้างสรรพสินค้า การบริการจัดส่งถึงที่ การรับ จัดเลี้ยงนอกสถานที่การสั่งซื้อทางอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้เทคโนโลยีสารสนเทศก็เป็นช่องทางหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการเข้าถึงผู้บริโภค เช่น เว็บไซต์ สังคมออนไลน์ รวมถึงการทำกลยุทธ์การตลาดพิเศษ เช่น การรับสมัครสมาชิกเพื่อสร้าง กลุ่มลูกค้าประจำ ทั้งนี้ตลาดโดยรวมมีแนวโน้ม การเติบโตอย่างต่อเนื่องเพราะผู้บริโภคจะหันมา บริโภคเบเกอรี่เป็นอาหารหลักมากขึ้นเนื่องจาก รูปแบบในการบริโภคอาหารในปัจจุบันต้องแข่ง กับเวลา และความเร่งรีบในการทำกิจกรรมต่างๆ จึงทำให้เบเกอรี่เป็นอาหารเข้าของคนเมือง (สมสมร, 2550)

เบเกอรี่ เป็นขนมอบที่ชาวตะวันตกส่วนใหญ่รับประทานเป็นอาหารหลักโดยเฉพาะขนมปังนอกจากนี้ยังรู้จักกันในลักษณะขนม เช่น เค้ก คุกกี้ ขนมปัง พาย เฟสตรี้ เป็นต้น การติดต่อสื่อสารกับชาวต่างประเทศ และการไปศึกษาในต่างแดนของลูกหลานชาวไทยในสมัยก่อน เป็นช่องทางสำคัญในการนำเบเกอรี่เข้ามาเผยแพร่ในเมืองไทย ซึ่งคนไทยในรุ่นต่อ ๆ มาต่างก็ให้การต้อนรับเบเกอรี่เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นรับประทานเป็นอาหารหลัก อาหารว่าง หรือใช้เป็นของฝากของขวัญในโอกาสต่าง ๆ (โครงการผลิตหนังสือองค์ความรู้ SMEs : คัมภีร์ 108 ธุรกิจ, 2548)

ในปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปมีบทบาทต่อคนไทยมากขึ้น เนื่องจากสามารถตอบสนองกับวิถีชีวิตในปัจจุบันที่ต้องเร่งรีบแข่งกับเวลา และในช่วงที่ผู้บริโภคต้องประหยัดนั้น ความนิยมอาหารกึ่งสำเร็จรูปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่โดดเด่นของอาหารกึ่งสำเร็จรูปคือ ราคาจำหน่ายอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเทียบกับอาหารประเภทอื่น ๆ ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมอาหารมากนัก มีความสะดวกรวดเร็ว และมีให้เลือกหลากหลายรสชาติ รวมทั้งยังเป็นอาหารที่เก็บไว้ได้นานอีกด้วย ภาพรวมธุรกิจอาหารกึ่งสำเร็จรูปปัจจุบันมีอัตราการขยายตัวอยู่ในเกณฑ์ดีอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีการแข่งขันกันสูงมาก โดยเฉพาะการแข่งขันในด้านบรรจุภัณฑ์รสชาติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถตอบสนองพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปได้มากขึ้น เช่น เมื่อผู้บริโภคหันมาสนใจเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยมากยิ่งขึ้น บรรดาผู้ประกอบการก็คิดค้นอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ไม่มีส่วนผสมของผงชูรส การหันมาใช้วัตถุดิบเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะโฮลวีท เป็นต้น (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2548)

บริษัท ไทยยามาซากิ จำกัด มีบริษัทแม่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น เป็นบริษัทที่ผลิตสินค้าประเภทเบเกอรี่ และขนมอบสไตล์ญี่ปุ่น ได้ก่อตั้งขึ้นในประเทศไทยเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม ค.ศ. 1984 และมีคุณ อชิโร ไชโต้ เป็นกรรมการผู้จัดการใหญ่ของบริษัท ออฟฟิศของบริษัท ไทยยามาซากิ จำกัด ตั้งอยู่ที่ 1126/2 อาคารวานิช 2 ชั้น 15 ห้อง 1503-1504 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงมักกะสัน เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 และมีสาขาในเครือ ดังนี้ร้าน Yamazaki 48 สาขา, ร้าน Sunroyal 3 สาขา, ร้าน Saint Etoile 19 สาขา, ร้าน Sunmulin 1 สาขา, ร้าน Yamazaki Express

4 สาขา, ร้าน Chez Recamier 4 สาขา และ ร้าน Yamazaki Boulanchurechol 2 สาขา

บริษัท ได้ดำเนินการผลิตสินค้าเบเกอรี่ ประเภทต่าง ๆ เช่น เค้ก ขนมปัง คุกกี้ และ ขนมสไลด์ญี่ปุ่น เป็นต้น ทั้งนี้ บริษัท ยังให้ความสำคัญในการขยายสาขาใหม่อย่างต่อเนื่องพร้อมกับการขยายสาขาของผู้พัฒนาโครงการศูนย์การค้าต่าง ๆ อาทิ เช่น กลุ่มเซ็นทรัล และบริษัทได้มีการปรับตัว เช่นเดียวกับในประเทศญี่ปุ่น และตั้งต้นแบบการบริหารจัดการร้านทุกแบรนด์ในเครือให้ถูกสุขลักษณะอนามัย ทั้งนี้บริษัท ยังได้มีการปรับเปลี่ยนชั้นวางจำหน่ายสินค้าเบเกอรี่รูปแบบใหม่ให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น และถือเป็นรายแรกในธุรกิจเบเกอรี่ในประเทศไทย ที่นำการตกแต่งร้านที่ถูกสุขอนามัยมาใช้

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ของยามาซากิ ในประเทศญี่ปุ่น ถือเป็นแบรนด์อันดับหนึ่ง ซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย บริษัท ยามาซากิ จำกัด ยังมีเครือข่ายไปยังประเทศต่าง ๆ อาทิเช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ ฮองกง ไต้หวัน และในประเทศไทย

บริษัทไทยยามาซากิ เป็นธุรกิจเบเกอรี่ ระดับพรีเมียมที่กำลังขยายตัวและได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ปัจจุบันธุรกิจเบเกอรี่เริ่มเป็นที่รู้จักและยอมรับมากขึ้นในสังคมไทย ผู้บริโภคนิยมรับประทานในช่วงเวลาที่เร่งรีบและนิยมซื้อกลับไปเป็นของฝาก ปัจจุบัน บริษัทไทยยามาซากิมีการขยายกิจการเพิ่มมากขึ้น แต่ผลประกอบการยังไม่เป็นที่น่าพอใจมากนัก เพราะในแต่ละพื้นที่นั้นจะมียอดขายที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน และในปัจจุบันธุรกิจเบเกอรี่เริ่มมีคู่แข่งเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกมากขึ้น ทั้งนี้ทางบริษัทไทยยามาซากิ ได้ดำเนินกิจการมาเป็นเวลาเกือบ 30 ปีได้มีความประสงค์ที่จะพัฒนาให้เหมาะสมกับยุคสมัยในปัจจุบัน

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ Yamazaki ในประเทศไทยเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมการซื้อและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพื่อ ประโยชน์ในการปรับกลยุทธ์ทางการตลาดให้สอดคล้องต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยนำปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมาประกอบในการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากไม่ทราบจำนวนที่แน่นอนของประชากร ผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์กรณีที่ทราบขนาดของประชากร (Infinite Population) ในการกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มตัวอย่างที่มีค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 คำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Cochran (กัลยา. 2549 : 74) ดังนี้

$$\text{สูตร } n = \frac{P(1-P)Z^2}{E^2}$$

เมื่อ	n	แทน ขนาดตัวอย่าง
	p	แทน สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยกำลังสุ่ม 0.50
	Z	แทน ระดับความเชื่อมั่นที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ Z มีค่าเท่ากับ 1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 (ระดับ 0.05)
	E	แทน ค่าความผิดพลาดสูงสุดที่เกิดขึ้น = 0.05

ขนาดของตัวอย่างที่คำนวณได้ คือ 384.16 ตัวอย่าง เพื่อลดความคลาดเคลื่อน ของข้อมูลผู้วิจัยจึงใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (questionnaire) ที่สร้างขึ้นจากการรวบรวมแนวคิดทางทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสร้างเป็นคำถามในแบบสอบถามพฤติกรรมผู้บริโภคเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกซื้อเบเกอรี่ของผู้บริโภคเบเกอรี่ร้าน Yamazaki ในเขตกรุงเทพมหานคร ทดสอบความเที่ยง (reliability) ของเครื่องมือโดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัค (Cronbachs' alpha coefficient) จากการทดสอบกับกลุ่มผู้ซื้อที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คนได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.948 การศึกษาครั้งนี้แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ นำมาแจกแจงหาค่าความถี่ หาค่าร้อยละ นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบกราฟวงกลม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในเขตกรุงเทพมหานคร นำมาแจกแจงหาค่าความถี่ หาค่าร้อยละ นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบกราฟวงกลม

ส่วนที่ 3 ปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญ ของการตัดสินใจของผู้ซื้อจากค่าคะแนนเฉลี่ย

การกำหนดค่าคะแนนลำดับความสำคัญของผู้ซื้อนำมามีค่าเฉลี่ยของความสำคัญของการตัดสินใจ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (สมสมร อ่างถึงพวงรัตน์. 2543) ดังนี้

ความสำคัญของการตัดสินใจมากที่สุด	มีค่า	5 คะแนน
ความสำคัญของการตัดสินใจมาก	มีค่า	4 คะแนน
ความสำคัญของการตัดสินใจปานกลาง	มีค่า	3 คะแนน
ความสำคัญของการตัดสินใจน้อย	มีค่า	2 คะแนน
ความสำคัญของการตัดสินใจน้อยที่สุด	มีค่า	1 คะแนน

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยใช้หลักเกณฑ์แต่ละช่วงคะแนนเท่ากัน (class interval) คือ

$$\text{ความกว้างของแต่ละอันดับภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนอันดับภาคชั้น}}$$

หลังจากนั้นสามารถกำหนดระดับความคิดเห็นในแต่ละช่วงดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.00 - 1.80	หมายถึง ระดับความสำคัญของการตัดสินใจที่น้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.81 - 2.60	หมายถึง ระดับความสำคัญของการตัดสินใจที่น้อย
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	2.61 - 3.40	หมายถึง ระดับความสำคัญของการตัดสินใจที่ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	3.41 - 4.20	หมายถึง ระดับความสำคัญของการตัดสินใจที่มาก
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	4.21 - 5.00	หมายถึง ระดับความสำคัญของการตัดสินใจที่มากที่สุด

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์

ผลการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 67.00 เป็นเพศหญิง ส่วนที่เหลือเป็นเพศชาย โดยจำนวนมากที่สุดร้อยละ 43.75 มีอายุระหว่าง 21-30 ปี รองลงมาร้อยละ 22.75 มีอายุระหว่าง 31-41 ปี จำนวนมากที่สุดร้อยละ 47.25 มีจำนวนสมาชิกในครอบครัว 3-4 คน รองลงมาคือ มากกว่า 5 คน ร้อยละ 34.25 ส่วนใหญ่ร้อยละ 60.80 ระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี รองลงมาร้อยละ 17.80 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือ ปวส. อาชีพของผู้บริโภค

จำนวนมากที่สุดร้อยละ 36.80 เป็นพนักงานบริษัท รองลงมาร้อยละ 28.80 เป็นนักเรียนนักศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้บริโภคส่วนมากร้อยละ 58.00 อยู่ในระดับ น้อยกว่า 20,000 บาท รองลงมาร้อยละ 18.00 มีรายได้ 20,001-25,000 บาท (Table 1)

Table 1 General data of sample groups.

	Personal data	Amount	Percentage
Gender	Male	132	33.00
	Female	286	67.00
Age	Less than 20 years old	83	20.75
	21-30 years old	175	43.75
	31-40 years old	91	22.75
	41-50 years old	39	9.75
	51-60 years old	9	2.25
	More than 60 years old	3	0.75
Household member	1-2 persons	74	18.50
	3-4 persons	189	47.25
	More than 5 persons	137	34.25
Education	Primary school	9	2.20
	Junior high school	37	9.20
	Diploma	71	17.80
	Bachelor's degree	243	60.80
	Post-graduate degree	40	10.00
Occupation	Public servant	40	10.00
	Employee	147	36.80
	Student	115	28.80
	Housewife	5	1.20
	Private business	41	10.20
	Labor	26	6.50
	Seller	13	3.20
	Other	13	3.20

Table 1 (continued)

	Personal data	Amount	Percentage
Monthly income	Less than 20,000 Bahts	232	58.00
	20,001-25,000 Bahts	72	18.00
	25,001-30,000 Bahts	37	9.20
	30,001-35,000 Bahts	17	4.2
	More than 35,000 Bahts	42	10.50

2. ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ Yamazaki

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้านส่วนประสมทางการตลาด ที่มีความสัมพันธ์กันเป็นการวิเคราะห์โดยหาความสัมพันธ์ โดยวิธี สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (pearson product moment coefficient of correlation) พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ ปัจจัยด้านราคาเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า (P_8) กับปัจจัยด้านราคาเหมาะสมกับปริมาณ (P_9) ($r = 0.808$) ปัจจัยด้านมีการมอบส่วนลดให้กับลูกค้า (P_{15}) กับปัจจัยด้านมีการจัดโปรโมชั่น สะสมแต้มปีแลกของรางวัล (P_{16}) ($r = 0.703$) ปัจจัยด้านพนักงานแต่งกายสะอาดเรียบร้อย (P_{17}) กับ ปัจจัยด้านพนักงาน มีมนุษยสัมพันธ์ ที่ดี พูดจาไพเราะ (P_{19}) ($r = 0.717$) ปัจจัยด้านพนักงานขายสามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับสินค้า (P_{18}) กับปัจจัยด้านพนักงาน มีมนุษยสัมพันธ์ ที่ดี พูดจาไพเราะ (P_{19}) ($r = 0.714$) ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่จะนำมาใช้อธิบายการตัดสินใจซื้อที่มีความสัมพันธ์กันภายใน ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาในการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ผู้วิจัยจึงนำเพียงตัวแปร 1 ตัวแปร จาก 2 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันภายในสูงไปทำการวิเคราะห์ต่อ (Table 2)

ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่ได้คัดเลือกเข้าสมการ คือ คุณภาพผลิตภัณฑ์และรสชาติ (P_1) เบเกอรี่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับร้านอื่น (P_{10}) ทำเลที่ตั้งของร้านจำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึง (P_{12}) การบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว (P_{13}) และพนักงานมีมนุษยสัมพันธ์ ที่ดี พูดจาไพเราะ (P_{19}) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple R) เท่ากับ .654 ค่าประสิทธิภาพในการทำนาย (R square) เท่ากับ .428 หมายถึง คุณภาพผลิตภัณฑ์และรสชาติ (P_1) เบเกอรี่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับร้านอื่น (P_{10}) ทำเลที่ตั้งของร้านจำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึง (P_{12}) การบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว (P_{13}) และพนักงาน มีมนุษยสัมพันธ์ ที่ดี พูดจาไพเราะ (P_{19}) สามารถทำนายปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki ในเขตกรุงเทพมหานคร ในภาพรวมได้ร้อยละ 42.80 ค่าประสิทธิภาพในการทำนายที่ปรับแล้ว (adjusted R square) เท่ากับ .402 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย (standard error) เท่ากับ .511

ตั้งของร้านจำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึง (P_{12}) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.095 และ 0.086 ตามลำดับซึ่งหมายความว่า เบเกอรี่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับร้านอื่น (P_{10}) และทำเลที่ตั้งของร้านจำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึง (P_{12}) เป็นปัจจัยที่กำหนดระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับ ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ การบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว (P_{13}) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.117 ซึ่งหมายความว่า การบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว (P_{13}) เป็นปัจจัยที่กำหนดระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1)

หากไม่พิจารณาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1) จะพบว่า ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1) มีค่าอยู่ที่ระดับ 0.536 หน่วย

ส่วนตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1) มี 12 ตัวแปร ได้แก่ มีผลิตภัณฑ์ให้เลือกหลากหลายประเภท (P_2), ตรายี่ห้อเป็นที่ยอมรับ (P_3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆออกสู่ตลาด (P_4), ชื่อเสียงของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับ (P_5), ผลิตภัณฑ์มีความสดใหม่อยู่เสมอ (P_6), รูปแบบผลิตภัณฑ์และหีบห่อสวยงาม (P_7), ราคาเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า (P_8), มีการลดราคาเบเกอรี่ในบางโอกาส (P_{11}), การจัดวางผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นระเบียบสวยงาม (P_{14}), มีการจัดโปรโมชั่นสะสมแต้มปีแลกของรางวัล (P_{16}), พนักงานขายสามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับสินค้า (P_{18}) และ มีการแนะนำสินค้าใหม่โดยการให้ทดลองชิมฟรี (P_{20}) ไม่ได้เป็นปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้าน Yamazaki (MR_1) (Table 3)

Table 3 Enter multiple regression analysis result of factors affecting on the export revenue.

Variable	B	Std.Error	Beta	t	Sig.
(Constant)	0.563	0.238		2.366	0.018
1. Quality product and taste. (P_1)	0.147	0.051	0.145	2.862	0.004**
2. Variety of product. (P_2)	0.005	0.045	0.005	0.109	0.913
3. The brand is recognized. (P_3)	0.087	0.047	0.100	1.873	0.062
4. Develop new product to market. (P_4)	0.075	0.049	0.082	1.526	0.128
5. Reputation of the product is acceptable. (P_5)	0.054	0.046	0.061	1.171	0.243
6. Product is fresh. (P_6)	-0.003	0.054	-0.003	-0.050	0.960
7. Nice packaging. (P_7)	0.067	0.039	0.086	1.728	0.085
8. Appropriate price for product quality. (P_8)	0.050	0.046	0.055	1.074	0.284
10. Cheaper price for product quantity. (P_{10})	0.095	0.046	0.115	2.060	0.040*
11. Discount of bakery product on sometime. (P_{11})	-0.230	0.039	-0.032	-0.584	0.559
12. The location is convenient. (P_{12})	0.086	0.042	0.105	2.033	0.043*

Table 3 (continued)

Variable	B	Std.Error	Beta	t	Sig.
13.Customer service is speedy. (P_{13})	-0.117	0.049	-0.146	-2.385	0.018*
14.Modern shop decoration. (P_{14})	0.095	0.050	0.110	1.893	0.059
16.Promotion collection stamp sale (P_{16})	-0.013	0.039	-0.017	-0.320	0.749
18.Ability of sales person to provide product information. (P_{18})	0.021	0.047	0.026	0.439	0.661
19.Staff performance. (P_{19})	0.180	0.050	0.228	3.599	0.000**
20.Introduction of new product by test sample. (P_{20})	0.036	0.036	0.050	0.995	0.321

Note : ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$

Multiple R = 0.654

F = 16.799

Multiple R^2 = 0.428

Sig. F = 0.000

Adjusted R^2 = 0.402

SE_{est} = 0.511

วิจารณ์ผล

การศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ในเขตกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษาร้าน Yamazaki สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ข้อมูลด้านปัจจัยทางการตลาด พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการร้าน Yamazaki ให้ความสำคัญต่อด้านส่วนประสมทางการตลาดโดยรวมทั้ง 4 ด้าน โดยมีผลการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งเรียงลำดับได้ ดังนี้ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านราคา และปัจจัยด้านการส่งเสริมการขายตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมสมร ตันเสวีสกุล (บทคัดย่อ: 2550) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ตลาดระดับบนที่มีร้านจำหน่ายภายในห้างสรรพสินค้า ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าลูกค้าจะให้ความสำคัญในด้านผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นอันดับแรกในเรื่องของคุณภาพและรสชาติของสินค้า เรื่องสถานที่ที่ง่ายและสะดวกต่อการซื้อกลับบ้านและซื้อไปรับประทานในช่วงเวลาที่เร่งรีบ ราคาต้องเหมาะสมต่อคุณภาพสินค้า และด้านการส่งเสริมการขายพนักงานมีมนุษยสัมพันธ์ ที่ดี สามารถให้ข้อมูลกับลูกค้าได้

อภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดกับระดับการตัดสินใจซื้อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ Yamazaki ที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่

คุณภาพผลิตภัณฑ์และรสชาติ (P_1) มีเครื่องหมายในทิศทางบวก เมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และรสชาติของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อัตราการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณภาพและรสชาติของสินค้าเป็นสิ่งที่ลูกค้าคำนึงถึงเป็นสิ่งแรกในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

เบเกอรี่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับร้านอื่น (P_{10}) มีเครื่องหมายในทิศทางบวก เมื่อราคาของผลิตภัณฑ์มีราคาถูกกว่าร้านอื่น จะส่งผลให้อัตราการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากราคาสินค้าเป็นสิ่งที่ช่วยกระตุ้นให้ลูกค้าตัดสินใจในการซื้อสินค้าได้มากขึ้น

ทำเลที่ตั้งของร้านจำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึง (P_{12}) มีเครื่องหมายในทิศทางบวก เมื่อทำเลที่ตั้งของร้าน

จำหน่ายสะดวกกับการเข้าถึงจะส่งผลให้อัตราการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นเนื่องจากทำเลที่ตั้งร้านค้าสะดวกสบายต่อการเข้าถึง เช่น มีที่จอดรถ ห้างร้านง่าย

การบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว (P_{13}) มีเครื่องหมายในทิศทางลบ เมื่อการบริการลูกค้ามีความรวดเร็วเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อัตราการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากการบริการที่รวดเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นได้รับความเสียหาย และไม่น่ารับประทานดังนั้นการบริการที่รวดเร็วจนเกินไปไม่มีความประณีตประณีตจะทำให้ลูกค้ามีอัตราการตัดสินใจซื้อที่ลดลง

พนักงาน มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี พุดจาไพเราะ (P_{19}) มีเครื่องหมายในทิศทางบวก เมื่อพนักงาน มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี พุดจาไพเราะกับลูกค้าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อัตราการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจาก พนักงานเป็นผู้ที่คอยแนะนำและให้บริการลูกค้า เมื่อพนักงานมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีต่อลูกค้า จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจและกลับมาใช้บริการในครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัย เรื่อง ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ในเขตกรุงเทพมหานคร : กรณีศึกษา ร้าน Yamazaki มีข้อเสนอแนะเพื่อธุรกิจสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ทางการตลาด ดังนี้

1. ด้านผลิตภัณฑ์ ธุรกิจต้องคำนึงถึงรสชาติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นหลัก รวมถึงมีความหลากหลายทางด้านผลิตภัณฑ์ และความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์
2. ด้านราคา การกำหนดราคาขายต้องเหมาะสมกับคุณภาพและปริมาณสินค้า การกำหนดราคาและสนับสนุนภาพลักษณ์ของตราสินค้า
3. ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ตำแหน่งที่ตั้งของร้าน ต้องสะดวกต่อการเข้าถึง หาซื้อได้ง่าย และเป็นที่สังเกตเห็นชัด รวมไปถึงการบริการควรให้ลูกค้ามีเวลาในการเลือกซื้อสินค้าไม่เร่งรีบลูกค้า และคอยให้คำแนะนำกับลูกค้า
4. ด้านการส่งเสริมทางการตลาด ควรเพิ่มการโฆษณาและประชาสัมพันธ์ผ่านสื่ออินเทอร์เน็ต โบว์ชาร์นแจกลูกค้า ปัจจุบันที่ร้านควรนำมาใช้ในการขยายกิจการ
 1. ทำเลที่ตั้งของร้านต้องสะดวกต่อการเข้าถึง และสามารถมองเห็นได้ง่าย สถานที่ตั้งร้านต้องอยู่ในตำแหน่งที่ผู้อยู่ในวัยทำงานสามารถเข้าถึงได้สะดวก
 2. เพิ่มรายการสินค้าให้มีความหลากหลาย และรักษาคุณภาพของสินค้า
 3. ราคามีราคาเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ไม่มีราคาสูงจนเกินไป
 4. การประชาสัมพันธ์ และการโฆษณาควรมีบ้าง อย่างเช่นการโฆษณาผ่านทาง อินเทอร์เน็ต และผ่านสื่อต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชปัญญา. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.
- โครงการผลิตหนังสือองค์ความรู้ SMEs : คัมภีร์ 108 ธุรกิจ. 2548. ธุรกิจเบเกอรี่. พิมพ์ครั้งที่ 1 : สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2548. "อาหารกำลังเฟื่องฟู : แนวโน้มขยายตัว ... สอดรับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เข้มแข็ง."
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2549. "ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ปี 50 : เติบโตต่อเนื่อง...มูลค่า 7,200 ล้านบาท."
- สมสมร ต้นเสรีสกุล. 2550. "ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ตลาดระดับบนที่มีร้านจำหน่ายภายในห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กลยุทธ์การผลิตและการตลาดของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย Production and Marketing Strategies of Hen Egg Business in Thailand

จิตติมา กันตนาวัลลกุล¹ และ อัจฉรา โพธิ์ดี¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของธุรกิจไข่ไก่ และพัฒนากลยุทธ์การผลิตและการตลาดของธุรกิจไข่ไก่ โดยรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลปฐมภูมิมาจากการสัมภาษณ์เจ้าของกิจการและการจัดสนทนากลุ่ม ข้อมูลทุติยภูมิมาจากการสืบค้นสารสนเทศทางวิชาการจากแหล่งต่างๆ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจำแนกประเภทข้อมูล การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค และการกำหนดกลยุทธ์โดยเทคนิค TOWS matrix

ผลการวิจัยพบว่า จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคที่สำคัญ อาทิ ที่ตั้งฟาร์มส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรเศรษฐกิจ ต้นทุนการผลิตสูง ปริมาณความต้องการบริโภคไข่ไก่ขยายตัวตามจำนวนประชากร และความผันผวนของราคาไข่ไก่ตามลำดับ และกลยุทธ์การผลิตและการตลาดที่สำคัญ อาทิ การปรับปรุงระบบการผลิตให้ได้มาตรฐาน การจัดทำระบบเตือนภัย การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่ไก่ให้ได้มาตรฐาน จัดตั้งกองทุนพัฒนาธุรกิจไข่ไก่ การปรับโครงสร้างและอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไข่ไก่และผลิตภัณฑ์ การขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ และการรณรงค์บริโภคไข่ไก่

คำสำคัญ : กลยุทธ์การผลิต กลยุทธ์การตลาด ธุรกิจไข่ไก่

Abstract

The objectives of this research were to analyze the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of egg business; and to develop production and marketing strategies for egg business. This was qualitative research. Primary and secondary data were collected. Primary data came from in-depth interviews and focus group discussions. Secondary data were from academic information from various sources. The data analysis was typological analysis, SWOT analysis, and TOWS matrix.

The results showed that SWOT analysis found that the important strength, weakness, opportunity and threat were farm location in an Agricultural Economics Zone, high cost of production, increasing of egg consumption according to population and fluctuation of egg prices, respectively. The recommended strategies for the egg business are: improvement of production following GAP standard, establishment of a warning system, research and development of egg products, establishment of a fund for developing the egg business, reengineering of the Egg Board structure and role, producer registration, and promotion of egg consumption.

Keywords: production strategies, marketing strategies, egg business

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ถนนแจ้งวัฒนะ ต.บางพูน อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

คำนำ

ไข่ไก่เป็นผลผลิตจากสัตว์ปีกที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศไทยมากกว่า 30,000 ล้านบาทต่อปี ปริมาณการผลิตไข่ไก่ของประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 10,580 ล้านฟอง ในปี 2552 เป็น 13,519 ล้านฟอง ในปี 2556 (สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า และส่งออกไข่ไก่, 2557) อย่างไรก็ตาม ร้อยละ 95-99 ของปริมาณผลผลิตไข่ไก่ทั้งหมดมีไว้เพื่อการบริโภคภายในประเทศ และผลผลิตส่วนที่เหลือเพื่อการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เหตุผลหลักของการส่งออกเพื่อการระบายผลผลิตส่วนเกินในประเทศ และเพื่อรักษาระดับราคาไข่ไก่ภายในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557ก)

จากปริมาณการผลิตไข่ไก่ที่มากเกินไปทำให้เกิดปัญหาความผันผวนของราคาไข่ไก่ในระดับต่างๆ ของตลาด ซึ่งจากรายงานของกรมการค้าภายใน (2557ก และ 2557ข) พบว่า ในช่วง 10 ปี (2547-2556) ราคาไข่ไก่ที่เกษตรกรขายได้ ราคาขายส่งไข่ไก่ และราคาขายปลีกไข่ไก่มีความเคลื่อนไหวอยู่ระหว่าง 1.70-3.03, 1.83-3.15 และ 2.17-3.44 บาทต่อฟอง ตามลำดับ นอกจากนี้ เกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในธุรกิจไข่ไก่อีกยังต้องประสบกับปัญหาอื่นๆ เช่น การแข่งขันทางการค้าภายในประเทศ นโยบายทางการค้าระหว่างประเทศ ทศนคติและความเชื่อเชิงลบต่อการบริโภคไข่ไก่ ภัยพิบัติ ภาวะโลกร้อน การอุบัติซ้ำและอุบัติใหม่ของโรคระบาด การเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิต และการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากต่างประเทศ เป็นต้น (มนิสรา, 2556 และสถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556) ซึ่งทุกปัญหาล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อธุรกิจไข่ไก่ของประเทศไทย แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาในระยะยาว คือ การพัฒนากลยุทธ์การผลิตและการตลาดของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อสร้างเสถียรภาพของราคาไข่ไก่ สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตไข่ไก่ เพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันทั้งในประเทศและต่างประเทศ และพัฒนาธุรกิจไข่ไก่ของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เจาะลึกและการจัดสนทนากลุ่ม จำนวนผู้ที่สัมภาษณ์เจาะลึกมี 4 ราย ได้แก่ ตัวแทนสมาคมที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจไข่ไก่ ตัวแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่ และผู้ประกอบการค้าไข่ไก่ ประเด็นการสัมภาษณ์เกี่ยวกับโครงสร้างธุรกิจไข่ไก่ ระบบการผลิต ระบบการตลาด และปัญหาธุรกิจไข่ไก่ ส่วนการจัดสนทนากลุ่มกับผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 10 ราย ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ นักวิชาการ ตัวแทนบริษัท และเจ้าหน้าที่จากกรมปศุสัตว์ กรมการค้าภายใน และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ประเด็นการสนทนากลุ่มเกี่ยวกับการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของธุรกิจไข่ไก่ กลยุทธ์การผลิตและการตลาดของธุรกิจไข่ไก่

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยการจำแนกประเภทข้อมูล การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคตามกรอบ SWOT analysis และการกำหนดกลยุทธ์โดยเทคนิค TOWS matrix

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT analysis) ของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย

จากข้อมูลปฐมภูมิซึ่งเก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์เจาะลึกและการจัดสนทนากลุ่ม (focus group) กับผู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทุติยภูมิซึ่งรวบรวมจากเอกสาร วารสาร บทความทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ งานวิจัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นำมาสู่การประเมินจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของธุรกิจไข่ไก่ตามกรอบ SWOT analysis ดังนี้

1.1 จุดแข็ง (S) ของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย ได้แก่

S1 ที่ตั้งฟาร์มส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรเศรษฐกิจตามนโยบายของภาครัฐ โดยในปี 2556 สิบจังหวัดที่มีการเลี้ยงไก่ไข่มากที่สุด คือ ฉะเชิงเทรา นครนายก พระนครศรีอยุธยา นครปฐม เชียงใหม่ สุพรรณบุรี ขอนแก่น

กาญจน์บุรี ปราจีนบุรี และนครสวรรค์ (กรมปศุสัตว์, 2557) สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่กำหนดให้จังหวัดดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต พัฒนาคุณภาพและคุณค่าสินค้า (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557 และกรมปศุสัตว์, 2558)

S2 การพัฒนาการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจด้านการจัดการและใช้เทคโนโลยีการผลิตทันสมัย ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไข่ไก่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศอาเซียน (คณะอนุกรรมการเตรียมความพร้อมภาคการเกษตรสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน, 2555)

S3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่ไก่เพื่อเพิ่มมูลค่า โรงงานอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปขยายตัวเพื่อรองรับผลผลิตไข่ไก่โดยแปรรูปไข่ไก่ให้มีลักษณะต่างๆ (อรทัย, 2556) ตามความต้องการของผู้บริโภค (ยุวเรศ, 2556) และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับไข่ไก่

1.2 จุดอ่อน (W) ของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย ได้แก่

W1 ต้นทุนการผลิตสูง จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557ข) พบว่า ต้นทุนการผลิตไข่ไก่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างปี 2547-2556 ต้นทุนการผลิตไข่ไก่ประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ต้นทุนดังกล่าวมักแปรเปลี่ยนตามต้นทุนผันแปร โดยเฉพาะค่าอาหารสัตว์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) เนื่องจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ปรับตัวเพิ่มขึ้นตามทิศทางของราคาพลังงานโลก

W2 ราคาไข่ไก่ที่เกษตรกรขายได้ไม่อิงตามต้นทุนการผลิต ราคาไข่ไก่ที่เกษตรกรขายได้จำแนกได้ 2 กรณี กรณีเกษตรกรรายอิสระอ้างอิงตามราคาประกาศของสหกรณ์ในท้องถิ่น และสมาคมผู้ผลิต ผู้ค้าและผู้ส่งออกไข่ไก่ ซึ่งพิจารณาตามปริมาณไข่ไก่ที่ออกสู่ตลาดและปริมาณความต้องการของผู้บริโภค เมื่อใดที่ปริมาณไข่ไก่ออกสู่ตลาดมากกว่าความต้องการของผู้บริโภค ราคาไข่ไก่อ่ยมตกต่ำลงจนบางครั้งเกษตรกรประสบภาวะขาดทุน ส่วนเกษตรกรแบบมีพันธะสัญญาจะได้รับราคาตามข้อตกลง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

W3 การรวมกลุ่มของฟาร์มไข่แบบอิสระค่อนข้างน้อย การรวมกลุ่มของเกษตรกรที่ดำเนินกิจการฟาร์มแบบอิสระในรูปสหกรณ์ค่อนข้างน้อย (สถาบันสุวรรณจากกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556) ซึ่งข้อดีของการรวมกลุ่มในรูปสหกรณ์ คือ การให้ความช่วยเหลือด้านการผลิตและการตลาดต่อเกษตรกร โดยเฉพาะช่วงไข่ไก่ล้นตลาด

W4 ฟาร์มไข่แบบอิสระลดจำนวนลง การทำฟาร์มไข่แบบอิสระมีแนวโน้มลดลงระหว่างปี 2553-2556 เนื่องจากตลาดมีการแข่งขันสูง ราคาไข่ไก่ขึ้น-ลงอย่างรวดเร็ว เกษตรกรรายใดไม่มีตลาดรองรับผลผลิตไข่ไก่ที่แน่นอนย่อมเสี่ยงต่อการขาดทุน โดยเฉพาะฟาร์มขนาดเล็กและขนาดกลางต้องแบกรับภาระต้นทุนสูง ประสบภาวะขาดทุนและเลิกกิจการหรือเข้าสู่ระบบฟาร์มที่มีพันธะสัญญาแทน (สถาบันสุวรรณจากกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556) ซึ่งภายใต้ข้อตกลงระหว่างเกษตรกรกับบริษัท ระบุให้บริษัทเป็นผู้จัดหาพันธุ์สัตว์ วัตถุดิบอาหารสัตว์ ยาและเวชภัณฑ์ให้กับเกษตรกร (สุภาพร และคณะ, 2551) ทำให้เกษตรกรขาดความเป็นอิสระในการเลือกซื้อปัจจัยการผลิต นอกจากนี้ ฟาร์มขนาดใหญ่และฟาร์มในเครือบริษัทเพิ่มปริมาณการผลิตไข่ไก่ ด้วยข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเทียบกับฟาร์มขนาดเล็ก

W5 เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถจำหน่ายไข่ไก่ให้ผู้บริโภคโดยตรง เกษตรกรรายย่อยที่ดำเนินกิจการฟาร์มแบบอิสระจำหน่ายไข่ไก่ให้กับพ่อค้าเพื่อความสะดวกในการจัดการ ขณะที่เกษตรกรที่ดำเนินกิจการฟาร์มแบบมีพันธะสัญญาต้องจำหน่ายไข่ไก่ให้กับบริษัทคู่สัญญา (สุภาพร และคณะ, 2551 และยุวเรศ, 2556) ราคาไข่ไก่ที่เกษตรกรขายให้กับพ่อค้าหรือบริษัทคู่สัญญาย่อมต่ำกว่าราคาไข่ไก่ที่ผู้บริโภคซื้อ (ราคาขายปลีกไข่ไก่) ผู้ได้รับประโยชน์จากส่วนต่างระหว่างราคาทั้งสองระดับหรือส่วนเหลือจากการตลาดก็คือ พ่อค้าหรือบริษัท นอกจากนี้ การจำหน่ายไข่ไก่ตามซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านค้าสมัยใหม่พบเฉพาะผู้ประกอบการที่ดำเนินธุรกิจครบวงจร ด้วยเงื่อนไขค่าใช้จ่ายด้านบรรจุภัณฑ์และการติดฉลาก ค่าใช้จ่ายแวกเข้าของสินค้า และการขอเครดิตชำระเงินระยะยาว (สถาบันสุวรรณจากกสิกิจ

เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556)

W6 การขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะ ฟาร์มไก่ไข่จำนวนมากมักประสบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงาน โดยเฉพาะแรงงานที่มีทักษะ เนื่องจากผู้ใช้แรงงานในฟาร์มต้องมีประสบการณ์ ชยัน อดทน และไม่มีวันหยุด ทำให้ผู้ใช้แรงงานโดยเฉพาะคนไทยไม่นิยมทำงานฟาร์ม ขณะเดียวกันบุตรหลานหรือทายาทของเกษตรกรมีแนวคิดที่จะประกอบอาชีพอื่นมากกว่าการสืบทอดกิจการ

W7 การสูญเสียและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไข่ไก่จากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย ไข่ไก่จากฟาร์มก่อนถึงมือผู้บริโภคต้องผ่านการจัดการในหลายขั้นตอนและต้องดำเนินการอย่างรวดเร็ว เพื่อลดการสูญเสีย การปนเปื้อน และรักษาคุณภาพไข่ไก่ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติมักใช้แรงงานคน และดำเนินการโดยขาดความระมัดระวัง ส่งผลต่อการสูญเสียไข่ นอกจากนี้ ไข่ไก่เป็นอาหารที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ และเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็ว จากการวิจัยของ อิศริ (2555) พบว่า ไข่ไก่จากฟาร์ม ศูนย์รวบรวมไข่ ศูนย์กระจายสินค้า และแหล่งจำหน่ายมีคุณภาพลดลงตามลำดับ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) และ อี โคไล (*E. coli*) บนเปลือกไข่และภายในฟองไข่พบตลอดเส้นทางการผลิตตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย จึงจำเป็นต้องมีการจัดการด้านความปลอดภัยและควบคุมการผลิตไข่ไก่ เพื่อให้ได้ไข่ไก่ที่มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่อผู้บริโภค

1.3 โอกาส (O) ของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย ได้แก่

O1 ปริมาณความต้องการบริโภคไข่ไก่ขยายตัวตามจำนวนประชากร การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในประเทศและประชากรโลก ย่อมส่งผลดีต่อการเพิ่มปริมาณความต้องการบริโภคไข่ไก่

O2 การจัดทำฐานข้อมูลการนำเข้าฟอส-แมพันธุ์กรรมปศุสัตว์จัดทำฐานข้อมูลปริมาณการนำเข้าฟอส-แมพันธุ์รายเดือน ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการคาดการณ์ปริมาณการเลี้ยงแม่ไก่ไข่และผลผลิตไข่ไก่ในอนาคต

O3 กำลังซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคแม้ภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว เนื่องจากไข่ไก่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ในภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว เกิดภาวะเงินฝืด อำนาจการซื้อของผู้บริโภคลดลง อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคก็ยังคงเลือกซื้อไข่ไก่เพื่อนำไปปรุงเป็นอาหารรับประทาน เนื่องจากไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารโปรตีนราคาถูกเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ และมีวิธีการปรุงให้สุกที่ไม่ยุ่งยาก

1.4 อุปสรรค (T) ของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย ได้แก่

T1 ความผันผวนของราคาไข่ไก่ ราคาไข่ไก่เคลื่อนไหวตามแนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และเหตุการณ์ผิดปกติ (นิภาพร, 2539; สรรพชุต, 2548 และสถาบันสุวรรณจากกลกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556) ความผันผวนของราคาไข่ไก่ส่งผลกระทบต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่ไม่สามารถปรับตัวได้ทัน เกษตรกรจำนวนไม่น้อยประสบกับภาวะขาดทุนสะสมจนไม่สามารถดำเนินกิจการฟาร์มและเลิกกิจการไปในที่สุด หรือจำเป็นต้องเข้าร่วมโครงการการเลี้ยงไก่แบบมีพันธะสัญญากับบริษัท (มินิส, 2556 และสถาบันสุวรรณจากกลกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, 2556)

T2 อำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ไม่ชัดเจน การเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทยต้องนำเข้าพันธุ์ไก่จากต่างประเทศ คณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์เป็นผู้กำหนดโควตาและจัดสรรให้กับบริษัทผู้นำเข้าไม่กี่ราย เข้าข่ายการผูกขาดโดยผู้นำเข้าพันธุ์ไก่ และเกิดความไม่เป็นธรรมต่อเกษตรกรรายย่อย (กิตติพัฒน์, 2553 และกฤติกร, 2555) ขณะที่ประเทศอื่นในสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย และเอเชีย พบว่า การจัดตั้งองค์การที่เกี่ยวข้องมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการด้านการผลิตและการตลาด (สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้าและส่งออกไข่ไก่, 2550)

T3 โครงสร้างคณะกรรมการที่ปรึกษาของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม องค์ประกอบของคณะกรรมการที่ปรึกษาซึ่งมาจากภาคเอกชนเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการทำหน้าที่ โดยเป็นผู้ขอโควตานำเข้าพันธุ์ไก่ เข้าข่ายการผูกขาดโดยผู้นำเข้าพันธุ์ไก่ และเกิดความไม่เป็นธรรมต่อเกษตรกรรายย่อย (กิตติพัฒน์,

2553 และกฤติกร, 2555)

T4 รัฐบาลไม่มีข้อกำหนดการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ กฎและระเบียบที่บังคับใช้ในปัจจุบันไม่มี บทบัญญัติกำหนดให้ผู้ประกอบการนำเข้าพันธุ์ไก่ไข่และเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ และรายงาน ปริมาณการเลี้ยงไก่พันธุ์และไก่ไข่แก่หน่วยงานภาครัฐ มีเพียงแต่ข้อกำหนดให้ผู้เลี้ยงไก่ไข่ต้องขออนุญาตตามกฎหมาย ว่าด้วยโรคระบาดสัตว์และกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข ซึ่งกฎหมายดังกล่าวมิได้กำหนดให้ผู้ประกอบการต้อง ดำเนินการรายงานข้อมูลไก่ไข่หลังจากที่ได้รับใบอนุญาตแล้ว ทำให้ไม่ทราบจำนวนไก่ไข่ที่เลี้ยงในประเทศอย่างแท้จริง ส่งผลให้การกำหนดราคา หรือปริมาณจำหน่ายไข่ไก่ถูกบิดเบือนจากกลุ่มผู้ประกอบการรายใหญ่หรือกลุ่มพ่อค้า คนกลาง (กิตติพัฒน์, 2553)

T5 ระบบการค้าพันธุ์ไก่ไข่ไม่ชัดเจน การนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ไก่ไข่จากต่างประเทศระหว่างปี 2549-2553 เป็นการจัดสรรโควตาโดยคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ภายใต้เงื่อนไข 8 ข้อ ซึ่งเป็นเพียงข้อตกลง ของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ จึงไม่มีบทบังคับหรือแนวทางที่ชัดเจนให้แก่เกษตรกรอย่างทั่ว ถึงและเป็นธรรม แม้วันที่ 13 กรกฎาคม 2553 คณะรัฐมนตรีมีมติให้มีการนำเข้าพันธุ์ไก่จากต่างประเทศโดยเสรี เพื่อ เปิดโอกาสให้เกษตรกรทุกรายมีสิทธิในการนำเข้าอย่างเท่าเทียมกัน เกิดการกระจายพันธุ์สัตว์อย่างทั่วถึงและเป็นธรรม โดยเกษตรกรต้องยื่นคำร้องเพื่อขออนุญาตต่อกรมปศุสัตว์เพื่อตรวจสอบสัตว์ที่นำเข้า และต้องมีเอกสารยืนยันจาก ประเทศต้นทางที่นำเข้า อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาขอมส่งผลกระทบต่อเกษตรกร เนื่องจากปริมาณและเงื่อนไขการนำ เข้าพันธุ์ไก่เป็นเพียงข้อตกลงของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ดังเช่นที่ผ่านมา (กิตติพัฒน์, 2553)

T6 พระราชบัญญัติแข่งขันทางการค้า พ.ศ. 2542 ที่ว่าด้วยการป้องกันการตกลงร่วมกันของธุรกิจมีข้อ บกพร่อง พระราชบัญญัติฉบับนี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี 2542 และได้ออกประกาศเกณฑ์ผู้มีอำนาจเหนือตลาดในปี 2550 แต่ไม่สามารถนำมาปรับใช้ในทางปฏิบัติ ทั้งที่พฤติกรรมการใช้อำนาจเหนือตลาดและการกีดกันการแข่งขันของคู่แข่ง รายอื่นในธุรกิจไข่ไก่ยังคงมีอยู่ เช่น การบังคับขายฟองลูกไก่พันธุ์พร้อมอาหารสัตว์แก่เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ อีกทั้งพฤติกรรมการตกลงร่วมกันของผู้นำเข้าพันธุ์ไก่จากต่างประเทศผ่านการจัดสรรโควตาโดยคณะกรรมการนโยบาย พัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก (1) ธุรกิจที่เข้าขายมีอำนาจเหนือตลาดต้องมีส่วนแบ่งตลาดมากกว่าร้อยละ 75 และยอดขายสินค้ามากกว่า 1,000 ล้านบาท ซึ่งไม่มีผู้นำเข้าพันธุ์ไก่รายใดมีโควตานำเข้าและมูลค่ามากกว่าที่กำหนด และ (2) พระราชบัญญัติฉบับนี้มุ่งกำกับพฤติกรรมของผู้ประกอบการเป็นหลัก โดยพฤติกรรมการใช้อำนาจเหนือตลาด มิได้อยู่ในตลาดไข่ไก่แต่เป็นตลาดลูกไก่ ซึ่งอยู่คนละตลาด (กฤติกร, 2555)

T7 อัตราการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับประเทศอื่นในภูมิภาคเดียวกัน เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศเชื่อว่าการบริโภคไข่ไก่ในปริมาณ มากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ นอกจากนี้ ฐานการบริโภคไข่ไก่อยู่ที่เด็กนักเรียนและเยาวชนในวัยศึกษา โดย ปริมาณการบริโภคผันแปรตามช่วงเปิด-ปิดภาคการศึกษา (มนิสฯ, 2556) ทำให้ไข่ไก่ล้นตลาดและราคาไข่ไก่ตกต่ำ

T8 ปัจจัยการผลิตต้องนำเข้าจากต่างประเทศและราคาแพง ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าปัจจัย การผลิตหลายชนิดจากต่างประเทศ โดยเฉพาะพันธุ์สัตว์ ภายใต้การดำเนินการของผู้ประกอบการในรูปบริษัท ซึ่งแต่ละ ปีประเทศไทยสูญเสียเงินตราจำนวนมาก (มนิสฯ, 2556) นอกจากนี้ ราคาปัจจัยการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นทุน การผลิตสูง

T9 ไข่ไก่เป็นสินค้าควบคุมตามประกาศของรัฐบาล จากมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 24 มกราคม 2554 เห็น ชอบการกำหนดไข่ไก่เป็นสินค้าควบคุมในปี 2554 ตามพระราชบัญญัติว่าด้วยราคาสินค้าและบริการ พ.ศ. 2542 (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2554) สร้างความไม่เป็นธรรมต่อเกษตรกร

T10 ภัยธรรมชาติ ภาวะโลกร้อน และโรคระบาด เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผลิตและการตลาดไข่ไก่ เนื่องจากเกิดภาวะขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์ แม้มີสุขภาพพрудโทรม และประสิทธิภาพการผลิตลดลง การขนส่งไข่

ไถ่จากฟาร์มผู้ตลาดยุ่งยาก ไช่ไถ่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน เกษตรกรต้องปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการฟาร์มและเพิ่มค่าใช้จ่ายในการดูแลสัตว์ และผู้บริโภคมีความกังวลในความปลอดภัยของไช่ไถ่

T11 ค่าจ้างแรงงานสูง จากมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2554 เห็นชอบประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 7) เป็นวันละ 300 บาท โดยมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2556 ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ต้องแบกรับต้นทุนเพิ่มขึ้น เกษตรกรหลายรายแก้ปัญหาด้วยการว่าจ้างแรงงานต่างด้าวซึ่งมีค่าแรงที่ถูกกว่า แต่ก็พบกับปัญหาการสื่อสารและกฎหมายว่าจ้างแรงงานต่างด้าว นอกจากนี้ เกษตรกรบางรายปรับเปลี่ยนระบบการผลิตโดยใช้เครื่องจักรอุปกรณ์อัตโนมัติทดแทนแรงงานคน ซึ่งต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก

T12 นโยบายการค้าระหว่างประเทศ ผู้ส่งออกของประเทศไทยส่งออกไช่ไถ่ในราคาต่ำกว่าทุน เพื่อให้สามารถแข่งขันประเทศอื่นได้ นอกจากนี้ ประเทศผู้นำเข้าไช่ไถ่หลายประเทศเพิ่มความเข้มงวดในเรื่องสุขอนามัย รวมทั้งประเทศเพื่อนบ้าน เช่น สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว วางมาตรการกีดกันทางการค้าเพื่อปกป้องอาชีพการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศ ทำให้การแข่งขันในตลาดส่งออกค่อนข้างรุนแรง จึงเป็นอุปสรรคต่อการขยายตลาดส่งออกไช่ไถ่ของประเทศไทย (มนิสฯ, 2556)

T13 ผลกระทบจากการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) ในปี 2558 ส่งผลให้อาเซียนเป็นตลาดและฐานการผลิตเดียวกัน สามารถเคลื่อนย้ายสินค้าบริการ ปัจจัยการผลิต การลงทุน และแรงงานฝีมืออย่างเสรีภายในอาเซียน รวมถึง ASEAN+3 (การรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจระหว่างอาเซียนกับสาธารณรัฐประชาชนจีน ญี่ปุ่น และ เกาหลีใต้) และ ASEAN+6 (การรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจระหว่าง ASEAN+3 กับประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และอินเดีย) ซึ่งประเทศอื่นๆ ในกลุ่ม AEC ต่างเพิ่มปริมาณการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อการบริโภคในประเทศและเพื่อการส่งออกโดยกลุ่มทุนจากประเทศอื่น เนื่องจากค่าแรงงานและต้นทุนการผลิตต่ำกว่าประเทศไทย นอกจากนี้ อาจมีการนำเข้าไช่ไถ่ราคาถูกจากประเทศอื่น เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน (ผ่านสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว) เข้ามาทุ่มตลาดในประเทศไทย ทำให้ราคาไช่ไถ่ในประเทศถูกลง (มนิสฯ, 2556)

T14 รัฐบาลไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการตรวจสอบและออกใบรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรสำหรับไช่ไถ่ การกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรสำหรับไช่ไถ่เป็นเพียงมาตรฐานทั่วไป ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 ซึ่งมีได้มีการบังคับให้ผู้ประกอบการต้องปฏิบัติตาม ในการขอรับการตรวจสอบและขอใบรับรองตามมาตรฐานทั่วไปจากผู้ประกอบการตรวจสอบมาตรฐาน ตามบทบัญญัติมาตรา 31 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 หากแต่ขึ้นอยู่กับความสมัครใจของผู้ผลิตเป็นสำคัญ จึงมิได้มีจุดมุ่งหมายในการคุ้มครองผู้บริโภคที่ควรจะเป็น ซึ่งไช่ไถ่ที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีทั้งไช่ไถ่ที่เป็นไปตามมาตรฐานทั่วไปและไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป ทำให้ผู้บริโภคไม่ทราบว่าไช่ไถ่ที่ซื้อมามีคุณภาพอย่างไร มาจากแหล่งผลิตใด (กิตติพัฒน์, 2553)

2. กลยุทธ์การผลิตและการตลาดของธุรกิจไช่ไถ่ในประเทศไทย

2.1 กลยุทธ์การผลิตของธุรกิจไช่ไถ่ในประเทศไทย ดังนี้

1) กลยุทธ์ S O ได้แก่ การปรับปรุงระบบการผลิตให้ได้มาตรฐานและกรมปศุสัตว์ให้การสนับสนุน (S1 S2 O1) โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ควรปรับปรุงฟาร์มให้ได้มาตรฐานภายใต้การสนับสนุนของกรมปศุสัตว์ เช่น ลดขั้นตอนและระยะเวลาดำเนินการขึ้นทะเบียนมาตรฐานฟาร์ม บวกราคาไช่ไถ่ที่เกษตรกรขายได้ร้อยละ 5 ต่อฟอง และจัดลำดับกลุ่มผู้ควรได้รับความช่วยเหลือเมื่อเกิดวิกฤต

2) กลยุทธ์ W O ได้แก่ การจัดทาระบบเตือนภัยให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ (W2 W4 O2) เนื่องจากกรมปศุสัตว์จัดทำฐานข้อมูลปริมาณการนำเข้าฟอส-แมทรีนรายเดือน ฐานข้อมูลดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อการแจ้งเตือนเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ช่วยให้เกษตรกรคาดการณ์ปริมาณการเลี้ยงไก่ไข่และผลผลิตไช่ไถ่ เพิ่มความระมัดระวังในการวางแผนการผลิต และปรับตัวได้ทันต่อสถานการณ์

3) กลยุทธ์ S T ได้แก่ การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่ไก่ให้ได้มาตรฐาน (S3 T12 T13) โดยโรงงานแปรรูปควรพัฒนากระบวนการให้ได้มาตรฐาน และสถาบันการศึกษาทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่ไก่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ไข่ไก่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะตลาดต่างประเทศ อีกทั้งป้องกันปัญหาการลักลอบนำเข้าไข่ไก่จากประเทศเพื่อนบ้านเข้าสู่ประเทศไทย

4) กลยุทธ์ WT ได้แก่

(1) การจัดตั้งคณะกรรมการกำกับดูแลต้นทุนการผลิตของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (W1 W2 T8 T11) เพื่อติดตามราคาปัจจัยการผลิตและค่าแรงงาน กำหนดโครงสร้างต้นทุนการผลิตให้สอดคล้องกับสถานการณ์ และให้ข้อเสนอแนะเกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

(2) การรวมกลุ่มหรือสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกรเพื่อจัดหาปัจจัยการผลิต (W1 W3 T5 T6 T8) เกษตรกรที่ดำเนินกิจการฟาร์มแบบอิสระควรกลุ่มหรือสร้างเครือข่าย เพื่อเพิ่มอำนาจการต่อรองในการจัดหาปัจจัยการผลิตตามปริมาณที่เพียงพอและราคาที่เป็นธรรม ภายใต้การสนับสนุนของกรมส่งเสริมสหกรณ์ เช่น จัดอบรมให้ความรู้หลักการสหกรณ์ ปลูกจิตสำนึกการมีส่วนร่วม สร้างระบบสหกรณ์ให้เข้มแข็ง ติดตามและให้ข้อเสนอแนะเมื่อมีปัญหา

(3) การปรับแผนการผลิตของเกษตรกรให้สอดคล้องกับสถานการณ์ (W2 T1 T9) เช่น ช่วงที่ไข่ไก่ล้นตลาด ราคาไข่ไก่ตกต่ำ หรือราคาไข่ไก่ผันผวน โดยปรับลดปริมาณการเลี้ยงไก่ไข่ ปลดแม่ไก่เร็วขึ้นและให้ผลผลิตต่ำ

(4) การจัดตั้งกองทุนพัฒนาธุรกิจไข่ไก่เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่เมื่อเกิดปัญหา (W2 W3 T1 T10) กรมปศุสัตว์และคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ควรผลักดันการจัดตั้งกองทุนพัฒนาธุรกิจไข่ไก่ และแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารกองทุน เพื่อให้มีอำนาจหน้าที่ร่างระเบียบว่าด้วยหลักเกณฑ์การเรียกเก็บการเก็บรักษา การใช้จ่ายเงินกองทุน และบริหารเงินกองทุนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ แหล่งที่มาของกองทุนเป็นการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมจากผู้นำเข้าพันธุ์ไก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ และผู้ประกอบการค้าไข่ไก่ เงินช่วยเหลือจากรัฐบาลและเงินบริจาคหรือเงินช่วยเหลืออื่นๆ ส่วนมาตรการช่วยเหลือเกษตรกร เช่น ให้เงินชดเชยที่เรียกเก็บจากค่าธรรมเนียมแก่เกษตรกรเมื่อปลดแม่ไก่ไข่

(5) การปรับโครงสร้างและอำนาจหน้าที่คณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ (W3 T2 T3 T5) โดยองค์ประกอบของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์มาจากสามภาคส่วน ที่มาของผู้แทนจากภาคเอกชนควรเป็นผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับธุรกิจการนำเข้าพันธุ์ไก่ และควรยกเลิกคณะกรรมการที่ปรึกษาเพื่อป้องกันอำนาจหน้าที่ซ้ำซ้อนกับคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ ส่วนอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ควรมุ่งส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจไข่ไก่เช่นเดียวกับประเทศอื่นในสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย และเอเชีย ซึ่งกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งองค์การเพื่อการจัดการด้านการผลิตและการตลาดไข่ไก่

(6) การปรับแก้พระราชบัญญัติการแข่งขันทางการค้า พ.ศ. 2542 ที่ว่าด้วยการป้องกันการตกลงร่วมกัน (W3 W4 T6) กระทรวงพาณิชย์ควรปรับแก้พระราชบัญญัติฉบับนี้เกี่ยวกับประกาศว่าด้วยหลักเกณฑ์ผู้มีอำนาจเหนือตลาด โดยลดสัดส่วนส่วนแบ่งตลาดที่กำหนดไว้ร้อยละ 50 สำหรับผู้ประกอบการรายเดียว และร้อยละ 75 สำหรับผู้ประกอบการสามรายแรก ให้มีสัดส่วนลดน้อยลง รวมทั้งปรับลดเกณฑ์ยอดขายของผู้มีอำนาจเหนือตลาดที่กำหนดไว้ 1,000 ล้านบาท

(7) การจัดตั้งคณะกรรมการกำกับดูแลข้อตกลงระหว่างผู้เลี้ยงไก่ไข่กับบริษัทคู่สัญญา (W4 T6) กระทรวงพาณิชย์ควรจัดตั้งคณะกรรมการกำกับดูแลข้อตกลงระหว่างผู้เลี้ยงไก่ไข่กับบริษัทคู่สัญญา เพื่อมิให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบ

(8) การขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ (W4 T4 T5 T6) โดยกรมปศุสัตว์ควรกำหนดให้ผู้นำเข้าพันธุ์ไก่ไข่และเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้อง ผู้นำเข้าพันธุ์ไก่ไข่ต้องนำเสนอแผนการผลิตและการตลาดในการ

ขออนุญาตนำเข้าพันธุ์ไก่ในลักษณะรายงานแสดงปริมาณการนำเข้าพันธุ์ไก่ ปริมาณการผลิตลูกไก่ ปริมาณการจำหน่ายลูกไก่หรือไก่สาวทุก 6 เดือน ส่วนเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ต้องรายงานปริมาณการเลี้ยงไก่ไข่ทุก 6 เดือน

(9) การพัฒนาทักษะฝีมือแรงงานไทยและแรงงานต่างด้าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (W6 T11) กระทรวงแรงงานควรให้ความช่วยเหลือเกษตรกรโดยจัดอบรมพัฒนาทักษะฝีมือแรงงานไทยและแรงงานต่างด้าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

(10) การวิจัยและพัฒนากระบวนการจัดการไข่ไก่จากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย (W7 T14) สถาบันการศึกษาควรวิจัยและพัฒนากระบวนการจัดการไข่ไก่จากฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตไข่ไก่คุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค กระทรวงเกษตรและสหกรณ์และกระทรวงสาธารณสุขควรให้ความรู้ความเข้าใจแก่พ่อค้าและผู้จัดจำหน่ายในการจัดการไข่ไก่ให้มีคุณภาพดีและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.2 กลยุทธ์การตลาดของธุรกิจไข่ไก่ในประเทศไทย ดังนี้

1) กลยุทธ์ ST ได้แก่

(1) การพัฒนาระบบการตลาดให้เข้มแข็งเพื่อรองรับทุกขั้นตอนการผลิตไข่ไก่ (S2 S3 T1) โดยกระทรวงพาณิชย์ควรพัฒนาระบบการตลาดให้เข้มแข็งเพื่อรองรับทุกขั้นตอนการผลิตไข่ไก่ เช่น เชื่อมโยงตลาดรองรับผลผลิตไข่ไก่ระหว่างท้องถิ่น จังหวัด และภูมิภาค จัดหาห้องเย็นสำหรับเก็บรักษาคุณภาพไข่ไก่ในสภาวะไข่ไก่ราคาตกต่ำและไว้รอจำหน่ายเมื่อสภาวะราคาไข่ไก่ดีขึ้น จัดหาโรงฆ่าและตลาดรองรับแม่ไก่ปลด เพื่อกระตุ้นการปลดแม่ไก่เร็วขึ้นเมื่อเกิดภาวะไข่ไก่ล้นตลาดและราคาไข่ไก่ตกต่ำ สนับสนุนการสร้างแบรนด์ไข่ไก่และผลิตภัณฑ์คุณภาพดีของผู้ประกอบการค้าไข่ไก่แต่ละราย เพื่อให้เกิดการแข่งขันด้านคุณภาพมากกว่าราคา กำหนดราคาไข่ไก่ให้ยืดหยุ่นตามฤดูกาลหรือเทศกาลเพื่อกระตุ้นการบริโภคไข่ไก่

(2) การจัดตั้งหน่วยงานกลางเพื่อตรวจสอบรับรองคุณภาพไข่ไก่ และตรวจสอบย้อนกลับ (S2 S3 T14) สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติควรจัดตั้งหน่วยงานกลางในการตรวจสอบรับรองคุณภาพพร้อมกับแสดงเครื่องหมายและฉลากบนเปลือกไข่ เพื่อยกระดับมาตรฐานสินค้าและสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค ซึ่งข้อความบนฉลากยังเป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบย้อนกลับ

(3) การรณรงค์และประชาสัมพันธ์การบริโภคไข่ไก่ (S2 S3 T1 T7) ผู้ที่เกี่ยวข้องในธุรกิจไข่ไก่ควรร่วมกันรณรงค์และประชาสัมพันธ์การบริโภคไข่ไก่อย่างต่อเนื่องเพื่อกระตุ้นการบริโภคไข่ไก่ในประเทศ โดยผู้ผลิตปัจจัยการผลิต ผู้นำเข้าปัจจัยการผลิต เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พันธุ์ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ โรงงานแปรรูป และผู้ประกอบการค้าไข่ไก่ ควรส่งเสริมการบริโภคไข่ไก่ของลูกหลานและคนรอบข้าง ขณะที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงพาณิชย์ และคณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ ควรร่วมกันจัดตั้งคณะทำงานรณรงค์บริโภคไข่ไก่ โดยมีบทบาทหน้าที่นำเสนอแผนงานและโครงการต่างๆ เพื่อกระตุ้นการบริโภคไข่ไก่ในประเทศ เช่น โครงการผลิตสื่อประชาสัมพันธ์รณรงค์บริโภคไข่ไก่ ในรูปสื่อสิ่งพิมพ์ (เอกสาร แผ่นพับ โบปปลิว โปสเตอร์) คลิปวิดีโอ สื่อดิจิทัล (เว็บไซต์และโฮมเพจของหน่วยงานต่างๆ) วัตถุประสงค์เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการบริโภคไข่ไก่ เล็งเห็นคุณประโยชน์ของไข่ไก่ และบริโภคไข่ไก่เป็นประจำทุกวัน โครงการจัดเสวนาและงานเทศกาลรณรงค์บริโภคไข่ไก่ ภายในงานควรจัดกิจกรรมให้ความรู้คุณประโยชน์ของไข่ไก่ วิธีการบริโภคไข่ไก่ที่ถูกต้อง และเมนูอาหารไข่ไก่เพื่อสุขภาพ โครงการไข่ไก่โรงเรียน โดยผู้ปกครองได้รับการจัดสรรไข่ไก่จากโรงเรียนสัปดาห์ละ 7 ฟอง เพื่อนำไปปรุงอาหารให้นักเรียนระดับประถมศึกษา-มัธยมศึกษา โครงการไข่ไก่เพื่ออาหารกลางวันของเด็กนักเรียนตามชนบท โดยประกอบอาหารจากไข่ไก่ให้นักเรียนรับประทานทุกวันในช่วงเปิดภาคเรียน

(4) การส่งเสริมการส่งออกไข่ไก่และผลิตภัณฑ์ (S2 S3 T12 T13) ผู้ประกอบการค้าไข่ไก่และกระทรวงพาณิชย์ควรศึกษากฎ ระเบียบ เงื่อนไขและข้อตกลงของประเทศคู่ค้าเพื่อให้ปฏิบัติได้ถูกต้อง และกระทรวงพาณิชย์ควรศึกษาพฤติกรรมและการบริโภคของประเทศคู่ค้าและประเทศเพื่อนบ้าน จัดทำแผนการตลาดเชิงรุกเพื่อการ

ส่งออกไข่ไก่และผลิตภัณฑ์ เช่น ไข่เหลวรวม ไข่แดงเหลว ไข่ผงรวม และไข่ขาวผง ไปประเทศสมาชิกประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

2) กลยุทธ์ W T ได้แก่

(1) การลดบทบาทของรัฐบาลในการควบคุมราคาจำหน่ายไข่ไก่ (W2 T9) กระทรวงพาณิชย์ควรลดบทบาทในการควบคุมราคาจำหน่ายไข่ไก่ โดยปล่อยให้ราคาไข่ไก่เป็นไปตามกลไกการตลาด

(2) การตั้งคณะกรรมการกำกับดูแลราคาไข่ไก่ (W2 T1) กระทรวงพาณิชย์ควรตั้งคณะกรรมการกำกับดูแลราคาไข่ไก่ เพื่อกำหนดราคาแนะนำอ้างอิงตามต้นทุนการผลิต เช่น ราคาไข่ไก่ที่เกษตรกรขายได้ขั้นสูง = ต้นทุนการผลิต + ร้อยละ 15-20 ของต้นทุนการผลิต ราคาไข่ไก่ที่เกษตรกรขายได้ขั้นต่ำ = ต้นทุนการผลิต + ร้อยละ 5 ของต้นทุนการผลิต ควรกำหนดราคา แนะนำไข่ไก่ในร้านค้าสมัยใหม่ที่สมเหตุสมผล เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคไม่ให้ถูกเอารัดเอาเปรียบจากผู้ค้ามากเกินไป

(3) การรวมกลุ่มจำหน่ายไข่ไก่แก่พ่อค้าและผู้บริโภคโดยตรง (W2 W3 W5 T1) เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ควรรวมกลุ่มเพื่อจำหน่ายไข่ไก่แก่พ่อค้า และเพิ่มช่องทางการจำหน่ายไข่ไก่แก่ผู้บริโภคโดยตรง เช่น จำหน่ายเองหน้าฟาร์ม หรือรวมกลุ่มกับเกษตรกรรายอื่นจำหน่ายตามตลาดสดและตลาดนัด โดยสมาคมผู้ผลิต ผู้ค้าและส่งออกไข่ไก่ และกระทรวงพาณิชย์ควรให้การสนับสนุนสถานที่จัดจำหน่ายไข่ไก่รายวัน รายสัปดาห์ หรือรายเดือน และขอความร่วมมือหรือใช้มาตรการเชิญชวนให้ร้านค้าสมัยใหม่จำหน่ายไข่ไก่ในราคาที่เหมาะสมตามส่วนราคาที่ได้รับเพื่อเพิ่มยอดขายจำหน่าย

(4) การสนับสนุนบุคลากรของเกษตรกรให้มีความรู้และประสบการณ์ดำเนินกิจการฟาร์มเชิงธุรกิจ (W6 T1) เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ กระทรวงพาณิชย์ และสมาคมที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนบุคลากรของเกษตรกรให้มีความรู้และประสบการณ์ดำเนินกิจการฟาร์มเชิงธุรกิจ เช่น จัดกิจกรรมเสริมสร้างความรู้และประสบการณ์การดำเนินกิจการฟาร์มเชิงธุรกิจ ระหว่างเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จกับคนรุ่นใหม่ จัดกิจกรรมทัศนศึกษาดูงานฟาร์มไก่ไข่ที่ประสบความสำเร็จ

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปัจจัยสภาวะแวดล้อมของธุรกิจไข่ไก่พบว่า จุดแข็งและจุดอ่อนของธุรกิจเกี่ยวข้องกับหน้าที่และทรัพยากรทางธุรกิจด้านการผลิต โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่และโรงงานแปรรูปมีข้อได้เปรียบในบางประเด็น แต่มีข้อเสียเปรียบค่อนข้างมาก ส่วนโอกาสและอุปสรรคของธุรกิจเกี่ยวข้องกับสภาวะแวดล้อมมหภาคและจุลภาค ซึ่งสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อธุรกิจมีน้อย ขณะที่สภาวะแวดล้อมที่เป็นอุปสรรคต่อธุรกิจมีค่อนข้างมาก จากปัจจัยสภาวะแวดล้อมต่างๆ นำมาสู่การสร้างกลยุทธ์การผลิตและกลยุทธ์การตลาดของธุรกิจไข่ไก่ พบว่า มีทั้งกลยุทธ์ SO กลยุทธ์ WO กลยุทธ์ ST และกลยุทธ์ WT

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาในการสนับสนุนทุนวิจัย และนายสัตวแพทย์กิตติ ทรัพย์ชุกุล ผู้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กฤติกร เหมเดิมเกื้อกูลพงศ์. 2555. พระราชบัญญัติการแข่งขันทางการค้า พ.ศ. 2542 และการผูกขาดในภาคเกษตร: กรณีศึกษาตลาดไข่ไก่. ชุดหนังสือ การสำรวจองค์ความรู้เพื่อการปฏิรูปประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ openworlds. 55 น.

- กรมการค้าภายใน. 2557ก. ราคาขายส่งสินค้าเกษตร ไข่ไก่-คละ ณ แหล่งผลิต. แหล่งที่มา: <http://www.dit.go.th/pricestat/report2.asp?mode=B&product=214, 4> กรกฎาคม 2557.
- กรมการค้าภายใน. 2557ข. สถิติราคาขายส่ง-ขายปลีก ไข่ไก่. แหล่งที่มา: http://agri.dit.go.th/web_dit_sec7/admin/uploadfiles/upload_files/, 4 กรกฎาคม 2557.
- กรมปศุสัตว์. 2557. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่รายอำเภอ ปีงบประมาณ 2556. แหล่งที่มา: http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2556/aumpher/6.chick_aumpher.pdf, 18 กรกฎาคม 2557.
- กรมปศุสัตว์. 2558. บัญชีแนบท้ายประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การกำหนดเขตเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์. แหล่งที่มา: http://zoning.dld.go.th/images/announce/region_area_livestock.pdf, 18 กรกฎาคม 2557.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557. คู่มือการบริหารจัดการการผลิตสินค้าเกษตรตามแนวทาง การบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม (Zoning). แหล่งที่มา: http://www.opsmoac.go.th/ewt_dl_link.php?nid=8611, 4 กรกฎาคม 2557.
- กิตติพัฒน์ แสงภักดีโยธิน. 2553. ปัญหาทางกฎหมายเกี่ยวกับระบบการผลิตและการค้าไข่ไก่และผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญานิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพมหานคร.
- คณะกรรมการเตรียมความพร้อมภาคการเกษตรสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. 2555. โอกาสสินค้าเกษตรไทยสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นิภาพร ประดิษฐ์อาชีพ. 2539. การวิเคราะห์ราคาและการตอบสนองของอุปทานไข่ไก่ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- มินสา นวลเต็ม. 2556. บทวิเคราะห์สถานการณ์ไข่ไก่. สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. แหล่งที่มา: <http://tpso.moc.go.th/img/news/925-img.pdf>, 30 กรกฎาคม 2556.
- ยุวเรศ เรืองพานิช. 2556. หน่วยที่ 8 การจัดการผลผลิตไข่และการตลาด. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการผลผลิตและการตลาดสินค้าปศุสัตว์. นนทบุรี: สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างการผลิต การตลาด และโครงสร้างต้นทุนการผลิตไข่ไก่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- สรรพสุดา มาสขาว. 2548. การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวราคาและความเชื่อมโยงราคาไข่ไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า และส่งออกไข่ไก่. 2550. สถานการณ์ไข่ไก่โลก. แหล่งที่มา: http://www.egg-thailand.com/upload/images/Document/สถานการณ์ไข่ไก่โลกและต่างประเทศ/สถานการณ์ไข่ไก่โลก_2550.pdf, 1 สิงหาคม 2557.
- สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า และส่งออกไข่ไก่. 2557. รายงานการประชุม คณะกรรมการนโยบายพัฒนาไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3/2557, 30 กันยายน 2557 ณ ห้องประชุม 135 ชั้น 3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. การศึกษาด้านต้นทุนของการเลี้ยงไก่ไข่แบบอิสระและแบบประกันราคา. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/resech/2556/8.55_research-henegg_05072556.pdf, 1 สิงหาคม 2557.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557ก. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2557. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557ข. ต้นทุนการผลิตไข่ไก่. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์.
- สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. 2554. ประมวลข้อมูลมติคณะรัฐมนตรีมาตรการแก้ไขปัญหาราคาไข่ไก่. แหล่งที่มา: http://www.cabinet.thaigov.go.th/acrobat/price_of_egg_2.pdf, 1 สิงหาคม 2557.
- สุภาพร อิศริโยดม, จำรัส ไรจนโสโร, วราภรณ์ ทองชัย, ศิริพันธ์ โมราถบ, ศิริพร ตงศิริ, และ ทิพย์รัตน์ ดนตรี. 2551. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การศึกษาระบบตลาดข้อตกลงสินค้าสัตว์ปีกในประเทศไทย กรณีศึกษา: ไก่เนื้อ-ไก่ไข่. ชุดโครงการ การพัฒนาธุรกิจสินค้าเกษตรและตลาดต่างประเทศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพมหานคร.
- อรทัย จินตสภาพ. 2556. หน่วยที่ 9 การแปรรูปไข่และการตลาดผลิตภัณฑ์ไข่. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการผลผลิตและการตลาดสินค้าปศุสัตว์. นนทบุรี: สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อิสริ สายวรมณฺยาติ. 2555. คุณภาพและความปลอดภัยของไข่ไก่เพื่อการบริโภค: การสำรวจตั้งแต่ฟาร์มถึงแหล่งจำหน่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วย Rhodamine B ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเรืองแสง เพื่อป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

Effect of Seed Coating with Rhodamine B on Seed Quality and Fluorescence for Anti-Counterfeiting of Tomato Seed

ชนกเนตร ชัยวิชา¹ และบุญมี ศิริ¹

บทคัดย่อ

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสงเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างเอกลักษณ์ และป้องกันการปลอมแปลงให้กับเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของการเคลือบสารเรืองแสง rhodamine B บนเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเรืองแสงของเมล็ดพันธุ์และต้นกล้ามะเขือเทศ ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ และตรวจการเรืองแสงของเมล็ดพันธุ์ ณ ห้อง ปฏิบัติการกลาง คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เตรียมสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยใช้ Polyvinylpyrrolidone (K30) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นพอลิเมอร์ จากนั้นเติม rhodamine B ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อัตรา 0.125, 0.150, 0.175 และ 0.200 เปอร์เซ็นต์ ต่อสารละลายพอลิเมอร์ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารเคลือบมาเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเครื่องเคลือบระบบจานหมุน รุ่น SKK 10 หลังการเคลือบแบ่งเมล็ดพันธุ์ออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำไปตรวจสอบการเรืองแสงบนผิวของเมล็ดพันธุ์ และต้นกล้ามะเขือเทศที่อายุ 14 วันหลังปลูก โดยใช้เครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต Model SPECTRA-300 ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร และ เครื่อง Spectrophotometer ส่วนที่ 2 นำไปตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ผลการทดสอบด้วยเครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตพบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วย rhodamine B มีการเรืองแสงเป็นสีส้มบนผิวของเมล็ดพันธุ์และต้นกล้ามะเขือเทศที่อายุ 14 วัน นอกจากนี้ พบว่าสาร rhodamine B ที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง ผลจากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า rhodamine B สามารถใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อสร้างเอกลักษณ์ให้กับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้ และยังสามารถตรวจพบการเรืองแสงของ rhodamine B ในระยะต้นกล้าได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ต้นกล้ามะเขือเทศ การเรืองแสง Rhodamine B การปลอมปนเมล็ดพันธุ์

Abstract

Seeds coated with fluorescent compound is an alternative method for identity and providing securing for the high value seeds. The objective of this experiment was examined seeds coating of rhodamine B fluorescing on seed and seedling of tomato. The experiment was conducted at Seed Technology Section of Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, and tested detection of the fluorescence on the seed at Central Laboratory, Faculty of Technology Khon Kaen University. Seed coating substance were prepared by using 5% of Polyvinylpyrrolidone (K30) as a polymer. After that, rhodamine B was added at four different label rates: 0.125, 0.150, 0.175 and 0.200% per 100 ml of polymer solution subsequently, tomato seeds were coated used of the Centric Coater, Model SKK 10. After coating

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

process, the coated seeds were divided into 2 parts. The first part was evaluated and detected for fluorescence on seeds and the 14-days seedlings of tomato using hand-UV (Model UVGL-58; $\lambda=365$ nm.) and Spectrophotometer. The second part was evaluated seed quality after coating. The results showed that the coated seeds with rhodamine B had orange fluorescence light both on seeds and the 14-days seedlings. Additionally, the coated seed with rhodamine B had no effects on seed germination and vigor when tested under laboratory and greenhouse conditions. The conclusion of this experiment is rhodamine B can be used as seed coating substance for identity of tomato seeds. In addition, it can be detected the fluorescent of rhodamine B on the seedlings.

Keywords: tomato seedling, fluorescent, rhodamine B, anti-counterfeiting

คำนำ

ในปัจจุบันการค้าและอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ได้เจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งไทยเป็นผู้ส่งออกเมล็ดพันธุ์พืชมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก และเป็นอันดับ 12 ของโลก คิดเป็นมูลค่าประมาณ 7,000 ล้านบาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2555) การผลิตพืชที่มีประสิทธิภาพนั้นควรใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งจะทำให้เพิ่มผลผลิตพืชได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการปลูกควรมีความงอก ความแข็งแรง และความสม่ำเสมอในการงอกที่สูง มีสิ่งเจือปนเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะที่กล่าวมานี้เป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีราคาสูง จึงทำให้มีบุคคลบางภาคกลุ่มแสวงหาผลประโยชน์จากการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ (Wu *et al.*, 2007) และส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการผลิตพืชทางการเกษตร (Gao and Zhou, 2005) จึงมีการหาวิธีเพื่อป้องกันการปลอมแปลง การลอกเลียนแบบหลากหลายวิธี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการป้องกันที่บรรจุภัณฑ์ (Cai, 2009; Wang, 2009) ซึ่งวิธีนี้มีการลอกเลียนแบบได้ง่าย หรือหากบรรจุภัณฑ์มีการเปิดออกก็ไม่สามารถยืนยันตัวตนที่แท้จริงของเมล็ดพันธุ์ได้ (Wu *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2007; Cai, 2009) ดังนั้นจึงมีการนำสารเรืองแสงมาใช้ในการป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์ ที่ง่ายต่อการติดตามเมล็ดพันธุ์ (Remya *et al.*, 2011) มีการนำสารเรืองแสงมาใช้ในการงานวิจัยทางด้านพืชโดย Hapner (1978) ได้รายงานการตรวจสอบของ agglutinin ที่ล้อมรอบปลายรากด้วยการเรืองแสงของสาร rhodamine B และต่อมาได้มีการติดตามการขยายพันธุ์ โดยการย้อมเกสรด้วยสารเรืองแสง (Waser and Price, 1982) และยังมีการใช้สาร rhodamine B ในการทดสอบ mitochondria ของยอดกะหล่ำปลีในกระบวนการขาดน้ำ (Wu, 1987) นอกจากนี้ Shi *et al.* (2001) ได้ใช้ rhodamine B ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าไปในเมล็ดของข้าวสาลี

จากการศึกษาการเรืองแสงของสาร rhodamine B จึงได้นำเอาเทคโนโลยีการเคลือบมาใช้ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B เพื่อป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีการรายงานครั้งแรกโดย Guan *et al.* (2011) ได้นำเอาเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์มาใช้ร่วมกับสารเรืองแสง พบว่ามีการเรืองแสงที่ผิวของเมล็ดพันธุ์และในระยะต้นกล้าซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่สามารถตรวจสอบได้โดยแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นจำเพาะ และงานทดลองของ Tian *et al.* (2014) ที่ทำการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วปากอ้าร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B โดยตรวจสอบการเรืองแสงในระยะต้นกล้าและการตกค้างของสารที่อยู่ในดิน พบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B ไม่มีผลทางลบต่อความงอก ความเร็วในการงอกและไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางดิน เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ในที่สุด และมีการเรืองแสงในต้นกล้าที่มีอายุ 16 วันหลังปลูก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความงอก ความแข็งแรงในการงอก ตลอดจนการเรืองแสงในระยะต้นกล้า 14 วันหลังปลูก เพื่อสร้างความจำเพาะให้กับเมล็ดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์คณะเกษตรศาสตร์และห้องปฏิบัติการกลาง คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ในเดือน มกราคม-เมษายน 2558 ใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมพันธุ์ SPP05 ได้รับจากบริษัท เอจี ยูนิเวอร์แซล จำกัด

เตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยใช้ Polyvinylpyrrolidone (PVP-K30) เป็นพอลิเมอร์ ใช้ Polyethylene glycol 6000 (PEG6000) เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น (plasticizer) ของฟิล์ม titanium dioxide และ Iridodin เป็นสารเติมแต่งที่ช่วยในการห่อหุ้มและเพิ่มความเนียน สีผสมอาหาร และ rhodamine B เป็นสารเติมแต่ง โดยละลาย PVP-K30 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$) เติมน้ำเพิ่มความยืดหยุ่น (plasticizer) คือ Polyethylene glycol ที่มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่งที่จะช่วยในการห่อหุ้มและเพิ่มความเนียน คือ Titanium dioxide และ Iridodin ความเข้มข้น 2 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผสมด้วยสีผสมอาหาร ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับเมล็ดพันธุ์ด้วยการเติม rhodamine B ในความเข้มข้นต่างกัน คือ T0 (เมล็ดควบคุม), T1 (เมล็ดที่เคลือบโดยไม่มีสาร rhodamine B), T2 (rhodamine B, 0.125%), T3 (rhodamine B, 0.150%), T4 (rhodamine B, 0.175%) และ T5 (rhodamine B, 0.200%)

นำสารเคลือบที่เตรียมขึ้นมากลือบบนผิวของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ด้วยอัตรา 150 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม โดยใช้เครื่องเคลือบระบบจานหมุน รุ่น SKK10 จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้นให้มีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเคลือบ (7.00%) ด้วยเครื่องลดความชื้นระบบลมแห้ง SKK09 ที่อุณหภูมิ 35°C แล้วจึงนำเมล็ดไปตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบ หลังการเร่งอายุและการเรียงแสงที่ผิวของเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนการเรียงแสงในระยะต้นกล้า 14 วันหลังปลูก

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบทุก กรรมวิธี ละ 100 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ มาตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของเมล็ดพันธุ์หลังจากการเคลือบในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดที่เพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง ดังนี้

ความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการ โดยสูบน้ำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ มาเพาะด้วยวิธี top of paper (TP) โดยวางเมล็ดบนกระดาษที่มีความชุ่มชื้นในภาชนะที่มีฝาปิด แล้วปิดฝาภาชนะเพื่อรักษาความชื้น จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ $25-30^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส และประเมินผลของความงอกหลังเพาะเมื่ออายุ 5 วัน ทุกวันจนถึง 14 วัน โดยการตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติ (normal seedling)

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในสภาพเรือนทดลอง สูบน้ำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 100 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ เพาะลงในถาดเพาะที่มีพีทมอส (peat moss) และนำไปไว้ในสภาพโรงเรือน ประเมินความงอกหลังจากการเพาะเมื่ออายุ 5 วัน นับทุกวันจนถึง 14 วัน โดยการตรวจนับจำนวนเฉพาะต้นกล้าที่งอกปกติ ส่วนดัชนีในการงอกของเมล็ดพันธุ์ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง คำนวณดัชนีในการงอกของเมล็ดพันธุ์จากเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยสามารถคำนวณจากสูตร

$$\text{ดัชนีในการงอก} = \left(\frac{\text{จ.น.ต้นกล้าปกติ 5 วันหลังเพาะ}}{\text{จ.น.วันที่ตรวจนับครั้งแรก (5 วัน)}} + \dots + \frac{\text{จ.น.ต้นกล้าปกติ 14 วันหลังเพาะ}}{\text{จ.น.วันที่ตรวจนับครั้งสุดท้าย (14 วัน)}} \right)$$

เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์หลังจากการเคลือบ จึงนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบแล้วมาเร่งอายุ โดยนำเมล็ดพันธุ์ใส่ในถุงผ้าวางบนตะแกรงที่อยู่ในกล่องเร่งอายุ ที่มีน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าตะแกรง 2 เซนติเมตร ปิดกล่องให้สนิทนำไปไว้ในตู้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่มีอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วมาตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์ร่วมกับสารเรืองแสงหลังการเคลือบและเร่งอายุ จำนวน 20 เมล็ด ไปตรวจสอบการเรืองแสงด้วยเครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเลตแบบพกพา Model SPECTRA-300 ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร และตรวจสอบคลื่นแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer

ทดสอบการเรืองแสงของต้นกล้ามะเขือเทศ โดยนำต้นกล้ามะเขือเทศอายุ 14 วันหลังเพาะ จำนวน 1 ต้น/กรรมวิธี มาตรวจสอบการเรืองแสงของต้นกล้าด้วยเครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเลตแบบพกพา Model SPECTRA-300 ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ โดยวิเคราะห์ตามแผนการทดลอง completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) การวิเคราะห์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มีการแปลงค่าโดย arcsine ก่อนการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ rhodamine B ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและการเร่งอายุ จากการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการเคลือบร่วมกับสารเรืองแสงพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเรืองแสงไม่มีผลต่อความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลองเมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Tian *et al.* (2013) ที่เคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine - B (RB) และ safranin - T (ST) ในอัตราที่แตกต่างกัน รายงานว่าไม่มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตต้นกล้า เช่นเดียวกันกับพจนานและคณะ (2556) ขณะที่บุญมีและพรทิพา (2556) ศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสง riboflavin ในอัตราต่างๆ รายงานผลทำนองเดียวกันว่าการเคลือบไม่มีผลต่อความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบมาตรวจสอบความแข็งแรงด้วยวิธีการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเร่งอายุเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ความงอกและความเร็วในการงอกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) สอดคล้องกับงานของ Almeida *et al.* (2005) ซึ่งได้ทำการเคลือบเมล็ดพันธุ์บรีคโคลิด้วย hydroxyethyl cellulose (HEC) พบว่าคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้านการงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Table1 Effects of seed coat substance with the different concentrations of rhodamine B on seed germination and germination index tested under laboratory and greenhouse conditions after coating.

Coating substance	Germination (%) ^{1/}		Germination index	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory	Greenhouse
T0	98	98	15.2	15.0
T1	98	99	14.7	14.7
T2	98	97	14.6	14.4
T3	98	98	15.1	15.5
T4	98	97	15.2	15.6
T5	97	97	14.6	14.9
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.51	1.13	5.9	2.9

ns = non statistical significant difference Transform data by arcsine before statistical analysis

T0: control, T1: Coating substance, T2-T5 Coating substance added with 00.125, 0.150, 0.175 and 0.200 gram rhodamine B, respectively

^{1/} Data were transformed by arcsine

Table 2 Effects of seed coat substance with the different concentrations of rhodamine B on seed germination and germination index tested under laboratory and greenhouse conditions after accelerated aging.

Coating substance	Germination (%) ^{1/}		Germination index	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory	Greenhouse
T0	83	80	10.56	10.58
T1	81	82	10.54	10.32
T2	82	81	10.30	10.66
T3	82	82	10.53	10.38
T4	82	80	10.45	10.65
T5	83	80	10.63	10.42
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.70	1.28	2.97	2.56

ns = non statistical significant difference

Transform data by arcsine before statistical analysis

T0: control, T1: Coating substance, T2-T5 Coating substance added with 00.125, 0.150, 0.175 and 0.200 gram rhodamine B, respectively

^{1/} Data were transformed by arcsine

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ rhodamine B ต่อการเรืองแสงของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและเร่งอายุ นำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์ร่วมกับสารเรืองแสงไปตรวจสอบการเรืองแสงที่ผิวของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ (Figure 1) โดยใช้เครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเลต (Hand-UV) (รูป A,D) ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร จากการสังเกต การเรืองแสงของแสงฟลูออเรสเซนซ์ด้วยตาเปล่าพบว่าการเคลือบเมล็ดมะเขือเทศร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B มีการเรืองแสงเป็นสีส้ม เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเร่งอายุที่ 96 ชั่วโมงพบว่าเมล็ดพันธุ์ยังมีการเรืองแสงใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเคลือบ เมื่อนำเมล็ดไปตรวจสอบคลื่นแสงภายใต้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นกระตุ้น 450 นาโนเมตร (รูป C,F) พบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเรืองแสง rhodamine B มีคลื่น Wavelength ที่ 610 นาโนเมตร ส่วนเมล็ดพันธุ์ควบคุมและเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B มีคลื่น Wavelength ที่ต่างออกไปจากเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B

จากการติดตามการเรืองแสงที่ติดอยู่กับผิวเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเลต จะเห็นว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยพอลิเมอร์ร่วมกับสารเรืองแสงที่ผิวของเมล็ดพันธุ์นั้น มีสารเรืองแสงติดอยู่ที่ผิวของเมล็ดและสามารถตรวจสอบได้ ดังนั้นการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสงจึงสามารถบ่งบอกถึงเอกลักษณ์ ป้องกันการลอกเลียนแบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานของกับ Tian *et al.* (2013) ที่เคลือบเมล็ดร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B และ safranine-T บนเมล็ดถั่วลิสง เพื่อป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์ และ Guan *et al.* (2013) ใช้ rhodamine B ในการเคลือบเมล็ดยาสูบ ในการสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกันชนกนตร และบุญมี (2557) พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B สามารถนำไปใช้เพื่อป้องกันการลอกเลียนแบบเมล็ดพันธุ์ได้เช่นกัน

จากการตรวจสอบการเรืองแสงของต้นกล้าหลังเคลือบและเร่งอายุโดยการ นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเรืองแสง และหลังการเร่งอายุไปเพาะความงอกเพื่อนำต้นกล้ามาตรวจสอบการเรืองแสงที่ระยะ 14 หลังปลูก โดยตรวจสอบการเรืองแสงของแสงฟลูออเรสเซนซ์ด้วยตาเปล่าภายใต้เครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเลต ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร(รูป B, C) พบว่า ต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่เคลือบด้วยสาร rhodamine B มีการเรืองแสงเป็นสีส้ม ต้นกล้าควบคุมและต้นกล้าที่ไม่ได้เคลือบสารเรืองแสง (T0,T1) ต้นกล้าไม่มีการเรืองแสง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sellei. (1941), Guan *et al.* (2011) และ Guan *et al.* (2013) ที่ทำการทดลองในเมล็ดยาสูบและเมล็ดดาวเรืองหลังจากการตรวจสอบการเรืองแสงในต้นกล้า พบว่า rhodamine B มีการเรืองแสงเป็นสีส้มเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงสีเขียว และ Tian *et al.* (2014) ได้เคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วปากอ้า ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B เพื่อติดฉลากให้กับเมล็ดพันธุ์และตรวจสอบการเคลื่อนย้ายของสาร rhodamine B พบว่าในเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าถั่วปากอ้า เมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 วันหลังเพาะยังสามารถตรวจสอบการเรืองแสงในต้นพืชได้ แต่การเรืองแสงค่อยๆน้อยลงเมื่อต้นกล้ามีอายุมากขึ้น การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B สารจะถูกดูดซึมเข้าไปโดยรากและถูกส่งขึ้นไปใบ ผ่านทางท่อลำเลียงไปยังก้านใบพร้อมกับการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งการเรืองแสงของต้นกล้าเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีต่อต้านการปลอมแปลงโดยใช้ผลิตภัณฑ์ภายนอก ซึ่งสามารถตรวจสอบได้บนเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าโดยตรงนอกจากนี้เนื่องจากสารเรืองแสงและความยาวคลื่นของแสงกระตุ้นที่เฉพาะเจาะจง เทคโนโลยีนี้จึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการลอกเลียนแบบสูง ตรวจสอบได้ง่าย และรวดเร็วซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากกับผู้ใช้ และสารเรืองแสง rhodamine B มีการพิสูจน์แล้วว่ามีความปลอดภัยสำหรับพืชและแสดงให้เห็นการเรืองแสงที่ดีในเมล็ดและต้นกล้ามะเขือเทศ

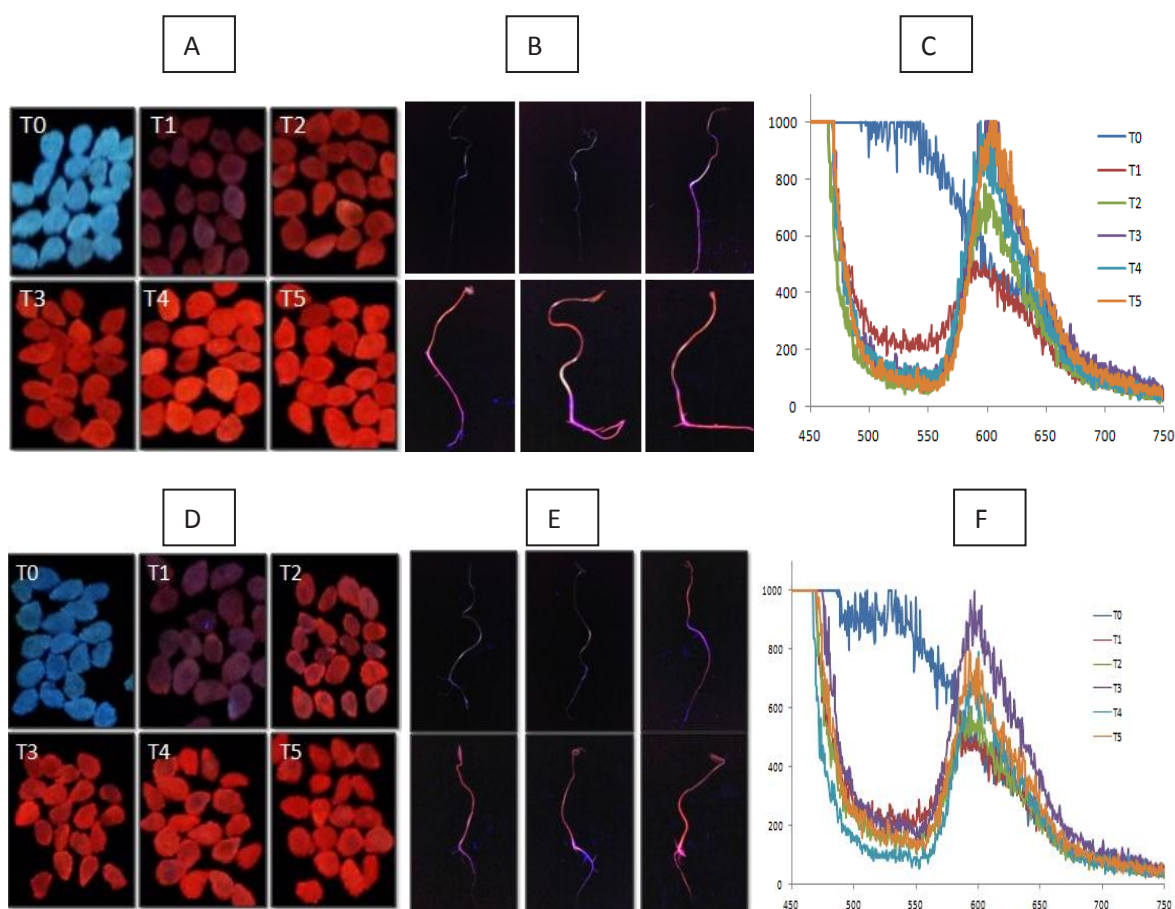


Figure 1 Visible fluorescence viewed under long-UV light of non-aged. (A). Seedling fluorescence viewed under long-UV light of non-aged. (B) Fluorescence emission spectra from a Spectrophotometer of non-aged. (C) Visible fluorescence viewed under long-UV light after accelerated aging. (D) Seedling fluorescence viewed under long-UV light after accelerated aging. (E) Fluorescence emission spectra from a spectrophotometer after accelerated aging (F) of coated Tomato seeds. T0, T1, T2, T3, T4 and T5 correspond to rhodamine B in the coating formulation at 0, 0.125, 0.150, 0.175 and 0.2 respectively;

สรุปผลการทดลอง

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเรืองแสง rhodamine B ไม่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง และมีการเรืองแสงของต้นกล้าที่อายุ 14 วันหลังปลูก สามารถตรวจสอบการเรืองแสงโดยใช้เครื่องฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร และเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นกระตุ้น 450 นาโนเมตร สามารถสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้และสามารถนำไปพัฒนาใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนสนับสนุนในการศึกษา ปริญญาโท และการทำวิจัยจาก โครงการพัฒนาศักยภาพเพื่อการวิจัยและพัฒนา สำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC) จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และขอขอบคุณ หน่วยงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- ชนกเนตร ชัยวิชา และบุญมี ศิริ. 2557. การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยพอลิเมอร์ร่วมกับ Rhodamine-B ต่อการเรืองแสงและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1.
- บุญมี ศิริ และพรทิศา สิมะคร. 2556. ศึกษาการสร้างสารเคลือบร่วมกับสารเรืองแสงต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ. การประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10 หน้า 111-117 วันที่ 20-24 พฤษภาคม 2556 ณ โรงแรม Hansa JB Hotel, จังหวัดสงขลา.
- พจนาน สีขาว, พัฒนารัตน์พรชัยสิทธิ์ และบุญมี ศิริ. 255. การเคลือบเมล็ดด้วยไรโบฟลาวินต่อเอกลักษณ์และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม. การประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10 หน้า 46-54.
- สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2555. ชูยุทธศาสตร์บูรณาการค่าอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ปี 2554 สู้ภัยเมล็ดพันธุ์เอเซีย. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 4 มกราคม 2557 จาก http://www.thannews.th.com/index.php?option=com_content&view=article&id=51753:2554-&catid=171:pr&Itemid=512.
- Almeida, C de., Rocha, C.D.R. and Razera, L.F. 2005. Polymer coating, germination and vigor of broccoli seed. [Online]. Available at: <http://www.scielo.br/scielo.php>. cited Dec 15,2005.
- Cai, Y.L. 2009. Several new anti-counterfeiting technologies for packaging. Shanghai Packaging 2: 40–41.
- Gao, H. and Zhou, R. 2005. The development trend of seed anti-counterfeiting packaging. Seed World 9: 6–7.
- Guan, Y., Hu, J., Li, Y., Ma, W. and Zheng, Y. 2011. A new anti-counterfeiting method: fluorescent labeling by safranin T in tobacco seed. Acta Phys. Plant 33: 1271–1276.
- Guan, Y., Wang, J., Hu, J., Li, Y., Ma, W., Hu, W. and Zhu, S. 2013. Pathway to keep seed security: the application of fluorescent to identify true and fake pelleted seed in tobacco. Ind. Crop Prod. 45, 367–372.
- Hapner, S.J. and Hapner, K.D. 1978. Rhodamine immune his to fluorescence applied to plant tissue. J Histochem Cytochem 26:478-482.
- Remya, N.A.C., Poulouse Y.N., Yasuhiko, Y.T.M.D. and Sakthi, K. 2011. Uptake of FITC labeled silica nanoparticles and quantum dots by rice seedlings: Effects on seed germination and their potential as biolabels for plants J. Fluoresc. 21: 2057–2068.
- Sellei, J. 194. Further growth experiments with fluorescent dyes. Growth 5: 27–52.
- Shi, Y.X., Hareland, G.A. and Appolonia, B.L.D. 2001. The use of fluorescent dye to study the movement of water into wheat kernels. J Zhengzhou Institute of Technol 22:17–20
- Tian, Y., Wang, Q., Hu, J., Wang J. and Guan Y. 2013. Application of fluorescent dyes for falsification-preventing of pea seeds (Pisum sativum L). Australian Journal of Crop Science 7(1): 147-151.
- Tian Y.B., Zhan, L., Fei, H., Yajing, G., Shuijin, Z. and Jin, H. (2014) A novel anti-counterfeiting method: Application and decomposition of RB for broad bean seeds (Vicia faba L.) Industrial Crops and Products 61: 278–283
- Wang, Z.H. 2009. Anti-counterfeiting technologies grow by leaps and bounds in the market. Print Today 2: 76–79.
- Waser, N.M. and Price, M.V. 1982. A comparison of pollen and fluorescent dye carryover by natural pollinators of Ipomopsis aggregata (Polemoniaceae). Ecology 63: 1168–1172
- Wu, F.S. 1987. Localization of mitochondria in plant cells by vital staining with rhodamine 123. Planta 171: 346–357.
- Wu, P., Song, C.H. and Zheng, X.Y. 2007. An advanced seed anti-counterfeiting technology and its application prospects. Vegetables 11: 34–35.
- Zhang, Y.M., Sun, W.Y. and Xu, M. 2007. The application of anticounterfeiting packaging to seed industry. China Seed Ind 11:16–17

ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกร พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอยะผิมาย จังหวัดนครราชสีมา

The Need in Production Knowledge of GAP Thai Jasmine Rice of Farmers
in Thungsumrith, Phimai District, Nakhon Ratchasima Province

นฤมล แนนหนา¹ พัชรวดี ศรีบุญเรือง² และพิชัย ทองดีเลิศ³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร 2) ปัจจัยทางเศรษฐกิจของเกษตรกร 3) การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรของเกษตรกร 4) เพื่อศึกษาความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกร พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอยะผิมาย จังหวัดนครราชสีมา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐานในพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอยะผิมาย จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 193 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 54.67 ปี มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีสมาชิกในครัวเรือนจำนวน 5-6 คน มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 14.93 ปี มีพื้นที่ในการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 25.75 ไร่/ครัวเรือน ใช้แรงงานระหว่าง 6-32 คน โดยมีรายจ่ายจากการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 2,106.65 บาท/ไร่/ฤดู รายได้จากการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 4,247.94 บาท/ไร่/ฤดู โดยการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรของเกษตรกรผ่านสื่อบุคคลพบว่าเกษตรกรเปิดรับข่าวสารจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมมากที่สุด ร้อยละ 57.5 รองลงมา คือ ผู้นำชุมชน ร้อยละ 34.7 สื่อมวลชนเปิดรับข่าวสารจากโทรทัศน์ ร้อยละ 60.6 รองลงมา คือเอกสารวิชาการ ร้อยละ 18.1 และสื่อกิจกรรมเปิดรับข่าวสารจากการจัดประชุม ร้อยละ 37.8 รองลงมา คือฝึกอบรม ร้อยละ 29.0 และภาพรวมความต้องการความรู้ในการผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกรอยู่ในระดับปานกลาง ประกอบด้วยความต้องการความรู้ด้านแหล่งน้ำ ด้านพื้นที่ปลูก ด้านการใช้วัตถุดิบทราย ด้านการจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ด้านการขนย้าย การเก็บรักษาและการรวบรวมข้าวเปลือกอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการบันทึก การจัดเก็บข้อมูลอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ข้าวหอมมะลิ การเกษตรที่เหมาะสม นครราชสีมา เกษตรกร

Abstract

The objectives of this research were to study: 1) the baseline information of farmers, 2) the socio-economics of farmers, 3) the media exposure of agricultural knowledge of farmers, and 4) the need in production knowledge of GAP Thai jasmine rice of farmers in Thungsumrith, Phimai district, Nakhon Ratchasima province. The samples were 193 farmers who joined development project of Thai Jasmine Rice in Thungsumrith, Phimai District, Nakhon ratchasima. The data was collected by using interview schedule statistical and analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation (S.D.), maximum

¹นิสิตปริญญาโท ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

and minimum. The result of the study revealed that the majority of the farmers were female, the average age was 54.67 years old, educational was elementary school or lower, the household members was mostly 5-6 persons, Thai jasmine rice cultivation average experience was 14.93 years, the average of Thai Jasmine Rice planting area was 25.75 rais/family, on farm labor were 6-32 persons. An average of total expenses was around 2,106.65 Bath/rai/season and revenue was 4,247.94 Bath/rai/season. Most of farmers get informations in agricultural knowledge from extension officer 57.5% and leader in community 34.7%. Through media by television 60.6% and academic journal 18.1%, lastly by activity media mostly by meeting 37.8% and training 29.0%. The studied result showed that overall farmers need knowledge of GAP Thai Jasmine Rice in moderate level. The need knowledge of water resource, planting area, chemical, pre-harvest, post-harvest, transportation and paddy compilation in the moderate level. For the data collection was in the high level.

Keywords: Thai jasmine rice, GAP, nakhon ratchasima, farmer

คำนำ

ข้าวถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยทั้งมีศักยภาพในการผลิตสูง เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมเหมาะสมแก่การปลูกข้าว ข้าวเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ สร้างรายได้ให้กับประเทศ โดยประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกข้าวนาปีทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2557 รวม 62.08 ล้านไร่ ได้ผลผลิตรวม 27.09 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 436 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวนาปีส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 37.06 ล้านไร่ ได้ผลผลิต 12.29 ล้านตัน แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ต่ำสุดเพียง 332 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) นอกจากนี้พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปัญหาเรื่องดิน สภาพอากาศและปริมาณน้ำฝน จึงมีการส่งเสริมให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข15 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศไม่เหมาะสมได้ดี ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม ทนแล้งได้ดีพอสมควร (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2553) ถือเป็นแหล่งที่ปลูกข้าวหอมมะลิคุณภาพดี เป็นที่ต้องการของตลาดข้าวต่างประเทศ เมื่อดูจากสถิติการส่งออกข้าวของประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2556 ปริมาณการส่งออกข้าวหอมมะลิ 1,915 ล้านกิโลกรัม ข้าวเจ้าขาว 5% 1,389 ล้านกิโลกรัม ข้าวขาว 100% 588 ล้านกิโลกรัม และข้าวหอมปทุมธานี 51 ล้านกิโลกรัม โดยมีมูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิ 59,479 ล้านบาท ข้าวเจ้าขาว 5% 19,690 ล้านบาท ข้าวขาว 100% 9,511 ล้านบาท และข้าวหอมปทุมธานี 1,495 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่สำหรับการเพาะปลูกข้าวทั้งหมดประมาณ 4.1 ล้านไร่ ซึ่งมีพื้นที่อำเภอที่มีความเหมาะสมและมีศักยภาพสูงในการผลิตข้าวทั้งหมด 10 อำเภอ ได้แก่ พิมาย คง จักราช เฉลิมพระเกียรติ ชุมพวง โนนสูง โนนแดง ประทาย ลำทะเมนชัย เมืองยาง รวมทั้งหมด 1.04 ล้านไร่ เรียกว่าพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ ซึ่งถือว่าเป็นเขตเกษตรกรรมที่สำคัญของจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดีที่สร้างรายได้ให้เกษตรกร แต่ยังคงขาดการพัฒนาที่ต่อเนื่อง มีการตรวจรับรองคุณภาพมาตรฐาน GAP (Good Agricultural Practice) ยังไม่ทั่วถึงรวมทั้งการที่เกษตรกรยังขาดความตระหนักในการผลิตข้าวหอมมะลิให้มีคุณภาพดีจึงทำให้แปลงผลิตข้าวไม่มีมาตรฐาน (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2557)

จังหวัดนครราชสีมา จัดทำโครงการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐานพื้นที่ที่จะดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตหอมมะลิ เน้นการพัฒนาคุณภาพข้าวโดยมีใช้พื้นที่ในเขตทุ่งสัมฤทธิ์จังหวัดนครราชสีมา ทั้งนี้จังหวัดนครราชสีมา มีนโยบายส่งเสริมให้ปลูกข้าวหอมมะลิและสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐาน GAP (ภายใต้แผนพัฒนาจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2558-2561) (สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา, 2558)

ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555–2559) โดยให้ความสำคัญกับการพัฒนาคนและสังคมไทยให้มีคุณภาพมี โอกาสเข้าถึงทรัพยากร และได้รับประโยชน์จากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างเป็นธรรมรวมทั้งสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจด้วยฐานความรู้เทคโนโลยีนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์บนพื้นฐานการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2557) ซึ่งในภาคการเกษตรถือได้ว่าเป็นภาคที่มีความสำคัญในระบบเศรษฐกิจไทยที่สุด ในปี พ.ศ. 2558 จังหวัดนครราชสีมาจัดทำโครงการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐานโดยให้การส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิจังหวัดนครราชสีมา มีความเข้าใจในการผลิตข้าวด้วยวิธีการต่างๆ ตามหลักวิชาการ การตรวจรับรองคุณภาพข้าวตามมาตรฐาน GAP ซึ่งยังไม่ทั่วถึง ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในวางแผนการส่งเสริมให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกรซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนเพื่อพัฒนาแก่เกษตรกรต่อไป (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2557)

พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ในจังหวัดนครราชสีมา อำเภอพิมายมีที่ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว ที่มีระดับความเหมาะสมมากมีขนาดเนื้อที่ 183,706 ไร่ ซึ่งถือว่าอำเภอพิมายมีพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระดับความเหมาะสมมาก (กรมการข้าว, 2554) ที่มีเนื้อที่มากที่สุดในพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ทั้ง 10 อำเภอ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2557) โดยโครงการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐาน มีกลุ่มเป้าหมาย คือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิในพื้นที่ที่มีศักยภาพ 10 อำเภอ จำนวน 2,000 ราย และเป็นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิในพื้นที่อำเภอพิมาย จำนวน 465 ราย

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา เรื่องความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามหลักมาตรฐาน GAP ของเกษตรกรพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอพิมายจังหวัดนครราชสีมา และข้อเสนอแนะของเกษตรกร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมเกษตรกรผู้สนใจต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) โดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิ ที่ลงทะเบียนเข้าร่วมโครงการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐาน และไม่เคยผ่านการอบรมมาตรฐาน GAP จำนวน 193 ราย จากทั้งหมด 371 ราย (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2557) ทดสอบเครื่องมือโดยการหาความเที่ยงตรง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (validity) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสม ความชัดเจนของคำถาม และนำมาปรับปรุงแก้ไข หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยการนำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิอำเภอชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 30 ราย นำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาส์แอลฟา (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบสัมภาษณ์ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกรพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอพิมายจังหวัดนครราชสีมาได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.842 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) ค่าสถิติที่ใช้ในการแปลผลการสัมภาษณ์คือ ความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum)

ผู้วิจัยวัดความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกรพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วย 1) แหล่งน้ำ 2) พื้นที่ปลูก 3) การใช้วัตถุดิบทรายทางการเกษตร 4) การจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว 5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 6) การขนย้าย การเก็บรักษา และการรวบรวมข้าวเปลือก 7) การบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล จำนวนทั้งหมด 26 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการวัดความต้องการความรู้เป็น 3 ระดับ คือ มาก ปานกลาง น้อย โดยให้คะแนนระดับความต้องการความรู้ ดังนี้

ระดับความต้องการความรู้	เกณฑ์การให้คะแนน
ความต้องการมาก	3
ความต้องการปานกลาง	2
ความต้องการน้อย	1

จากระดับคะแนนความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกรพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอยะผา จังหวัดนครราชสีมา ผู้วิจัยนำมาจัดกลุ่มโดยอันดับภาคขั้นเท่ากับ (สุรินทร์, 2548) ดังนั้น จึงกำหนดช่วงคะแนนสำหรับพิจารณา ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระดับความต้องการความรู้	การแปลความหมายระดับความต้องการความรู้
2.34 - 3.00	ความต้องการมาก
1.67 - 2.33	ความต้องการปานกลาง
1.00 - 1.66	ความต้องการน้อย

ผลการวิจัย

1. ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล

เกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 67.9 รองลงมาคือเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 32.1 อายุเฉลี่ย 54.67 ปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 75.6 มีการศึกษาชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ร้อยละ 42.0 จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 5-6 คน และมี ประสบการณ์ในการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 14.93 ปี

2. ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ

เกษตรกรมีพื้นที่การปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 25.75 ไร่/ครัวเรือน มีจำนวนแรงงานระหว่าง 6-32 คน คิดเป็นร้อยละ 44 แต่ละครัวเรือนมีรายจ่ายจากการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 2,106.65 บาท/ไร่/ฤดู รายได้จากการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 4,247.94 บาท/ไร่/ฤดู

3. การเปิดรับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรของเกษตรกร

เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรผ่านสื่อบุคคลมากที่สุด โดยได้รับข่าวสารจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 57.5 รองลงมา คือ ผู้นำชุมชน คิดเป็นร้อยละ 34.7 และญาติพี่น้องและเพื่อนเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 3.1 ผ่านสื่อมวลชนจากโทรทัศน์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.6 รองลงมา คือ เอกสารวิชาการ คิดเป็นร้อยละ 18.1 วิทยุ คิดเป็นร้อยละ 13.5 ผ่านสื่อกิจกรรมจากการจัดประชุม คิดเป็นร้อยละ 37.8 รองลงมา คือ การฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละ 29.0 รองลงมา คือ การศึกษาดูงาน คิดเป็นร้อยละ 24.4

4. ความต้องการความรู้เกี่ยวกับการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิ

จาก Table 1 ในภาพรวม พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.22$, S.D. = 0.697) เมื่อแยกพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีความต้องการความรู้ในระดับมาก 1 ข้อ คือ ด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล ($\bar{X} = 2.51$, S.D.=0.685) และมีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง 6 ข้อ ประกอบด้วย ด้านการใช้วัตถุดิบทรายทางการเกษตร ($\bar{X} = 2.15$, S.D.= 0.772) ด้านการจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว ($\bar{X} = 2.22$, S.D. = 0.754) ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ($\bar{X} = 2.16$, S.D.= 0.784) และด้านความรู้ในด้านแหล่งน้ำ พื้นที่ปลูก และการขนย้าย การเก็บรักษา ซึ่งมี $\bar{X} = 2.33$, 2.14, 2.18 และมีค่า S.D. = 0.771, 0.805, 0.702 ตามลำดับ

Table 1 Mean ($\bar{x}$), Standard deviation (S.D.) and level of needed knowledge in GAP of Thai jasmine rice production of farmers in Thungsumrith, Phimai district, nakhon ratchasima province.

GAP of Thai jasmine rice production knowledge	Level of need knowledge					Need knowledge Level
	Low	Moderate	High	$\bar{x}$	S.D.	
1. Water resource	29	65	90	2.33	0.771	Moderate
2. Planting area	47	61	85	2.14	0.805	Moderate
3. Chemical with agriculture	41	70	82	2.15	0.772	Moderate
4. Pre-harvest	37	73	83	2.22	0.754	Moderate
5. Harvest and post-harvest	4	68	81	2.16	0.784	Moderate
6. Transportation and paddy compilation	32	91	70	2.18	0.702	Moderate
7. Data collection	21	58	114	2.51	0.685	High
Grand mean				2.22	0.697	Moderate

ข้อวิจารณ์

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิในพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวหอมมะลิโดยเฉลี่ย 14.93 ปี แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิในพื้นที่นี้มีระดับการศึกษาต่ำ เนื่องจากเกษตรกรเริ่มประกอบอาชีพเป็นเกษตรกรตั้งแต่อายุน้อย จึงมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวมาอย่างยาวนาน ใช้แรงงานในครัวเรือนช่วยในการปลูกข้าว และนิยมใช้ข้าวหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกในพื้นที่มากกว่าพันธุ์อื่นๆ

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิลุ่มตัวอย่งมีรายจ่ายที่ใช้การปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 2,106.65 บาท/ไร่/ฤดู โดยค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่มาจากการว่าจ้างรถเกี่ยว รถไถ ค่าปุ๋ยและเมล็ดพันธุ์ และมีรายได้ที่ได้จากการปลูกข้าวหอมมะลิเฉลี่ย 4,247.94 บาท/ไร่/ฤดู ข้าวหอมมะลิถือว่าเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรเป็นอย่างดี สอดคล้องกับการศึกษาของ นิพนธ์ และคณะ (2556) ได้ทำงานวิจัยเรื่องอุปสงค์การบริโภคข้าวของไทย พบว่า ตลาดข้าวหอมมะลิเป็นตลาดที่มีความยืดหยุ่นต่อรายได้สูง จึงเป็นโอกาสของประเทศไทยในการส่งออกข้าวหอมมะลิที่มีราคาต่อหน่วยสูง จึงควรเน้นพัฒนาการส่งออกข้าวหอมมะลิ

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมากที่สุด สอดคล้องกับแผนพัฒนาจังหวัดนครราชสีมา สำนักสถิติจังหวัดนครราชสีมา (2558) พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ได้รับการส่งเสริมการปลูกข้าวหอมมะลิจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐหรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร โดยทางจังหวัดนครราชสีมา มีนโยบายส่งเสริมให้ปลูกข้าวหอมมะลิและสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐาน GAP ด้านสื่อมวลชน เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารทางการเกษตรจากโทรทัศน์ ซึ่งจากการสัมภาษณ์ พบว่าเป็นช่องทางที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิใช้ในการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร เนื่องจากการเสนอข้อมูลน่าสนใจ มีภาพประกอบ และมีเสียงบรรยาย ทำให้เข้าใจง่ายและสะดวก สอดคล้องกับ ด้านสื่อกิจกรรม เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารทางการเกษตรจากการจัดประชุม ซึ่งจากการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างพบว่า ภาครัฐให้การส่งเสริมพัฒนาความรู้ และทักษะเกี่ยวกับการเกษตร แสดงให้เห็นว่าหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถสื่อสารให้

ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ผู้การรับรู้ของเกษตรกร พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอยี่งอ จังหวัดนครราชสีมา โดยนำจุดเด่นของสื่อแต่ละชนิดมาใช้ร่วมกันเพื่อให้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ไปยังเกษตรกรได้ดังนี้ โดยเจ้าหน้าที่ส่งเสริมจะช่วยให้การพูดคุยหรือชี้แจง ทำความเข้าใจในมนัข้าวชกุงได้ดีกว่า สื่อโทรทัศน์จะเน้นความรวดเร็วและสะดวกต่อการเผยแพร่ข่าวสารในวงกว้าง อย่างทั่วถึง สำหรับการจัประชุมนั้น ควรใช้ร่วมกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมในลักษณะจัดทำเป็นกิจกรรม เพื่อเน้นการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ร่วมกันได้

ความต้องการความรู้สำหรับการผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP โดยรวมทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแม้ว่าเกษตรกร พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอยี่งอ จังหวัดนครราชสีมา จะมีความต้องการข้าวสารอยู่ในระดับปานกลาง แต่ก็ยังต้องการข้าวสารเพื่อช่วยเหลือ เพิ่มผลผลิตในการปลูกข้าวและวิธีการเก็บรักษา ไม่ว่าจะเป็นเป็นความรู้ในด้านแหล่งน้ำ พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก การผลิต การเก็บเกี่ยวที่ให้คุณภาพที่ดี รวมถึงสถานที่เก็บรักษาภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ตลอดจนการจดบันทึก เพื่อให้ได้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับข้าวที่ถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตและคุณภาพข้าวอย่างมีประสิทธิภาพนั่นเอง

เมื่อพิจารณาแต่ละข้อกำหนดของ GAP ข้าว พบว่า เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านน้ำ อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากเกษตรกรใช้น้ำฝน และอาศัยระบบชลประทานที่มีพื้นที่ทำนาข้าวไกลคลองส่งน้ำจะทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำ ดังนั้นในบางพื้นที่จึงจำเป็นต้องมีการใช้น้ำ โดยขาดการพิจารณาว่าน้ำมีการปนเปื้อนของวัตถุอันตรายหรือไม่

ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านพื้นที่ปลูก อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากเกษตรกรส่วนมากมีความรู้พื้นฐานว่าพื้นที่ใดเหมาะสมต่อการปลูกข้าวหอมมะลิ แต่ยังมีการใช้พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมในการปลูกข้าวหอมมะลิให้เห็นอยู่เนิ่น เพราะว่าถ้าไม่ใช้พื้นที่เหล่านี้ปลูกข้าว พื้นที่ก็จะว่างเปล่าไม่ได้ใช้ประโยชน์ และเกษตรกรบางรายไม่มีพื้นที่ปลูกเพียงพอแก่ความต้องการของตนเองก็จะเช่าที่นาของคนอื่น เพื่อทำนาข้าวซึ่งส่วนมากเป็นพื้นที่ไกลแหล่งชลประทาน คลองส่งน้ำ และขาดการดูแลรักษา ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิจึงไม่ได้ให้ความสำคัญในการวิเคราะห์ดินมากนักความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร อยู่ในระดับปานกลาง เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิตระหนักถึงอันตรายจากการใช้สารเคมีในนาข้าว ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิที่มีพื้นที่การปลูกข้าวไม่มากนักจะพยายามบำรุงฟื้นดินด้วยมูลสัตว์ปลูกพอเทืองเพื่อการปรับสภาพดิน และกำจัดวัชพืชด้วยตนเองทดแทนการใช้สารเคมีเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรให้น้อยลง

ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านการจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว อยู่ในระดับปานกลาง พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีแปลงการขยายพันธุ์ข้าวหอมมะลิด้วยตนเอง ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวอำเภอยี่งอจะแจกเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิให้บางส่วน เกษตรกรซื้อเมล็ดพันธุ์ตามร้านขายอุปกรณ์การเกษตร และมีการยืมเมล็ดพันธุ์ข้าวจากกลุ่มเพื่อนเกษตรกร จะเห็นว่ามีเมล็ดพันธุ์มาจากหลายแหล่ง ซึ่งมีบางส่วนไม่ได้รับการผลิตที่มีการควบคุมคุณภาพให้เมล็ดพันธุ์ ทำให้มีโอกาสปนพันธุ์มากขึ้น เกษตรกรยังคงต้องการความรู้เรื่องการรับรองพันธุ์ข้าว เพื่อลดปริมาณข้าวเสีย พันธุ์ข้าวปนเปื้อน และทำให้การผลิตได้ข้าวเปลือกตรงตามพันธุ์ สาเหตุการปนเกิณเกณฑ์มาตรฐานทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิ ขายข้าวได้ราคาต่อหน่วยต่ำลง

ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว อยู่ในระดับปานกลาง พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่มีการใช้รถเกี่ยวในนาข้าวหอมมะลิ โดยเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิ มีการว่าจ้างรถเกี่ยว ซึ่งอาจมีการเกี่ยวแปลงข้าวพันธุ์อื่นมาก่อนแล้วไม่ได้ล้างทำความสะอาดให้ดีก่อนการลงเกี่ยวแปลงนาข้าวหอมมะลิของเกษตรกร เป็นเหตุทำให้อาจจะปนพันธุ์อื่น จึงควรมีการเจรจากับเจ้าของรถเกี่ยวก่อนการลงเกี่ยวแปลงนาข้าวหอมมะลิ ว่าต้องมีการล้างทำความสะอาดรถเกี่ยวก่อนลงเกี่ยวแปลงนาข้าวหอมมะลิโดยอาจจะการรวมกลุ่มหรือการต่อรองกับเจ้าของรถเกี่ยวร่วมกับเพื่อนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิที่มีพื้นที่ใกล้

เคียงกันหลายท่านไปในแนวทางปฏิบัติเดียวกัน

ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านการขนย้าย การเก็บรักษา และการรวบรวมข้าวเปลือก อยู่ในระดับปานกลาง พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ปฏิบัติกันอยู่แล้ว แต่ยังมีปัญหาเรื่องมอดข้าวในยุ้งฉางอยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรจะปลูกข้าวหอมมะลิพันธุ์เดียว และเมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จสำหรับเกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ในการตากลดความชื้น และเก็บรักษาจะขายสดทันทีที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิที่มีพื้นที่ในการตากก็จะตากให้แห้งก่อนแล้วนำมาขายก็จะได้ราคาสูงกว่า ที่เหลือเกษตรกรบางรายก็จะเก็บไว้เพื่อบริโภคในครอบครัว

ความต้องการความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล อยู่ในระดับมาก เนื่องจากมีเกษตรกรบางส่วนมีการจดบันทึกค่าใช้จ่าย การซื้อปุ๋ย ค่าจ้างรถเกี่ยว ค่ารถไถ ค่าเมล็ดพันธุ์ และค่าเช่าที่ แต่ไม่พบการจดบันทึกการปฏิบัติงานที่ถูกต้องตามขั้นตอน GAP ของกรมการข้าว และยังพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความต้องการจดบันทึกข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับ ประถม ทองเซอร์ (2553) ที่พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการจดบันทึกข้อมูลในระดับมาก เนื่องจากเกษตรกรไม่ทราบวิธีการจดบันทึกข้อมูล ถึงแม้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ได้ผ่านการฝึกอบรมด้าน GAP มากกว่า 2 ครั้งแต่เกษตรกรก็ยังต้องการความรู้ดังกล่าวเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำ GAP แต่ปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิ บางส่วนใหญ่เขียนหนังสือไม่เป็น และสายตาสั้นเนื่องจากสูงอายุ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิมีความต้องการความรู้ในระดับมาก คือ ด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล และมีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง ประกอบด้วย ด้านแหล่งน้ำมีพื้นที่ปลูกมีการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ด้านการจัดการคุณภาพในการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว และด้านการขนย้าย และการเก็บรักษามีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารทางการเกษตรผ่านสื่อบุคคล เจ้าหน้าที่การส่งเสริมเกษตร สื่อมวลชนจากโทรทัศน์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์จากการจัดประชุม ดังนี้

1. ด้านสื่อบุคคล พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารทางการเกษตรจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริม เรื่องการส่งเสริมการปลูกข้าวหอมมะลิ โดยเป็นทางจังหวัดนครราชสีมา นโยบายส่งเสริมให้ปลูกข้าวหอมมะลิ และสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐาน เป็นวิธีการที่มีความสำคัญจุดมุ่งหมายเพื่อให้บุคคลได้รับข่าวสารความรู้ข้อปรึกษาแนะนำโดยละเอียดตามความสนใจแต่ละบุคคล

2. ด้านสื่อมวลชน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารทางการเกษตรจากโทรทัศน์ เป็นช่องทางที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิใช้ในการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร เนื่องจากน่าสนใจ มีภาพประกอบ และมีเสียงบรรยาย ทำให้เข้าใจง่ายและสะดวก

3. ด้านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารทางการเกษตรจากการจัดภาครัฐให้การส่งเสริมพัฒนาความรู้ และทักษะเกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐาน เนื่องจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไม่จำเป็นต้องเป็นการจัดประชุม การจัดงานนิทรรศการ การฝึกอบรม เป็นต้น มีจุดเด่นอยู่ตรงที่สามารถเปิดโอกาสให้เกษตรกรพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดนครราชสีมา สามารถแลกเปลี่ยน เรียนรู้ร่วมกันได้ เปิดโอกาสให้ซักถามถึงข้อสงสัย และยังให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องได้จากการร่วมทำกิจกรรมดังกล่าวร่วมกัน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐาน GAP เพื่อสร้างความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้การผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP แล้วนำไปปรับใช้ให้ถูกต้อง และเพื่อให้เกษตรกรเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการปลูกข้าวหอมมะลิให้สอดคล้องกับ GAP ดังนั้นจึงควรมีหน่วยงานที่มีเกี่ยวข้อง ผลิตสื่อโทรทัศน์ทางการเกษตรที่ให้ความรู้ เพื่ออีกช่องทางที่เผยแพร่ข้อมูลเกษตรกรรับสื่อได้รวดเร็ว

2. เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิมียุทธศาสตร์ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงกว่ารายได้ แนะนำให้มีการรวมกลุ่มเกษตรกรเพื่อวางแผนการผลิตก่อนการลงแปลงนาข้าวหอมมะลิ ร่วมกับเพื่อนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกันหลายท่านไปในแนวทางปฏิบัติเดียวกัน และให้ความรู้การจดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล

3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการออกติดตามผลการทำการเกษตร เพื่อให้ทราบปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิของเกษตรกร พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอนิคมาย จังหวัดนครราชสีมา และการแก้ปัญหาให้ทันทั่วทั้ง

4. หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรหาวิธีการเพื่อลดรายจ่ายในการผลิตข้าวหอมมะลิตามมาตรฐาน GAP ของเกษตรกรพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ อำเภอนิคมาย จังหวัดนครราชสีมา เช่น หาเทคโนโลยีที่ช่วยในการลดต้นทุน หาช่องทางการจัดจำหน่ายให้กว้างขวางมากขึ้น เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2554. การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าว จังหวัดนครราชสีมา. ศูนย์วิจัยข้าวนครราชสีมา.
- ประดม ทองเชอร์. 2553. ความต้องการความรู้เกี่ยวกับการผลิตพืชผักตามการเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของเกษตรกรศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- นิพนธ์ พัวพงศกร, บุญจิต ฐิตาภิวัฒน์กุล, ประพินวดี ศิริคุลลักษณ์, อธิยา นิตินันท์ประภาส, และวารีรัตน์ เพชรสีม่วง. 2556. โครงการอุปสงค์บริโภคข้าวของไทย. มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2548. สถิติการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตและผลผลิตต่อปี 2556. [Online]. Available from <http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/majorrice.pdf> /. 1 พฤศจิกายน 2557.
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2553. ข้อมูลพันธุ์ข้าว กรมการข้าว องค์ความรู้เรื่องข้าว. (Online). Available from <http://brrd.in.th/>. 1 กุมภาพันธ์ 2558.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลสถิติข้าว. [Online]. Available from http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php/. 30 เมษายน 2558.
- สำนักงานจังหวัดนครราชสีมา. 2557ก. บรรยายสรุปจังหวัดนครราชสีมา. [Online]. Available from <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/30000000.pdf>. 10 เมษายน 2558.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา. 2557ข. การจัดการพื้นที่ปลูกข้าวตามความเหมาะสมของพื้นที่ (Zoning ข้าว). [Online]. Available from <http://r03.idd.go.th/nma01/web/doc/Zonning.pdf> / 10 เมษายน 2558.
- โครงการส่งเสริมและพัฒนามาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารปลอดภัย. กิจกรรมผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิมาตรฐาน. ประจำปีงบประมาณ ปี 2558.
- สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. 2558. รายงานวิเคราะห์สถานการณ์การจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. [Online]. Available from http://osthailand.nic.go.th/masterplan_area/userfiles/. 24 เมษายน 2558.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2557. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. (พ.ศ. 2555 – 2559).[Online]. Available from <http://nesdb.go.th/>. 1 เมษายน 2558.

การคัดแยกและการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโปรไบโอติกเบื้องต้น จากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

Preliminary Screening and Selection of Lactic Acid Bacteria with Potential Probiotic Properties from Fermented Meat Products

ผศ. ดร. ดั่งวัชรินทร์¹ จิรโรจน์ นิธิสันถวะคุปต์¹ และกานต์ สุขสุพพย¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโปรไบโอติกเบื้องต้นจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก โดยแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมักจำนวน 42 ตัวอย่าง ได้แก่ แหนมหมู แหนมไก่ แหนมเนื้อ และไส้กรอกอีสาน ที่วางจำหน่ายในตลาดสดกรุงเทพมหานคร จากการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจำนวนทั้งหมด 325 ไอโซเลท พบว่า แบคทีเรียแลคติกที่เจริญได้ดีเยี่ยม และเจริญได้ดีจำนวน 237 ไอโซเลท (72.92%) และ 17 ไอโซเลท (5.23%) ตามลำดับ จากนั้นทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธีการ agar spot พบว่าแบคทีเรียแลคติกจำนวน 26 ไอโซเลท (10.24%) มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทุกสายพันธุ์ โดยมีแบคทีเรียแลคติกจำนวน 3 และ 26 ไอโซเลท สามารถรอดชีวิตในสภาวะกรดที่ค่า pH 2 และ 3 โดยมีปริมาณ $10^1 - 10^2$ cfu/ml และ $10^1 - 10^4$ cfu/ml ตามลำดับ ในขณะที่แบคทีเรียแลคติกทุกไอโซเลทสามารถทนและเจริญในสภาวะที่มีเกลือ น้ำดี ความเข้มข้น 0.3%, 0.6% และ 1% โดยมีแบคทีเรียแลคติกจำนวน 8 ไอโซเลท ที่สามารถทนในสภาวะที่ค่า pH 2 - 3 และเจริญในสภาวะที่มีเกลือ น้ำดี ความเข้มข้น 1% ได้มากกว่า 60% ซึ่งมีสมบัติของโปรไบโอติกเบื้องต้นที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เป็นกล้ำเชื้อโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักต่อไป

คำสำคัญ : การคัดเลือก การคัดแยก แบคทีเรียแลคติก โปรไบโอติก ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

Abstract

The aims of this study were preliminary screen and select for preliminary property of potential probiotic lactic acid bacteria (LAB) isolated from fermented meat products. The LABs were isolated from fermented meat products 42 samples such as pork Nham, chicken Nham, beef Nham and fermented sausages that in Bangkok's local markets. Among 325 LAB isolates obtained, 237 isolates (72.92%) and 17 isolates (5.23 %) showed excellent and well growth rate, respectively. The antibacterial activity of LABs against 4 pathogenic bacteria namely, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium* and *Escherichia coli*, was detected by agar spot test. The growth of all pathogens was inhibited by 26 LAB isolates (10.24%). In acid condition at pH 3 and 4, the 3 and 26 LAB isolates survived in range of $10^1 - 10^2$ and $10^1 - 10^4$ cfu/ml, respectively. However, all LAB isolates tolerated and grew in 0.3, 0.6 and 1% bile salt conditions. The 8 LAB isolates tolerated at pH 2-3 condition and grew more than 60% in 1% bile salt condition that are preliminary probiotic property. These LABs are suitable probiotic culture for application in fermented meat products.

Keywords: selection, screening, lactic acid bacteria, probiotic, fermented meat products

1 ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

คำนำ

โพรไบโอติก (probiotic) เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์และสัตว์ซึ่งช่วยปรับสมดุลของสภาพแวดล้อมในระบบทางเดินอาหาร โดยช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ก่อโรคอาหารเป็นพิษเกาะติดผนังลำไส้ และหลังสารพิษที่มีผลทำให้เยื่อลำไส้อักเสบ จากสมบัติดังกล่าวจึงได้มีการนำเอาโพรไบโอติกมาใช้ในการรักษาหรือบรรเทาอาการท้องเดิน และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยแบคทีเรียโพรไบโอติกที่สำคัญ ได้แก่ *Bifidobacterium* spp. และ *Lactobacillus* spp. ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียแลคติก เป็นแบคทีเรียแกรมบวกไม่สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นท่อนยาว หรือสั้น และกลม หรือเกาะกันเป็นสายยาว รูปร่างของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม สามารถทนกรดได้ดี (Erkkilä and Petäjä, 2000) ส่วนมากแบคทีเรียแลคติกต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (microaerophile) แต่มีเพียงบางชนิดที่ไม่ต้องการอากาศสำหรับการเจริญ มักพบในอาหารหมักดอง เช่น เนื้อหมัก นมหมัก ผักดอง และปลาหมัก โดยมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก เช่น การผลิตกรดอินทรีย์ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในผลิตภัณฑ์ลดลง การผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแบคทีเรียโพรไบโอติกช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ และผลิตโคเอนไซม์บี12 ให้กลูตาเมต (Ammor et al., 2006) ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อสุขภาพและความปลอดภัยมากขึ้น ดังนั้นการใช้แบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโพรไบโอติกในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมักจึงช่วยส่งเสริมกระบวนการหมัก ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ โดยแบคทีเรียที่มีสมบัติโพรไบโอติกต้องมีลักษณะทนต่อสภาวะในกระบวนการหมัก ทนต่อความเป็นกรด-ด่าง และเกลือน้ำดี จึงได้มีการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก และนำมาประยุกต์ใช้เป็นค่าเชื้อโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Leroy et al., 2006) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโพรไบโอติกเบื้องต้นจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่จำหน่ายในตลาดสดในกรุงเทพมหานคร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

การคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมักท้องถิ่นที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 ตัวอย่าง ได้แก่ แหนมหมู แหนมซี่โครงหมู แหนมเนื้อ แหนมเอ็นไก่ และไส้กรอกอีสาน โดยการเก็บรวบรวมตัวอย่างจากตลาดสดในกรุงเทพมหานคร ทำการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกตามวิธีการของ Murray et al. (1994) และ Axelsson (1993) โดยชั่งตัวอย่างอาหารที่เป็นของแข็ง 25 กรัม ลงในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้นที่ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร streak plate บนอาหาร de man Rogosa and Sharp (MRS) agar แล้วนำสารละลายตัวอย่างมาทำการเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม จากนั้น pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีที่มีขนาด รูปร่างและสีที่แตกต่างกัน ตรวจสอบสมบัติแบคทีเรียแลคติกเบื้องต้นโดยการย้อมสีแกรม ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ และการสร้างเอนไซม์อะไมเลส จากนั้นเก็บรักษาแบคทีเรียแลคติกที่แยกได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS ที่มีการเติมสารละลาย glycerol ความเข้มข้นสุดท้าย 20% ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไอโซเลตที่มีสมบัติเป็นแบคทีเรียแลคติกเบื้องต้นไปศึกษาความสามารถในการเจริญต่อไป

2. การวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก โดยดัดแปลงวิธีการ AOAC. (1984) ซึ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อหมักจำนวน 10 กรัม ผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องตีปั่นไฟฟ้า (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France) ทำการวัดค่า pH ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัด pH Mettler Toledo 320 (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) และบันทึกค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมักต่างๆ

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

การวิเคราะห์ความสามารถในการเจริญของแบคทีเรียแลคติกดัดแปลงจากวิธีการของ ภณิดา และคณะ (2557) โดยถ่ายแบคทีเรียแลคติกที่ได้จากการคัดแยกในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดการเจริญด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu model UV – 1601, Japan) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยวิเคราะห์ค่าความสามารถในการเจริญของแบคทีเรียแลคติกจำนวน 3 ซ้ำต่อไอโซเลท เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ตั้งแต่ 1 ถึง 1.5 และทำการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษต่อไป

4. ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษด้วยวิธี agar spot (Schillinger and Lucke, 1989) โดยทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแลคติกในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง นำเชื้อ 1 ลูป และบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการผสมเชื้อ *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium และ *Escherichia coli* เติมนลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSBYE soft agar โดยแบคทีเรีย 1 ชนิดต่อ 1 หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยมีจำนวนแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษเริ่มต้นที่ 10^6 cfu/ml เท soft agar ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วเกลี่ยให้ทั่วจานอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการบันทึกข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ และคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้ง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการยับยั้ง ดังสมการด้านล่างโดยดัดแปลงวิธีการของ Makras and Vuyst (2006)

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ

$$= \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสรอบโคโลนี} - \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนี}$$

ทำการแปลงค่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษเป็น 4 ระดับ ดังนี้ คือ (-) คือ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่ 0 มิลลิเมตร (+) คือ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่ 1 - 8 มิลลิเมตร (++) คือ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่ 8 - 12 มิลลิเมตร (+++) คือ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่มากกว่า 12 มิลลิเมตร ทำการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีค่าประสิทธิภาพการยับยั้งของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้ง 4 สายพันธุ์ เพื่อทำการศึกษารอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกที่ pH ต่าง ๆ และระดับความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ ต่อไป

5. การรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในสภาวะค่า pH ต่าง ๆ

การศึกษารอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในค่า pH ต่าง ๆ ดัดแปลงวิธีการของ Erkkilä and Petäjä (2000) โดยนำแบคทีเรียแลคติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่ได้มาทำการศึกษารอดชีวิตในค่า pH ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS ที่ทำการปรับค่า pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 ด้วยสารละลาย 5 N NaOH และ 8 N HCl โดยมีแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นประมาณ 10^6 cfu/ml และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนับปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิต ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่สามารถรอดชีวิตได้ในสภาวะที่มีค่า pH 2 - 8 ร่วมกับสภาวะที่มีเกลือต่าง ๆ เพื่อหาแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติโปรไบโอติกเบื้องต้นไปเก็บรักษา และนำไปศึกษาการทนต่อเกลือต่าง ๆ ของแบคทีเรียแลคติกต่อไป

6. การทนต่อเกลือแร่ของแบคทีเรียแลคติก

การศึกษาการทนต่อเกลือแร่ของแบคทีเรียแลคติก ดัดแปลงวิธีการของ Erkkilä and Petäjä (2000) และ Garcia-Ruiz *et al.* (2014) โดยทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแลคติกในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และที่มีการเติมเกลือแร่ (bile salts) ความเข้มข้น 0, 0.3, 0.6 และ 1.0% ซึ่งทำการปรับค่า pH 8 ด้วยสารละลาย 5 N NaOH โดยมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นประมาณ 10^8 cfu/ml นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นหาจำนวนของแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตทุกระดับความเข้มข้นเกลือแร่ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียแลคติกแต่ละกลุ่ม และคำนวณหาร้อยละการเจริญดังสมการ

$$\text{ร้อยละการเจริญของแบคทีเรียแลคติก} = \frac{\text{จำนวนแบคทีเรียแลคติกในเกลือแร่ที่ความเข้มข้นต่างๆ}}{\text{จำนวนแบคทีเรียแลคติกในกลุ่มควบคุม}} \times 100$$

ทำการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติโปรไบโอติกเบื้องต้น และทนต่อเกลือแร่ที่ความเข้มข้น 1.0 % โดยมีร้อยละการเจริญของแบคทีเรียแลคติกที่มากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป เพื่อทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

จากการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกในตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่วางจำหน่ายในตลาดสดกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 ตัวอย่าง สามารถแยกแบคทีเรียที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ได้ทั้งหมด 375 ไอโซเลท เพื่อทำการทดสอบสมบัติเบื้องต้นของแบคทีเรียแลคติกด้วยการย้อมสีแกรม การสร้างเอนไซม์อะไมเลส โดยพบว่า แบคทีเรียแลคติกที่คัดแยกได้ไม่สร้างเอนไซม์อะไมเลสจำนวน 354 ไอโซเลท และเป็นแบคทีเรียแกรมบวกจำนวน 325 ไอโซเลท โดยมีเซลล์ที่มีรูปท่อน 259 ไอโซเลท และทรงกลมจำนวน 66 ไอโซเลท (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมใจ และคณะ (2550) ได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากอาหารหมักชนิดต่างๆ จำนวน 50 ตัวอย่าง โดยสามารถคัดแยกแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างเอนไซม์อะไมเลส จำนวน 131 ไอโซเลท มีรูปร่างท่อน 110 ไอโซเลท รูปไข่ 7 ไอโซเลท และทรงกลมจำนวน 14 ไอโซเลท เช่นเดียวกับ ภณิดา และคณะ (2557) ทำการคัดแยกและคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจากตัวอย่างผัก และอาหารหมักรวมจำนวน 32 ตัวอย่าง โดยคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมักได้ 10 ไอโซเลท และจากผลิตภัณฑ์อื่นๆ 99 ไอโซเลท ซึ่งจัดเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างแท่ง หรือกลม และไม่สร้างเอนไซม์อะไมเลส โดยจากการศึกษาครั้งนี้สามารถคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์แฮมซึ่งโครงหมูได้มากที่สุด รองลงมาคือ แฮมหมู ไส้กรอกอีสาน หมู แฮมเนื้อวัว และแฮมเอ็นไก่ ซึ่งมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่แยกได้มีค่าเฉลี่ย 10.00, 8.00, 7.63, 6.50 และ 6.00 ไอโซเลทต่อตัวอย่าง ตามลำดับ (Table 2)

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรหมัก ได้แก่ ไส้กรอกอีสาน แฮมหมู และแฮมซึ่งโครงหมูมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.1 – 4.7 อาจแสดงได้ว่า ผลิตภัณฑ์มีกิจกรรมกระบวนการหมัก และจำนวนแบคทีเรียแลคติกมาก ส่งผลให้ผลิตรวดมาก ทำให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แฮมเนื้อวัว และแฮมเอ็นไก่ มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.5 – 4.9 แสดงได้ว่าผลิตภัณฑ์มีกิจกรรมกระบวนการหมักและจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่น้อยกว่า จึงส่งผลให้พบแบคทีเรียแลคติกน้อยกว่าแฮมหมูและไส้กรอกอีสาน นอกจากนี้ Ruiz-Moyano *et al.* (2008) ยังได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้งโอปรีเรีย ซึ่งสามารถคัดแยกแบคทีเรียแลคติกได้จำนวนทั้งหมด 363 ไอโซเลท เป็น *Lactobacillus* spp., *Lactococci* spp. และ *Enterococci* spp. จำนวน 263, 44 และ 56 ไอโซเลท ตามลำดับ

Table 1. Screening number of LAB isolated from fermented meat products collected from local market in Bangkok.

Fermented meat product	Expected LAB colony number			LAB isolate number	
	MRS agar	Catalase test (-)	Gram stain (+)	Bacilli	Cocci
Nham (pork)	220	216	206	160	46
Nham (pork ribs)	24	22	20	19	1
Nham (beef)	20	15	13	11	2
Nham (chicken tendon)	10	6	6	6	-
Thai fermented sausage	101	95	80	63	17
Total	375	354	325	259	66

Table 2 Number of LAB isolated from fermented meat products collected from local market in Bangkok.

Traditional fermented meat product	pH value of samples	Sample number	LAB isolate number	LAB isolate number per sample
Thai fermented sausage (pork)	4.3 – 4.7	10	80	8.00
Nham (pork)	4.1 – 4.7	27	206	7.63
Nham (pork ribs)	4.2 – 4.6	2	20	10.00
Nham (beef)	4.7 – 4.9	2	13	6.50
Nham (chicken tendon)	4.5 – 4.6	1	6	6.00
Total		42	325	

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

การวิเคราะห์ความสามารถในการเจริญของแบคทีเรียแลคติกใน Table 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของแบคทีเรียแลคติกที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (Abs_{600nm}) โดยพบว่า แบคทีเรียแลคติกจำนวน 237 ไอโซเลต (72.92%), 17 ไอโซเลต (5.23%) และ 71 ไอโซเลต (21.85%) สามารถเจริญได้ดีเยี่ยม เจริญได้ดี และเจริญได้ไม่ดีตามลำดับ จากนั้นคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจำนวน 254 ไอโซเลต ที่มีค่า Abs_{600nm} ตั้งแต่ 1 ขึ้นไป เพื่อทำการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษต่อไป

Table 3 LAB growth isolated from fermented meat products in Bangkok's markets.

Absorbance (Abs_{600nm})	Growth levels	Isolate number	Isolate Percentages
> 1.5	Excellent-growth	237	72.92
1.0 – 1.5	Well- growth	17	5.23
< 1.0	Poor-growth	71	21.85
Total		325	100.00

3. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* และ *E. coli* ด้วยเทคนิค agar spot assay (Schillinger and Lucke, 1989) พบว่า แบคทีเรียแลคติกทั้งหมดจำนวน 254 ไอโซเลท มีความสามารถในการยับยั้ง *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. Typhimurium* และ *E. coli* จำนวน 53, 57, 45 และ 57 ไอโซเลท ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tharmaraj and Shah (2009) พบว่า โพรไบโอติกมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้งแบคทีเรียแกรมบวก และแบคทีเรียแกรมลบ โดยมีบริเวณการยับยั้งการเจริญ 19 และ 14 มิลลิเมตร ตามลำดับ อีกทั้งสอดคล้องกับ Shanthya *et al.* (2011) ที่ทำการศึกษการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียแกรมลบของแบคทีเรียแลคติก พบว่า เชื้อ *Lactobacilli* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* ได้โดยมีค่าความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 26 และ 28 มิลลิเมตร ตามลำดับ อีกทั้ง Hwanhlem *et al.* (2011) ยังได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากปลาสดจำนวน 14 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ *S. salivarius* LD219, *Enterococcus faecalis* LPS04, LPS17 และ LPS18 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* sp., *S. aureus* และ *E. coli* ได้ดีที่สุด

Table 4 Inhibition zone¹ of LAB isolated from fermented meat products in Bangkok's markets.

Pathogen growth inhibition	Inhibition zone (mm)	(+++)	(++)	(+)	(-)
<i>L. monocytogenes</i>	isolate no.	1	9	43	201
	percentages	0.39	3.54	16.93	79.13
<i>S. aureus</i>	isolate no.	5	10	42	197
	percentages	1.97	3.94	16.54	77.56
<i>S. Typhimurium</i>	isolate no.	2	9	34	209
	percentages	0.79	3.54	13.39	82.28
<i>E. coli</i>	isolate no.	2	4	51	197
	percentages	0.79	1.57	20.08	77.56

¹ (-) : ≤ 0 mm; (+) : 1 - 8 mm; (++) : 8 - 12 mm; (+++) : > 12 mm.

Table 5 แสดงความสามารถของแบคทีเรียแลคติกในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ โดยพบว่า แบคทีเรียแลคติกจำนวน 26 ไอโซเลท มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* และ *E. coli* นอกจากนี้ยังพบว่า แบคทีเรียแลคติกที่คัดแยกได้มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ได้เป็นจำนวน 42 และ 36 ไอโซเลท ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lima *et al.* (2007) ที่ทำการคัดแยกเชื้อ *Lactobacilli* จากกระเพาะพักและไส้ตึงของลูกไก่ พบว่าเชื้อ *Lactobacilli* จำนวน 265 ไอโซเลท มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบโดยเชื้อ *Lactobacillus* spp. โดยเฉพาะเชื้อ *L. reuteri* และ *L. salivarius* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* และ *Salmonella* spp. ดังนั้นจึงคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้ง 4 สายพันธุ์ (26 ไอโซเลท) เพื่อนำไปศึกษาการรอดชีวิตในช่วง pH ต่างๆ และการทนต่อเกลือ น้ำดีต่อไป

Table 5 Isolated number of LAB on pathogens growth inhibition.

Pathogens growth inhibition ¹	Isolate number of LAB
0 strain (no inhibition zone)	29
1 strain (each single of positive and negative gram)	44
2 stains (each single of positive and negative gram)	54
2 stains of positive gram	42
2 stains of negative gram	36
3 stains	23
4 stains	26

¹ indicator strains (*S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* and *E. coli*).

4. การศึกษาผลการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในสภาวะค่า pH ต่าง ๆ

จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในช่วง pH ต่างๆ โดยการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแลคติก 26 ไอโซเลท ใน MRS broth ที่มีการปรับค่า pH ที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 พบว่า ที่สภาวะค่า pH 2 มีแบคทีเรียแลคติกเพียงจำนวน 3 ไอโซเลท ที่สามารถในการรอดชีวิตอยู่ในช่วง 10^1 ถึง 10^2 cfu/ml ในขณะที่สภาวะค่า pH 3 มีแบคทีเรียแลคติก จำนวน 26 ไอโซเลท สามารถรอดชีวิตอยู่ในช่วง 10^1 ถึง 10^4 cfu/ml (Table 6) ที่สภาวะค่า pH 4 มีแบคทีเรียแลคติกจำนวน 18 และ 8 ไอโซเลท สามารถรอดชีวิตอยู่ในช่วง 10^4 ถึง 10^5 และมากกว่า 10^6 cfu/ml ตามลำดับ และที่สภาวะค่า pH 5 - 8 แบคทีเรียแลคติกทั้ง 26 ไอโซเลท สามารถรอดชีวิตและเจริญได้มากกว่า 10^6 cfu/ml ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียแลคติกมีค่า pH เหมาะสมต่อการเจริญโดยอยู่ในช่วง 5.58 - 6.20 แต่จะมีอัตราการเจริญลดลงเมื่อมีค่า pH ลดลง หรือเพิ่มขึ้น (Salminen *et al.*, 1993) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Ruiz - Moyano *et al.* (2008) ที่ทำการคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากไส้กรอกหมักแห้งไอบีเรียโดยพบว่า แบคทีเรียแลคติกสามารถเจริญได้ดีที่ค่า pH 5 และ 5.5 โดยมีความสามารถในการรอดชีวิตได้ถึง 34.6 % โดยมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่ 6 - 8 log cfu/g ภายหลังการบ่ม 24 ชั่วโมง ในขณะที่สภาวะค่า pH 4 แบคทีเรียแลคติกสามารถรอดชีวิตได้ลดลงเหลือเพียง 10 %

Table 6 Survival of LABs at different pH level conditions.

pH	Isolates No. at difference growth levels (cfu/ml)					
	< 10^1	10^1 - 10^2	10^2 - 10^3	10^3 - 10^4	10^4 - 10^5	> 10^6
2	23	3	-	-	-	-
3	-	9	11	6	-	-
4	-	-	-	-	18	8
5	-	-	-	-	-	26
6	-	-	-	-	-	26
7	-	-	-	-	-	26
8	-	-	-	-	-	26

5. การทนต่อเกลือแร่ของแบคทีเรียแลคติก

จาก Table 7 แสดงความสามารถในการทนต่อเกลือแร่ของแบคทีเรียแลคติก โดยดัดแปลงวิธีการจาก Erkkilä and Petäjä (2000) และ Garcia-Ruiz *et al.* (2014) พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นของเกลือแร่แบคทีเรียแลคติกส่วนใหญ่สามารถทนและเจริญได้จากแบคทีเรียแลคติกทั้งหมด 26 ไอโซเลท มีแบคทีเรียแลคติกที่สามารถทนต่อเกลือแร่ที่ความเข้มข้น 0.3, 0.6 และ 1.0% และมีการเจริญร้อยละ 100 มีจำนวน 10, 7 และ 3 ไอโซเลท ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Bao *et al.* (2010) โดยพบว่า การคัดเลือกโปรไบโอติกสายพันธุ์ *Lactobacillus fermentum* จากผลิตภัณฑ์นมจำนวน 11 สายพันธุ์ โดย *L. fermentum* F6 สามารถทนต่อเกลือแร่ได้มากที่สุด ในขณะที่ *L. fermentum* IMAU60151, IMAU60083, IMAU20080 และ IMAU60120 มีความสามารถทนต่อเกลือแร่ที่ต่ำกว่า เช่นเดียวกับ Zoumpopoulou *et al.* (2007) พบว่า *L. fermentum* ACA-DC 179 สามารถทนต่อเกลือแร่ได้ถึงความเข้มข้น 2% ในขณะที่ Lin *et al.* (2007) ทำการคัดเลือก *L. fermentum* SGM3 จากเนื้อไก่ พบว่าสามารถทนต่อความเข้มข้นของเกลือแร่ที่ 0.3% ได้ 100% และเมื่อพิจารณาการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกที่สภาวะ pH 2 - 3 ร่วมกับเกลือแร่ที่ความเข้มข้น 1 % ซึ่งสามารถเจริญได้มากกว่า 60% มีแบคทีเรียแลคติกจำนวน 8 ไอโซเลท ที่มีสมบัติดังกล่าว ได้แก่ 1011C2, 1011-1C2, 1012C2, 2021B1, 5031A2, 601-21B1, 73-21A2 และ 8031C1

Table 7 Growth percentages of LABs at different bile salt concentrations.

Strain	% Growth in bile salt concentration			Strain	% Growth in bile salt concentration		
	0.30%	0.60%	1.00%		0.30%	0.60%	1.00%
1011B1	99.55	100.00	100.00	2021B1	98.88	98.01	82.95
1011B2	98.42	86.54	54.66	4011A1	12.20	13.20	12.60
1011C2	100.00	100.00	91.42	43-11A2	97.86	92.44	21.42
1011-1C2	100.00	98.77	68.41	5031A2	97.13	100.00	79.67
1012C2	100.00	100.00	100.00	601-12A2	100.00	60.59	14.50
1031B1	90.19	83.02	72.39	601-22B1	12.00	13.20	12.80
1031C2	11.77	15.44	18.76	601-21B1	100.00	96.04	85.97
1032A1	94.19	67.99	29.94	612-32C1	100.00	66.33	56.98
12-11A3	100.00	100.00	8.22	73-21A2	100.00	75.04	61.76
13-12B1	100.00	93.46	64.14	73-11C2	100.00	100.00	100.00
13-12B2	45.43	25.61	12.80	73-11A1	88.72	100.00	38.80
14-21A2	98.83	84.84	30.38	8031C1	93.43	95.42	66.26
14-22B1	97.37	65.70	22.43	9011B1	98.31	93.75	30.41

อีกทั้งการศึกษานี้ยังพบว่า แบคทีเรียแลคติกบางไอโซเลทสามารถทนต่อเกลือแร่ได้ค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจาก เกลือแร่ส่งผลต่อโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ดังนั้นความสามารถในการทนต่อแร่จึงถือเป็นลักษณะสำคัญของ *Lactobacillus* ซึ่งช่วยให้รอดชีวิตได้ในการย่อยและการดูดซึมของระบบทางเดินอาหาร (Sanders *et al.*, 1996) นอกจากนี้เกลือแร่มีผลต่อการอยู่รอดของเชื้อ *Lactobacillus* แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และความเข้มข้นของเกลือแร่ ซึ่งความเข้มข้นของเกลือแร่ในลำไส้มีแปรปรวนตั้งแต่ 1.5 % ถึง 2.0 % (w/v) ในช่วงแรกของการทำงานของอาหาร และหลังจากนั้นลดลงประมาณ 0.3 % (w/v) โดยการทนต่อเกลือแร่ของแบคทีเรีย

แลคติกขึ้นอยู่กับการไฮโดรไลซ์เกลือแร่ของแต่ละสายพันธุ์ เพื่อลดความเป็นพิษเกลือแร่ต่อเซลล์ของแบคทีเรียแลคติก (Noriega *et al.*, 2004) และเมื่อพิจารณาการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกที่สภาวะ pH 2 - 3 ร่วมกับเกลือแร่ที่ความเข้มข้น 1 % ซึ่งสามารถเจริญได้มากกว่า 60% มีแบคทีเรียแลคติกจำนวน 8 ไอโซเลท ที่มีสมบัติดังกล่าว ได้แก่ 1011C2, 1011-1C2, 1012C2, 2021B1, 5031A2, 601-21B1, 73-21A2 และ 8031C1

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษา สามารถคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมักได้ 325 ไอโซเลท แต่มีแบคทีเรียแลคติกเพียง 26 ไอโซเลท ที่มีความสามารถในการเจริญได้ดี และยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษทั้ง 4 สายพันธุ์ได้ และมีแบคทีเรียแลคติก 8 ไอโซเลท ที่สามารถรอดชีวิตได้ในสภาวะ pH 3 และเกลือแร่ที่ความเข้มข้น 1% ซึ่งเป็นสมบัติเบื้องต้นของโปรไบโอติกที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เป็นกัลล้าเชื้อโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ภณิดา เกื้อสุวรรณ, วิลาวัลย์ เจริญจิระตระกูล และดวงพร คันธโชติ. 2557. การคัดเลือกโปรไบโอติกแบคทีเรียแลคติกเพื่อใช้เป็นกัลล้าเชื้อในการผลิตผักดอง. รายงานประชุมวิชาการเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 667-676.
- สมใจ ศิริโชค, ประวิติ อังประภาพรชัย, ขจีนาฏ โพธิเวสกุล และอรอนงค์ พริ้งสุลกะ. 2550. การคัดเลือกและการจัดจำแนกชนิดแบคทีเรียแลคติกที่สร้างแบคทีริโอซินได้จากอาหารหมัก และการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของแบคทีริโอซินที่ผลิตได้. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 23: 92-114.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Ammor, S., G. Tauveron, E. Dofour and L. Chevallier. 2006. Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogenic bacteria isolated from the same meat small-scale facility: 1. Screening and characterization of the antibacterial compounds. Food Control. 17 : 454-461.
- Axelsson, L.T. 1993. Lactic Acid Bacteria : Classification and physiology. In Salminen, S., Ed. Von Wright, A. Lactic Acid Bacteria. Marcel Dekker, New York.
- Bao, Y., Y.C. Zhang, Y. Zhang, Y. Liu, S.Q. Wang, X.M. Dong, Y.Y. Wang and H.P. Zhang. 2010. Screen of potential probiotic properties of *Lactobacillus fermentum* isolated from traditional daily products. Food Control. 21: 695-701.
- Erkkilä, S. and E. Petäjä. 2000. Screening of commercial meat starter cultures at low pH and in the presence of bile salts for potential probiotic use. Meat Sci. 55: 297-300.
- García-Ruiz, A., D.G. de Llano, A. Esteban-Fernández, T. Requena, B. Bartolomé and M.V. Moreno-Arribas. 2014. Assessment of probiotic properties in lactic acid bacteria isolated from wine. Food Microbiol. 44: 220-225.
- Hwanhlem, N., S. Buradaleng, S. Wattanachant, S. Benjakul, A. Tani and S. Maneerat. 2011. Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plasom) and production of Plasom from selected strains. Food Control. 22: 401-407.
- Leroy, F., J. Verluyten and L. Vuyst. 2006. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. Int. J. Food Microbiol. 106: 270-285.
- Lima, E.T., R.L.A. Filho, A.S. Okamoto, J.C. Noujaim, M.R. Barros and A.J. Crocci. 2007. Evaluation in vitro of the antagonistic substances produced by *Lactobacillus* spp. isolated from chickens. Can. J. Vet. Res. 71: 103-107.
- Lin, W.H., B. Yu, S.H. Jang and H.Y. Tsen, 2007. Different probiotic properties for *Lactobacillus fermentum* strains isolated from swine and poultry. Anaerobe, 13: 107-113.
- Makras, L. and L.D. Vuyst. 2006. The *in vitro* inhibition of gram-negative pathogenic bacteria by bifidobacteria is caused by the production of organic acids. Int. Dairy J. 16: 1049-1057.

- Murray, J.M., M. Tavassoli, R. Al-Harthy, K.S. Sheldrick, A.R. Lehmann, A.M. Carr and F.Z. Watts. 1994. Structural and functional conservation of the human homolog of the *Schizosaccharomyces pombe* rad2 gene, which is required for chromosome segregation and recovery from DNA damage. *Molecular Cellular Biol.* 14: 4878-4888.
- Noriega, L., M. Gueimonde, B. Sanchez, A. Margolles, C.G. de los ReyesGavilan. 2004. Effect of the adaptation to high bile salts concentrations on glycosidic activity, survival at low PH and cross resistance to bile salts in *Bifidobacterium*. *Int. J. Food Microbiol.* 94: 79-86.
- Ruiz-Moyano, S., A. Martín, M.J. Benito, F.P. Nevado and M.D.G. Córdoba. 2008. Screening of lactic acid bacteria and bifidobacteria for potential probiotic use in Iberian dry fermented sausages. *Meat Sci.* 80: 715-721.
- Salminen, S., M. Deighton and S. Gorbach. 1993. *Lactic Acid Bacteria*. Marcel Dekker, New York.
- Sanders, M.E., Walker, D.C., Walker, K.M., Aoyama, K. and T.R. Klaenhammer. 1996. Performance of commercial cultures in fluid milk applications. *J. Dairy Sci.*, 79: 943-955.
- Schillinger, U. and F.K. Lucke. 1989. Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 1901-1906.
- Shanthya, R., S. Saranya and N.H. Shenpagam. 2011. Antagonistic effects of lactobacilli on gram-negative bacteria. *J. Adv. Lab. Res. Biol.* 2: 70-72.
- Tharmaraj, N. and N.P. Shah. 2009. Antimicrobial effects of probiotics against selected pathogenic and spoilage bacteria in cheese-base dips. *Int. Food Res. J.* 16: 261-276.
- Zoumpopoulou, G., B. Foline, K. Christodoulou, C. Grangette, B. Pot and E. Tsakalidou. 2007. *Lactobacillus fermentum* ACA-DA 179 displays probiotic potential *in vitro* and protects against trinitrobenzene sulfonic acid (TNBS)-induced colitis and *Salmonella* infection in murine models. *Int. J. Food Microbiol.* 121: 18-26.

การตรวจหาจุลินทรีย์ในดินปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์ Determination of Microbial Population in Soil of Organic Vegetable Farming Systems

ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล¹ กรรณ จินดาประเสริฐ¹ สมเกียรติ สีสทอง¹ และอภิศักดิ์ โพธิ์บัน¹

บทคัดย่อ

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์ 3 แปลง (แปลงบรอกโคลี แปลงแครอท และแปลงมะเขือยาว) และแปลงปลูกผักในระบบเกษตรเคมี 1 แปลง (แปลงกระเทียม) ในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แต่ละแปลงเก็บจำนวน 3 ซ้ำ รวม 12 ตัวอย่าง นำมาตรวจนับหาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีต รา และสาหร่าย ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะเจาะจงต่อจุลินทรีย์แต่ละชนิด ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ พบว่า ดินจากแปลงผักอินทรีย์ทั้ง 3 แปลง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มากกว่าดินจากแปลงผักเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินจากแปลงผักอินทรีย์ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 7.381-7.695 แอคติโนมัยซีต 5.716-5.933 รา 4.489-4.698 และสาหร่าย 3.094-3.332 log CFU /g of dry soil ขณะที่ดินจากแปลงผักเคมีตรวจพบปริมาณแบคทีเรียเพียง 6.686 แอคติโนมัยซีต 5.237 รา 3.811 และสาหร่าย 2.692 log CFU /g of dry soil และพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และ pH ของดิน มีสหสัมพันธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด

คำสำคัญ : จุลินทรีย์ดิน ปริมาณจุลินทรีย์ ผักอินทรีย์ เกษตรอินทรีย์

Abstract

Soil samples were collected from three plots of organic vegetable farming (broccoli plot, carrot plot and egg plant plot) and another of chemical vegetable farming (garlic plot) in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. Each soil sample was performed with 3 replicates using selective media to isolate microbial organisms such as bacteria, actinomycetes, fungi and algae. It was found that all kinds of microbial population in organic vegetable farming soils were significantly higher than that in the chemical vegetable farming soils. Bacteria, actinomycetes, fungi, and algae in the organic vegetable farming soils was found in the range of 7.381-7.695, 5.716-5.933, 4.489-4.698 and 3.094-3.332 log CFU /g of dry soil, respectively. While microbial population of bacteria, actinomycetes, fungi, and algae in the chemical vegetable farming soil existed at 6.686, 5.237, 3.811 and 2.692 log CFU /g of dry soil, respectively. The finding also revealed that the amount of soil organic matters and soil pH had correlations with the amounts of four microbial organisms in soils.

Keywords: soil microbial, microbial population, organic vegetable, organic farming

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

คำนำ

จุลินทรีย์สามารถพบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติทั้งในดิน น้ำ และบริเวณรอบรากพืช โดยเฉพาะดินที่ทำการเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์ที่ไม่มีการปนเปื้อนจากปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืช น่าจะมีความหลากหลายของสายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์ และทำให้ระบบนิเวศมีความสมดุล ซึ่งจุลินทรีย์หลากหลายสายพันธุ์ดังกล่าวมีศักยภาพในการช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ดิน เช่น ช่วยควบคุมเชื้อสาเหตุของโรคพืช ช่วยการละลายแร่ธาตุอาหารพืชในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วยสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชหรือฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และการผลิตสารต่างๆ รวมถึงสารปฏิชีวนะ เอนไซม์ เป็นต้น (Srivastava *et al.*, 2007) อีกทั้งระบบเกษตรอินทรีย์เป็นระบบที่มีการปลูกพืชหนาแน่นน้อยลงและปล่อยให้พืชพรรณธรรมชาติได้ฟื้นตัวขึ้นมา ทำให้แมลงและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมีแหล่งอาหารมากขึ้น เพราะความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตระดับต่าง ๆ ทั้งจุลินทรีย์ แมลง และวัชพืช จะกระตุ้นสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติชนิดอื่น ๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะจุลินทรีย์ดินจำพวกแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส รา และสาหร่ายที่พบอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก ล้วนมีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกระบวนการแปรสภาพของธาตุอาหารพืชในดิน ตลอดจนการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ดังนั้นจึงทำการศึกษาดังกล่าวถึงความหลากหลายของชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์เปรียบเทียบกับดินที่ปลูกผักในระบบเกษตรเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เก็บตัวอย่างดิน

เลือกแปลงผักที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์และที่ปลูกในระบบเกษตรเคมี ในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อเก็บตัวอย่างดินมาตรวจนับหาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดิน โดยเลือกแปลงผักที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลกลางดง จำนวน 3 แปลง (แปลงปลูกบรอกโคลี แปลงปลูกแครอท และแปลงปลูกมะเขือยาว) ซึ่งเริ่มทำเกษตรอินทรีย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 และได้ผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์จากสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (IFOAM) ของอิตาลี และแปลงผักที่ปลูกในระบบเกษตรเคมีตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลวังไทร จำนวน 1 แปลง (แปลงปลูกกระเทียม) รวมเป็น 4 แปลง โดยแต่ละแปลงจะทำการเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample จำนวน 3 ตัวอย่าง (ซ้ำ) รวมตัวอย่างดินที่วิเคราะห์จำนวน 12 ตัวอย่าง ซึ่งสภาพของแปลงและจุดที่เก็บตัวอย่างดินแสดงไว้ใน Figure 1

เก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample จาก 10 จุดให้กระจายทั่วแปลง แล้วนำมาผสมกันเป็น 1 ตัวอย่างสำหรับนำไปวิเคราะห์ โดยใช้หลอดเจาะดิน (soil tube) เจาะที่ระดับลึก 0-5 เซนติเมตรจากผิวน้ำดิน และก่อนเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งจะล้าง soil tube ให้สะอาด แล้วฉีดพ่นด้วยแอลกอฮอล์ 95% และจุดไฟเผาเพื่อฆ่าเชื้อ แล้วปล่อยให้เย็น จึงทำการเก็บตัวอย่างดินในจุดที่กำหนดไว้รวมใส่ลงในถุงพลาสติก แล้วนำไปแช่ในถังที่มีน้ำแข็งเพื่อการขนส่งจนถึงห้องปฏิบัติการ (Wollum, 1994)

2. ตรวจนับหาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดิน

ตรวจนับหาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส รา และสาหร่าย โดยนำดินตัวอย่างมาทำเป็นสารละลายดินและเจือจางที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แบบ serial dilution แล้วนำไปตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะเจาะจงต่อจุลินทรีย์แต่ละชนิด (Germida, 1993) โดยแบคทีเรีย จะนำสารละลายดินแต่ละความเข้มข้นมาทำ spread plate counting ในอาหาร soil extract agar (James, 1958) แอคติโนมัยซีส ทำในอาหาร starch-casein agar (Kuster and Wiliams, 1966) รา ทำในอาหาร streptomycine- rose bengal agar (Martin, 1950) ส่วนสาหร่าย จะนำสารละลายดินแต่ละความเข้มข้นมาเพาะเลี้ยงลงในอาหาร BG-11 (Allen, 1968) แล้วคำนวณหาปริมาณสาหร่ายจากตาราง most probable number (MPN) (Woomer, 1994) และแบ่งตัวอย่าง

ดินบางส่วนที่นำไปตรวจนับหาปริมาณจุลินทรีย์ มาวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน ภายหลังกนำดินไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C (Germida, 1993)

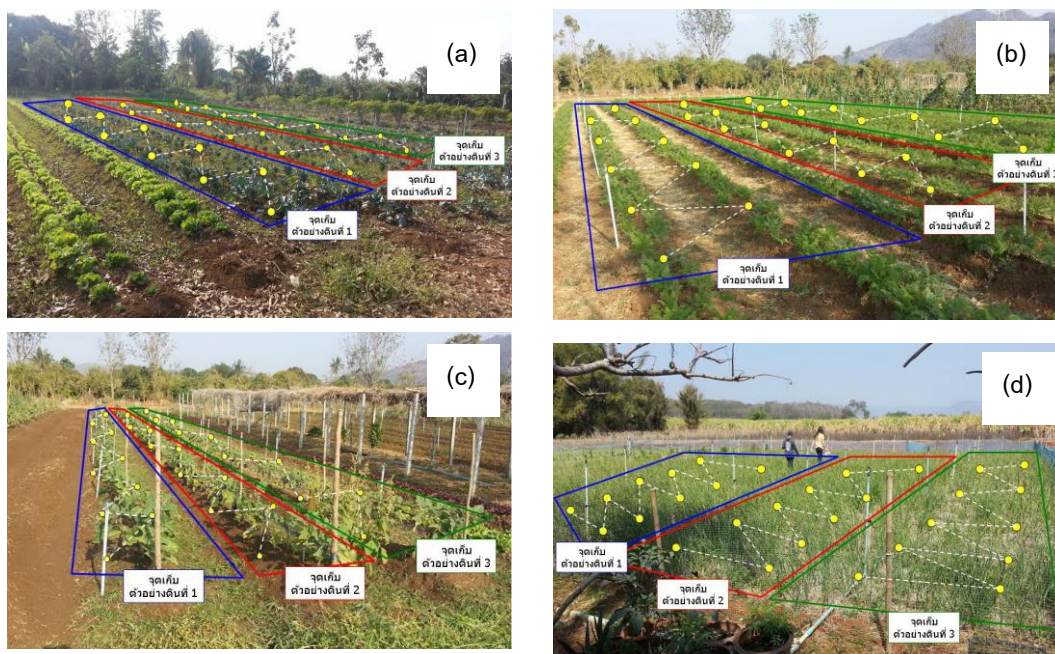


Figure 1 Field condition and soil sampling from 3 kinds of organic vegetable (broccoli (a), carrot (b) and egg plant (c)) farming plots and 1 chemical vegetable (garlic (d)) farming plot in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province.

3. วิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน

วิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และลักษณะเนื้อดิน โดยนำดินตัวอย่างไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:2.5 วัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 และนำดินบางส่วนไปบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตรเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley and Black ตามที่อธิบายไว้โดย (จำเริญ, 2545) และนำตัวอย่างดินที่เก็บมาทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินเพื่อประเมินลักษณะเนื้อดินโดยวิธี Hydrometer method ตามที่อธิบายไว้โดย (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2548)

4. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่ตรวจนับได้จากตัวอย่างดิน มาทำการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของข้อมูลในทางสถิติ และหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์กับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. สมบัติของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินที่เก็บในแปลงปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์ทั้ง 3 แปลง (แปลงบรอกโคลี แปลงแครอท และแปลงมะเขือยาว) (Table 1) พบว่า ประเภทของเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เป็นด่างเล็กน้อยถึงปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (61-73 mS/cm) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (3.30-3.96 %) มีค่าความชื้นดินอยู่ระหว่าง 20.01-27.67 % ส่วนดินที่เก็บในแปลงเกษตรเคมี (แปลงกระเทียม) (Table 1) พบว่า ประเภทของเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระดับปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (65 mS/cm) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ อยู่ในระดับปานกลาง (2.02 %) มีค่าความชื้นดิน 19.51 %

2. ปริมาณจุลินทรีย์ในดิน

จากการเก็บดินตัวอย่างในแปลงปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์จำนวน 3 แปลง และดินตัวอย่างในแปลงปลูกผักเคมี มาตรวจนับหาปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส รา และสาหร่าย ซึ่งผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ แสดงไว้ใน Table 2

ปริมาณแบคทีเรียในดิน จากแปลงปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์จำนวน 3 แปลง พบว่า ทั้ง 3 แปลงมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าดินในแปลงปลูกผักเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยดินแปลงผักอินทรีย์-บรอกโคลีมีปริมาณแบคทีเรียมากที่สุด คือมีค่า 7.695 log CFU /g of dry soil รองลงมา คือ ดินแปลงผักอินทรีย์-แครอท และดินแปลงผักอินทรีย์-มะเขือยาว ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ 7.410 และ 7.381 log CFU /g of dry soil ตามลำดับ ส่วนดินแปลงผักเคมี-กระเทียม พบว่า มีปริมาณแบคทีเรียน้อยสุด คือ 6.686 log CFU /g of dry soil

ปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน พบว่า ดินในแปลงปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์ทั้ง 3 แปลง มีปริมาณแอคติโนมัยซีสมากกว่าดินในแปลงปลูกผักเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยดินแปลงผักอินทรีย์-มะเขือยาวมีปริมาณแอคติโนมัยซีสมากที่สุด คือ 5.933 log CFU /g of dry soil รองลงมา คือ ดินแปลงผักอินทรีย์-แครอท และดินแปลงผักอินทรีย์-บรอกโคลี ซึ่งมีค่า 5.839 และ 5.716 log CFU /g of dry soil ตามลำดับ ส่วนดินแปลงผักเคมี-กระเทียม พบว่า มีปริมาณแอคติโนมัยซีสน้อยสุด คือ 5.237 log CFU /g of dry soil

ปริมาณราในดิน พบว่า ดินในแปลงปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์ทั้ง 3 แปลง มีปริมาณรามากกว่าดินในแปลงปลูกผักเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยดินแปลงผักอินทรีย์-มะเขือยาวมีปริมาณรามากที่สุด คือ 4.698 log CFU /g of dry soil รองลงมา คือ ดินแปลงผักอินทรีย์-บรอกโคลี และดินแปลงผักอินทรีย์-แครอท ซึ่งมีค่า 4.617 และ 4.489 log CFU /g of dry soil ตามลำดับ ส่วนดินแปลงผักเคมี-กระเทียม พบว่า มีปริมาณราน้อยสุด คือ 3.811 log CFU /g of dry soil

ปริมาณสาหร่ายในดิน พบว่า ดินในแปลงปลูกผักระบบเกษตรอินทรีย์ทั้ง 3 แปลง มีปริมาณสาหร่ายมากกว่าดินในแปลงปลูกผักเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยดินแปลงผักอินทรีย์-มะเขือยาวมีปริมาณสาหร่ายมากที่สุด คือ 3.332 log CFU /g of dry soil รองลงมา คือ ดินแปลงผักอินทรีย์-แครอทและดินแปลงผักอินทรีย์-บรอกโคลี ซึ่งมีค่า 3.209 และ 3.094 log CFU /g of dry soil ตามลำดับส่วนดินแปลงผักเคมี-กระเทียม พบว่า มีปริมาณสาหร่ายน้อยสุด คือ 2.692 log CFU /g of dry soil

Table 1 Chemical properties of soils collected from 3 kinds of organic vegetable (broccoli, carrot and egg plant) farming plots and 1 chemical vegetable (garlic) farming plot in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. (mean $\pm$ standard deviation; n=3)

Plot	Soil texture	Soil pH	EC (μ S/cm)	Organic matter (%)	Soil moisture content (%)
Organic farming - broccoli	clay	7.70 $\pm$ 0.23	61 $\pm$ 3	3.96 $\pm$ 0.19	24.95 $\pm$ 5.44
Organic farming - carrot	clay	7.81 $\pm$ 0.17	64 $\pm$ 7	3.30 $\pm$ 0.21	20.01 $\pm$ 1.83
Organic farming - egg plant	clay	7.92 $\pm$ 0.26	73 $\pm$ 8	3.44 $\pm$ 0.10	27.67 $\pm$ 1.00
Chemical farming - garlic	clay	7.24 $\pm$ 0.09	65 $\pm$ 4	2.02 $\pm$ 0.02	19.51 $\pm$ 3.23

Table 2 Microorganisms (bacteria, actinomycetes, fungi and algae) in soil collected from 3 kinds of organic vegetable (broccoli, carrot and egg plant) farming plots and 1 chemical vegetable (garlic) farming plot in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. (mean $\pm$ standard deviation; n=3)

Plot	Bacteria	Actinomycetes	Fungi	Algae ^{1/}
	(log CFU ^{2/} /g of dry soil)	(log CFU /g of dry soil)	(log CFU /g of dry soil)	(log CFU /g of dry soil)
Organic farming - broccoli	7.695 a ^{3/} $\pm$ 0.021	5.716 c $\pm$ 0.007	4.617 b $\pm$ 0.060	3.094 bc (2.576-3.613, P=0.05)
Organic farming - carrot	7.410 b $\pm$ 0.020	5.839 b $\pm$ 0.026	4.489 c $\pm$ 0.032	3.209 ab (2.696-3.733, P=0.05)
Organic farming - egg plant	7.381 b $\pm$ 0.016	5.933 a $\pm$ 0.016	4.698 a $\pm$ 0.011	3.332 a (2.831-3.868, P=0.05)
Chemical farming - garlic	6.686 c $\pm$ 0.037	5.237 d $\pm$ 0.027	3.811 d $\pm$ 0.008	2.692 c (2.233-3.270, P=0.05)

^{1/} The amount of algae was expressed as mean (lower confidence limit–upper confidence limit, P=0.05), calculated from MPN table.

^{2/} CFU = colony forming unit

^{3/} Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% level by DMRT.

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ที่ตรวจนับได้จากแปลงผักอินทรีย์ทั้ง 3 แปลงซึ่งมีมากกว่าแปลงผักเคมีนั้น (Table 2) มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่วิเคราะห์ได้ (Table 1) เนื่องจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ดินบริเวณรากพืช โดยเฉพาะปัจจัยทางด้าน pH เนื้อดิน และปริมาณธาตุอาหาร (กานต์มณี และคณะ, 2554; Berg and Smalla, 2009; Sørensen and Sessitsch, 2007) และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินกับปริมาณ จุลินทรีย์แต่ละชนิดในดิน พบว่า ปริมาณ

อินทรีย์วัตถุในดินมีสหสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับปริมาณแบคทีเรียในดิน ดังสมการ $y = 0.5053x + 5.686$; $R^2 = 0.9704$ มีสหสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับปริมาณราในดิน ($R^2 = 0.8567$) และปริมาณ แอคติโนมัยซีสในดิน ($R^2 = 0.655$) (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจากอินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานที่สำคัญของจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะพวกเห็ดเห็ดไรโรฟ ซึ่งการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงไปในดิน จะทำให้ประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และยังพบว่า ค่า pH ของดินมีสหสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลกับปริมาณแบคทีเรียในดิน ($R^2 = 0.7789$) ปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน ($R^2 = 0.8474$) ปริมาณราในดิน ($R^2 = 0.8346$) และปริมาณสาหร่ายในดิน ($R^2 = 0.7474$) (Figure 3) โดย pH ของดินมีผลโดยตรงต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและยังมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH ประมาณ 6-8 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อย่างไรก็ตาม การปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์ แม้ว่าจะส่งผลทำให้สมบัติของดินดีขึ้น กล่าวคือ ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุมากขึ้น สามารถเก็บความชื้นเอาไว้ได้มากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติกับพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ อาจมีข้อจำกัดในเรื่องของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ ซึ่งต้องใช้ในปริมาณมาก สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายในการขนย้ายสูง

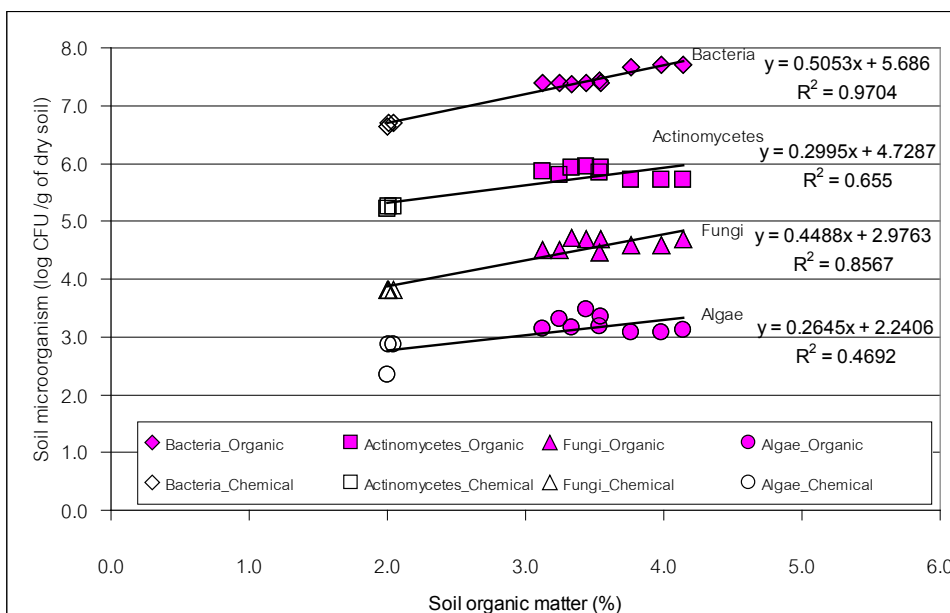


Figure 2 Correlation between soil organic matter and soil microorganisms in soil collected from organic vegetable farming plot (n=9) and chemical vegetable farming plot (n=3) in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province.

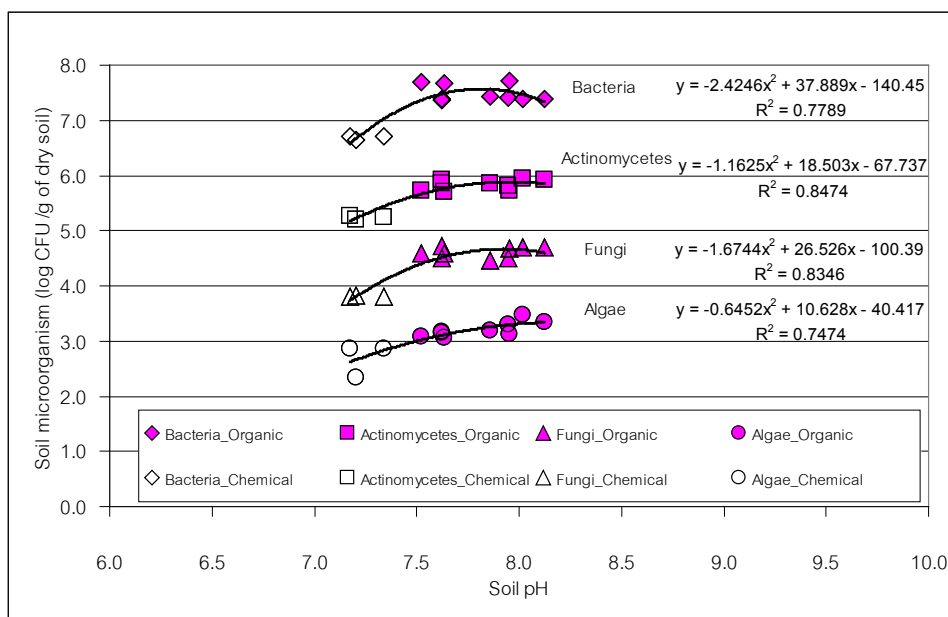


Figure 3 Correlation between soil pH and soil microorganisms in soil collected from organic vegetable farming plot (n=9) and chemical vegetable farming plot (n=3) in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province.

สรุปผลการวิจัย

ดินจากแปลงผักอินทรีย์ทั้ง 3 แปลง (บรอกโคลี แครอท และมะเขือยาว) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มากกว่าดินจากแปลงผักเคมี (แปลงกระเทียม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินจากแปลงผักอินทรีย์ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 7.381-7.695 แอคติโนมัยซีส 5.716-5.933 รา 4.489-4.698 และสาหร่าย 3.094-3.332 log CFU /g of dry soil ขณะที่ดินที่เก็บจากแปลงผักเคมีตรวจพบปริมาณแบคทีเรียเพียง 6.686 แอคติโนมัยซีส 5.237 รา 3.811 และสาหร่าย 2.692 log CFU /g of dry soil และพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และ pH ของดิน มีสหสัมพันธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดในดิน โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีสหสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับปริมาณแบคทีเรียในดิน ($R^2 = 0.9704$) ราในดิน ($R^2 = 0.8567$) และแอคติโนมัยซีสในดิน ($R^2 = 0.655$) และพบว่า ค่า pH ของดินมีสหสัมพันธ์แบบโพโลโนเมียลกับปริมาณแบคทีเรียในดิน ($R^2 = 0.7789$) แอคติโนมัยซีสในดิน ($R^2 = 0.8474$) ราในดิน ($R^2 = 0.8346$) และสาหร่ายในดิน ($R^2 = 0.7474$)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

เอกสารอ้างอิง

กานต์มณี จันทรขาว ศวพร ศุภผล และพิทยากร ลิ้มทอง. 2554. โครงสร้างประชากรของแบคทีเรียบริเวณรากหญ้าแฝกที่ปลูกในดินเค็มและดินเปรี้ยวจัด. วารสารดินและปุ๋ย 33:299-311.

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 528 น.
- จำเริญ ชอนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์, สงขลา. 168 น.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 200 น.
- Allen, M.M. 1968. Simple conditions for growth of unicellular blue-green algae on plates. *J. Phycol.* 4:1-3.
- Bandick, A. K. and R. P. Dick. 1999. Field management effects on soil enzyme activity. *Soil Biol. Biochem.* 31:1471-1479.
- Berg, G. and K. Smalla. 2009. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. *FEMS. Microbiol. Ecol.* 63:1-13.
- Germida, J. J. 1993. Cultural method for soil microorganism. pp. 263-275. *In* M. R. Carter (ed.). *Soil Sampling and Method of Analysis*. Canadian Society of Soil Science . Lewis Publishers.
- Giller, K. E., M. H. Beare, P. Lavelle, A. M. N. Izac and M. J. Swift. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl. Soil Ecol.* 6:3-16.
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-117.
- James, N. 1958. Soil extract in soil microbiology. *Can. J. Microbiol.* 4:363-370.
- Janvier, C., F. Villeneuve, C. Alabouvette, V. Edel-Hermann, T. Mateille, and C. Steinberg. 2007. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicator? *Soil Biol. Biochem.* 39:1-23.
- Kuster, E. and S. T. Williams. 1966. Selection of media for isolation of streptomycetes. *Nature* 202:928-929.
- Lupwayi, N. Z., M. A. Monreal, G. W. Clayton, C. A. Grant, A. M. Johnston and W. A. Rice. 2001. Soil microbial biomass and diversity respond to tillage and sulphur fertilizers. *Can. J. Soil Sci.* 81:577-589.
- Mäder, P., A. Fließbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697.
- Martin, J. P. 1950 Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.* 69:215-232.
- Moeskops, B., Sukristiyonubowo, D. Buchan, S. Sleutel, L. Herawaty, E. Husen, R. Saraswati, D. Setyorini and S. D. Neve. 2010. Soil microbial communities and activities under intensive organic and conventional vegetable farming in West Java, Indonesia. *Applied Soil Ecology* 45:112-120.
- Monokrousos, N., E. M. Papatheodorou, J. D. Diamantopoulos and G. P. Stamou. 2006. Soil quality variables in organically cultivated field sites. *Soil Biol. Biochem.* 38:1282-1289.
- Oehl, F., E. Sieverding, P. Mäder, D. Dubois, K. Ineichen, T. Boller and A. Wiemken. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138:574-583.
- Peacock, A. D., M. D. Mullen, D. B. Ringleberg, D. D. Tyler, D. B. Hedrick, P. M. Gale and D. C. White. 2001. Soil microbial community response to dairy manure or ammonium nitrate applications. *Soil Biol. Biochem.* 33:1011-1019.
- Peruci, P. 1990. Effect of addition of municipal solid waste compost on microbial biomass and enzyme activities. *Biol. Fertil. Soils.* 10:221-226.
- Sørensen, J. and A. Sessitsch. 2007. Plant-associated bacteria-lifestyle and molecular interactions. *In* J.D.V. Elsas, J.K. Jansson and J.T. Trevors. (ed). *Modern Soil Microbiology*. 2nd ed. Taylor and Francis Group, Inc., Boca Raton.
- Srivastava, R., D. Roseti and A.K. Sharma. 2007. The evaluation of microbial diversity in a vegetable based cropping system under organic farming practices. *Applied Soil Ecology* 36:116-123.
- Wollum, A. G. 1994 . Soil sampling for microbiological analysis. *In* SSSA. *Method of Soil Analysis, Part 2: Microbiological and biochemical properties*. SSSA Book No 5., USA.
- Woomer, P. L. 1994. Most probable number counts. pp. 59-79. *In* SSSA. *Method of Soil Analysis, Part 2: Microbiological and biochemical properties*. SSSA Book No 5., USA.

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้น ของผู้ประกอบการในเขตกรุงเทพมหานคร

Factors Affecting Bangkokian Entrepreneur Adoption of Primary Good Manufacturing Practice Compliance Implementation in Bangkok

สุภัทรา สุขะภักดิ์¹ ปัญญา หมั่นเก็บ² และ อารักษ์ เมฆโหรา²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้น ของผู้ประกอบการในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากประชากร จำนวน 84 ราย โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมานได้แก่ การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ผลการศึกษาพบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นเจ้าของกิจการ (ร้อยละ 59.5) จบการศึกษต่ำกว่าระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 59.5) ประสบการณ์การทำงานต่ำกว่า 5 ปี (ร้อยละ 33.3) ระยะเวลาของการดำเนินกิจการ 9 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 59.5) จำนวนพนักงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 คน (ร้อยละ 85.7) เกินครึ่งไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจประเมินตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้น (ร้อยละ 54.8) มีความรู้และการยอมรับหลักเกณฑ์ที่มีต่อหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้นในระดับดีมาก มีทัศนคติเชิงบวกต่อหลักเกณฑ์ วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า มีเพียงปัจจัยด้านทัศนคติที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

คำสำคัญ : หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้น การยอมรับ

Abstract

The purpose of this research was to study factors affecting adoption of compliance Primary GMP in Bangkok. The survey research was carried out using questionnaires collecting data from 84 respondents. The descriptive statistics and multiple regression analysis were applied for data analysis. The results showed that the majority of respondents were owner factory (59.5%), graduated less than a bachelor's degree (59.5%), working experience less than 5 years (33.3%), duration of operation more than 9 years (59.5%), number of employees ≤ 10 (85.7%) and did not pass assessment with the criteria of Primary GMP (54.8%). The knowledge and adoption of Primary GMP were classified at the high level and attitude showed positive relationships with Primary GMP. Hypothesis testing showed that only attitude variable was significantly Primary GMP implementation which significantly ($p < .01$).

Keywords: primary GMP, adoption

¹ สาขาการจัดการธุรกิจเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร คณะการบริหารและจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

คำนำ

กระแสการเปิดเขตเสรีทางการค้าอาเซียนในปี พ.ศ. 2559 ส่งผลให้การแข่งขันทางการค้าทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น จึงทำให้ประเทศต่าง ๆ เริ่มหันมาให้ความสำคัญในด้านคุณภาพและมาตรฐาน เพื่อที่จะแข่งขันกับประเทศต่าง ๆ ได้ และอุตสาหกรรมอีกประเภทที่ได้รับความสนใจคือ อุตสาหกรรมด้านอาหาร ซึ่งกลุ่มอาหารที่ภาครัฐให้ความสนใจที่มีการยกระดับคุณภาพมาตรฐานของสถานที่ผลิตอาหารและผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาหารพื้นบ้าน อาหารพื้นเมือง และสินค้าอาหารหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2543) กระทรวงสาธารณสุขสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา จึงมีนโยบายในการพัฒนายกระดับสถานที่ผลิตอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่ายให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 342 (พ.ศ. 2555) เรื่องวิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ใน

การผลิต และการเก็บรักษาอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย หรือ Primary GMP (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2555) การพัฒนายกระดับสถานที่ผลิตอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่ายให้ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตขั้นต้น (primary GMP) เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของสถานที่ผลิตอาหารก่อนที่จะต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 193 (พ.ศ. 2543) เรื่องวิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารหรือ GMP สุขลักษณะทั่วไป และหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตขั้นต้น ยังเป็นหลักเกณฑ์ที่ผู้ประกอบการสามารถผลิตอาหารที่มีคุณภาพมาตรฐานสร้างการยอมรับจากผู้บริโภคในเรื่องความปลอดภัยของอาหารทั้งภายในและภายนอกประเทศ อีกทั้งยังสร้างความมั่นใจให้กับประเทศคู่ค้าและเชื้อให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขันกับต่างประเทศ โดยสร้างความสอดคล้องกับกระแสโลกและนโยบายรัฐบาลในการกำหนดให้มีมาตรฐานอาหารเดียว ไม่ว่าจะเป็นการส่งออกหรือบริโภคภายในประเทศ และเพื่อรองรับการรวมกลุ่มเป็นประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2559 อีกด้วย

การนำหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตขั้นต้น มาบังคับใช้กับผู้ประกอบการอาหารนั้น จะก่อให้เกิดผลดีต่อผู้ประกอบการเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งสถานที่ตั้งและอาคารผลิต เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต การควบคุมกระบวนการผลิต การสุขาภิบาล การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด และด้านบุคลากร สุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน (กระทรวงสาธารณสุข, 2555) สำหรับผู้บริโภคนั้นจะได้รับประโยชน์จากการได้รับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพและปลอดภัย เนื่องจากผู้บริโภคมีความคาดหวังต่อการได้รับรองมาตรฐานด้านคุณภาพความปลอดภัย เรื่องรสชาติ สีและกลิ่นที่ถูกหลักอนามัย และประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภค มีฉลากบอกรายละเอียดชัดเจน และบรรจุภัณฑ์ที่บ่มหุ้มมีความเหมาะสมต่อประเภทอาหาร อยู่ในระดับสูงมาก (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, 2550)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา “ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้นของผู้ประกอบการผลิตอาหารในเขตกรุงเทพมหานคร” เพื่อให้ทราบถึงการยอมรับที่ผู้ประกอบการผลิตอาหารที่มีต่อหลักเกณฑ์ Primary GMP ทิศนคติของผู้ประกอบการที่มีต่อหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตขั้นต้น นั้นอยู่ในระดับทิศทางใด และเพื่อที่จะนำผลของการศึกษาเสนอแนะเพิ่มเติมให้กับหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

นิยามศัพท์

หลักเกณฑ์ Primary GMP หมายถึง วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารขั้นต้นในการผลิตอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย (Primary Good Manufacturing Practice : Primary GMP)

อาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย หมายถึง อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น ตัดแต่ง ในลักษณะที่นำไปปรุงหรือบริโภค คั่ว ทำให้แห้ง หมักดอง เป็นต้น หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของอาหาร หรืออาหารที่ผ่านกระบวนการผลิตเรียบร้อยแล้ว และบรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่ายต่อผู้บริโภค

ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการจดจำและจัดระเบียบแนวความคิดหลักของหลักเกณฑ์ Primary GMP ได้ เช่น ข้อกำหนด วัตถุประสงค์ ประโยชน์และวิธีการปฏิบัติ

ทัศนคติ (Attitude) หมายถึง ความรู้สึกของผู้ประกอบการต่อหลักเกณฑ์ Primary GMP ทั้งความรู้สึกในเชิงบวกและความรู้สึกในเชิงลบที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ อันเป็นเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์และเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรม หรือแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้านั้น ๆ อาจเป็นไปในทางสนับสนุนหรือคัดค้านก็ได้

การยอมรับ (Adoption) หมายถึง การได้รู้ได้เห็นสิ่งใหม่ๆ และมองเห็นประโยชน์ที่เกิดขึ้น จึงนำมาปฏิบัติตามสิ่งใหม่ที่ได้รู้นั้น ในที่นี้ หลักเกณฑ์ Primary GMP ถือได้ว่าเป็นสิ่งใหม่สำหรับผู้ประกอบการ และเมื่อเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้อบรมให้ความรู้ ความเข้าใจและชี้แจงประโยชน์จากการจัดทำหลักเกณฑ์ดังกล่าวแล้ว ผู้ประกอบการจึงเข้าใจและนำมาปฏิบัติให้ถูกต้อง

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการผลิตอาหาร ตามโครงการสำรวจและนำหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตขั้นต้น ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ปี พ.ศ. 2556 มีทั้งหมดจำนวน 84 ราย ศศิธร(2547) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือแบบสอบถามที่ใช้จะทำการวัดความตรง validity ของเครื่องมือ โดยใช้วิธีนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาว่าแบบสอบถามสามารถวัดและจำแนกได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency : IOC ตามวิธีของ ศศิธร(2541) และนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาปรับปรุงแก้ไขตลอดจนทำการทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ จากการทดสอบไปทดลองใช้ (try out) กับผู้ประกอบการผลิตอาหารที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษาจำนวน 30 ราย เพื่อคำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งหมด โดยผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบวัดความรู้โดยใช้วิธีของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (KR-20) ปันดดา(2543) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.695 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทัศนคติและแบบวัดการยอมรับ โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbachs' alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.714 และ 0.833 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่า แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นในระดับสูง นำแบบสอบถามไปเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลพื้นฐานของผู้ประกอบการผลิตอาหารตามโครงการสำรวจและนำ Primary GMP สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเจ้าของกิจการ จากการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม มีรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างเป็นเจ้าของกิจการ ร้อยละ 59.5 การศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 59.5 ประสบการณ์การทำงานต่ำกว่า 5 ปี ร้อยละ 33.3 ระยะเวลาของการดำเนินกิจการ 9 ปีขึ้นไป ร้อยละ 59.5 จำนวนพนักงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 คน ร้อยละ 85.7 ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจประเมินตามหลักเกณฑ์ Primary GMP ร้อยละ 54.8 (Table 1)

Table 1 Socio-demographic characteristics.

Demographics	Responses	Frequency	Percentage
1. Position	Owner factory	50	59.5
	Manager	6	7.1
	Production Supervisors	7	8.3
	Other (Production and Accountants)	21	25
2. Ratio of Employee's Education Level	Less than a bachelor's degree	50	59.5
	Bachelor Degree	31	36.9
	Master Degree or Higher	3	3.6
3. Year of Experience	< 5 Years	28	33.3
	5 – 10 Years	22	26.2
	10 – 15 Years	23	27.4
	> 15 Years up	11	13.1
4. Duration of Operation	< 3 Years	13	15.5
	3 – 6 Years	13	15.5
	6 – 9 Years	8	9.5
	> 9 Years up	50	59.5
5. Number of Employees	≤ 10	72	85.7
	11-30	10	11.9
	31-50	2	1.2
	≥ 51 up	2	1.2
6. Assessment with the Criteria of Primary GMP	Pass	38	45.2
	Not pass	46	54.8

2. ความรู้ที่มีต่อหลักเกณฑ์ Primary GMP

ผลการสำรวจความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ Primary GMP ของผู้ประกอบการผลิตพบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ Primary GMP อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 97.60 (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปนัดดา (2543) เรื่อง การยอมรับมาตรฐาน ISO 14001 ของพนักงาน : ศึกษาเฉพาะกรณี บริษัทอินเตอร์เนชั่นแนล คิวริตี้ ฟู้ดแวร์ จำกัด พบว่าพนักงานตอบคำถามในส่วนของความรู้เกี่ยวกับมาตรฐาน ISO 14001 อยู่ในระดับสูง

Table 2 The knowledge of compliance Primary GMP.

Level of perception	Frequency	Percentage
Low (≤ 5 scores)	0	0.00
Medium (6 - 10 scores)	2	2.40
High (≥ 11 scores)	82	97.60
Total	84	100.00

$\mu = 13.48$, Max = 15, Min = 9, $\sigma = 1.37$

3. ทศนคติของผู้ประกอบการต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP

ผลการสำรวจทัศนคติที่มีต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP พบว่าโดยรวมมีทัศนคติเชิงบวกมาก คะแนนค่าเฉลี่ยคือ 3.74 ตามเกณฑ์ของ Best (วันชัย, 2545) เรียงลำดับ 3 ลำดับแรก คือ การทำตามหลักเกณฑ์ Primary GMP เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัย ($\mu = 4.35$) รองลงมาคือ เจ้าหน้าที่ภาครัฐควรให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ Primary GMP ($\mu = 4.32$) และการปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสถานที่ผลิตและผู้บริโภค ($\mu = 4.24$) (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรรณิกา(2549) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของผู้ปลูกส้มเขียวหวานในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญตา(2542) เรื่อง การยอมรับมาตรฐาน ISO 9000 ของพนักงานโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยของทั้งสองแล้ว พบว่ามีทัศนคติในเชิงบวก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wayne G. and Deokee(2553) เรื่อง ทัศนคติของเกษตรกรต่อการทำเกษตรกรรมในประเทศตรินิแดด พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อการทำการเกษตรซึ่งแปรผันกับลักษณะของเกษตรกรและระบบฟาร์ม

4. การยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP ของผู้ประกอบการ

ผลการสำรวจการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP ของผู้ประกอบการพบว่า ระดับการยอมรับของผู้ประกอบการผลิตอาหารที่มีต่อหลักเกณฑ์ Primary GMP นั้น อยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก ($\mu = 3.77$) ตามเกณฑ์ของ Best (วันชัย, 2545) โดยแบ่งค่าคะแนนเป็น 3 ช่วง พิจารณาจากพิสัย (Range) มีระดับการยอมรับสูงสุดเท่ากับ 5 และระดับการยอมรับต่ำสุดเท่ากับ 3.2 (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรีวิไล(2546) เรื่อง การศึกษาการยอมรับเกี่ยวกับข้อกำหนดการตรวจสอบสถานที่ตามมาตรฐาน GMP ในทัศนะของสถานประกอบการน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท พบว่าผู้ประกอบการหรือตัวแทนผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรมน้ำบริโภคภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในเขตกรุงเทพมหานครให้การยอมรับเกี่ยวกับข้อกำหนดการตรวจสอบสถานที่ตามมาตรฐาน GMP ของอุตสาหกรรมน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข กำหนดไว้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล (2548) เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับมาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มอก. 18001 ของพนักงานในโรงงาน กรณีศึกษา : บริษัท เอ็มเอ็มพี แพ็คเกจจิ้ง กรู๊ป จำกัด พบว่า พนักงานของโรงงานมีการยอมรับมาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มอก. 18001 อยู่ในระดับสูง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Menale *et al.*, 2552 เรื่อง การยอมรับเทคนิคเกษตรอินทรีย์ : กรณีศึกษาบริเวณภูมิอากาศแบบกึ่งแห้งแล้งในประเทศเอธิโอเปีย พบว่า การนำเกษตรแบบยั่งยืนมาใช้กับบริเวณที่มีภูมิอากาศแบบกึ่งแห้งแล้งในประเทศเอธิโอเปียทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำการเกษตร

Table 3 Attitude to the compliance Primary GMP (N=84).

Item	Frequency Scale (%)					μ	σ	Attitude Meaning
	Strong Agree	Agree	Un-decided	Dis - agree	Strongly disagree			
1. Implementation Primary GMP guideline make improve the operate system	22.6	76.2	1.2	-	-	4.21	0.44	Agree
2.Implementation of Primary GMP guideline makes waste times for your business	6.0	45.2	26.2	-	22.6	3.35	0.90	Undecided
3. High costs of Primary GMP	6.0	14.3	54.8	23.8	1.2	3.00	0.82	Undecided
4.The Government officials should educate to business operator for Implementing Primary GMP guideline	35.7	63.1	-	-	1.2	4.32	0.60	Agree
5. Primary GMP guideline should be used as the food law	6.0	8.3	10.7	58.3	16.7	2.29	1.04	Disagree
6. The Primary GMP guideline should be voluntary compliance of food factory	21.4	56.0	10.7	9.5	2.4	3.85	0.95	Agree
7. Primary GMP guideline should be benefic to the food factory and consumers	31.0	64.3	3.6	-	1.2	4.24	0.63	Agree
8. The following Primary GMP guideline to control of food safety in the further	36.9	60.7	2.4	-	-	4.35	0.53	Agree
9. Food Production system in Thailand are improved for standard and quality by Primary GMP guideline	26.2	70.2	3.6	-	-	4.23	0.50	Agree
10. Qualitative did not happen by Primary GMP guideline	19.0	38.1	23.8	13.1	6.0	3.51	1.13	Agree
Grand Mean						3.74	0.76	Agree

Note: 5.00-4.50 = Strong agree

4.49-3.50 = Agree

3.49-2.50 = Undecided

2.49-1.50 = Disagree

1.49-1.00 = Strongly disagree

Table 4 Adoption to the compliance Primary GMP (N=84).

Level of adoption	Frequency	Percentage
Low (1-2.33 scores)	0	0
Medium (2.34-3.67 scores)	31	36.9
High (3.68-5 scores)	53	63.1

$\mu = 3.77$ Max = 5 Min = 3.2 $\sigma = 0.320$

5. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP ของผู้ประกอบการ

การวิเคราะห์ปัจจัยการยอมรับหลักเกณฑ์ของผู้ประกอบการผลิตอาหารพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP มีเพียงทัศนคติเท่านั้นที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยทัศนคติด้านที่มีผลต่อหลักเกณฑ์ Primary GMP คือด้านการนำหลักเกณฑ์ Primary GMP ไปปฏิบัติใช้กับสถานประกอบการและด้านบทบาทหน้าที่ของภาครัฐที่มีผลต่อหลักเกณฑ์ Primary GMP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ($p < 0.01$) และจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (multiple regress analysis) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุ (R) ระหว่างความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ Primary GMP กับการยอมรับของผู้ประกอบการ มีค่าสูง แสดงว่าค่าของตัวแปรที่ได้จากการพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าของตัวแปรตามจริงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.285 แสดงว่าตัวแปรต้นสามารถอธิบายการแปรปรวนของการยอมรับ ได้เพียงร้อยละ 28.5 มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE_{est}) เท่ากับ 0.284 ค่าที่ได้มีค่าไม่มากแสดงว่าสมการถดถอยมีความน่าเชื่อถือสูง ค่าสถิติ F เท่ากับ 3.476 และค่า Sig. เท่ากับ 0.001 สรุปว่าปฏิเสธ $H_0: \beta = 0$ นั่นคือ ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในที่นี้คือ ทัศนคติที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ของผู้ประกอบการ (Table 5) ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในรูปคะแนนดิบ ผลการวิเคราะห์สามารถเขียนสมการถดถอยในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Adoption} = & 1.750 + 0.14(\text{Position}) + (-0.040)(\text{Education}) + (-0.111)(\text{Experience}) + \\ & (-0.131)(\text{Duration of Operation}) + 0.010(\text{Employees}) + (-0.003)(\text{Assessment}) \\ & + 0.009(\text{Knowledge}) + 0.542^{**}(\text{Attitude}) \end{aligned}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์สามารถเขียนสมการถดถอยหรือสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน ดังนี้

$$\begin{aligned} \hat{Z} \text{ Adoption} = & .022(Z\text{Position}) + (-0.062)(Z\text{Education}) + (-0.165)(Z\text{Experience}) + \\ & (-0.203)(Z\text{Duration of Operation}) + 0.011(Z\text{Employees}) + (-0.005)(Z\text{Assessment}) \\ & + 0.040(Z\text{Knowledge}) + 0.513^{**}(Z\text{Attitude}) \end{aligned}$$

Table 5 Enter multiple regression analysis adoption of compliance Primary GMP.

Attribute	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
(Constant)	1.750	.488		3.588	.001
Position	.014	.068	.022	.209	.835
Education	-.040	.068	-.062	-.587	.559
Experience	-.111	.082	-.165	-.1347	.182
Duration of Operation	-.131	.078	-.203	-.1676	.098
Employees	.010	.098	.011	.101	.920
Assessment	-.003	.068	-.005	-.050	.961
Knowledge	.009	.025	.040	.376	.708
Attitude	.542	.107	.513	5.069	.000**
Multiple R = 0.534 F = 3.746					
Multiple R ² = 0.285 Sig. F = 0.001					
SE _{est} = 0.284 Durbin Watson = 1.950					

note : ** p < 0.01

กลุ่มตัวแปรด้านปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ตำแหน่ง (position) ด้านวุฒิการศึกษา (education) ด้านประสบการณ์ (experience) ด้านระยะเวลาของการดำเนินงาน (duration of operation) ด้านจำนวนพนักงาน (employees) ด้านการอบรม (assessment) ด้านทัศนคติ (attitude)

สรุปได้ว่า มีเพียงทัศนคติของผู้ประกอบการเท่านั้นที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP มีค่าสัมประสิทธิ์ (B) เท่ากับ 0.542

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ ตำแหน่ง วุฒิการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน ระยะเวลาของการดำเนินกิจการ และการผ่านการฝึกอบรมของผู้ประกอบการไม่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP ของผู้ประกอบการผลิตอาหาร ความรู้และการยอมรับเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ Primary GMP อยู่ในระดับสูง และมีทัศนคติเชิงบวก จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า มีเพียงทัศนคติเท่านั้นที่มีผลต่อการยอมรับหลักเกณฑ์ Primary GMP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดอบรมให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการอยู่เป็นประจำ เพื่อทบทวนความรู้ในข้อกำหนดของหลักเกณฑ์ Primary GMP ของผู้ประกอบการ และเพื่อให้ผู้ประกอบการได้รับข้อมูลข่าวสารและข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้องที่เป็นปัจจุบัน

1.2 ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการติดตามสถานประกอบการที่ยังไม่ผ่านตามหลักเกณฑ์ Primary GMP เพื่อสร้างแรงจูงใจในการพัฒนาสถานประกอบการเพื่อผลิตอาหารที่มีคุณภาพต่อไป

1.3 ภาครัฐและหน่วยงานควรมีการปลูกจิตสำนึกความตระหนักและความรับผิดชอบต่อการดำเนินงานในมาตรฐานกับกลุ่มที่ยอมรับได้อยู่แล้วประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ ข้อมูล ข่าวสารเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ Primary GMP อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้านประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการขยายขอบเขตของการศึกษาให้กว้างขึ้น โดยศึกษาในเขตปริมณฑลและต่างจังหวัดเพื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิกา ศรีลย์. 2549. “ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของผู้ปลูกส้มเขียวหวานในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2555. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 342). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- ขวัญตา กิระวิสาสิก. 2542. “การยอมรับมาตรฐาน ISO 9000 ของพนักงานโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาอุตสาหกรรม มหาบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉัตรศิริปิยะพินิจสิทธิ์. “การวิเคราะห์องค์ประกอบ”. วารสารการวัดผลการศึกษา, สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ฉบับที่ 20, พฤษภาคม 2541. หน้า 58
- ณัฐพล บุญรักษ์. 2548. “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับมาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มอก. 18001 ของพนักงานในโรงงาน กรณีศึกษา : บริษัท เอ็มเอ็มพี แพคเกจจิ้ง กรุ๊ป จำกัด.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- ปนัดดา อินทราวุธ. 2543. “การยอมรับมาตรฐาน ISO 14001 ของพนักงาน : ศึกษาเฉพาะกรณี บริษัทอินเตอร์เนชั่นแนล คิวริตี้ ฟู้ดแวร์ จำกัด.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาอุตสาหกรรม มหาบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย คำเจริญ. 2545. “ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้บริการโทรศัพท์พื้นฐานของสำนักงานบริการโทรศัพท์ฟ้ามวงค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาการจัดการตลาด, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. หน้า 77.
- ศรีวิไล ชูเจริญ. 2546. “การศึกษาการยอมรับเกี่ยวกับข้อกำหนดการตรวจสอบที่ตามมาตราฐาน GMP ในทัศนะของสถานประกอบการนำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศศิธร ธรรมจ้านง. 2547. “การยอมรับมาตรฐาน HACCP ของพนักงานบริษัทผลิตน้ำมันพืชแห่งหนึ่ง.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาจิตวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2555. คู่มือการตรวจสอบที่ผลิตตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย (Primary GMP). กรุงเทพฯ: สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- , 2543. คู่มือผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเศรษฐกิจชุมชน(ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. 2550. “โครงการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์สุขภาพชุมชนและท้องถิ่น ปี 2550.” กรุงเทพฯ: สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- Cochran, W.G. 1953. Sampling Techniques. Experimental Designs, New York.
- Menale Kassie, Precious Zikhali, Kebede Manjur, and Sue Edwards. 2009. Adoption of Organic Farming Techniques. Environment for Development. EfD DP 09-01.
- Wayne G. Ganpat and Deokee Bholasingh. 2010. Attitudes of Farmers Toward Farming in Trinidad. International Agricultural and Extension Education.

การปรากฏของปรสิตภายนอกในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง
บริเวณปากแม่น้ำท่าฉลอม จังหวัดจันทบุรี

The Prevalence of Ectoparasites on a Floating Cages Cultured Asian Sea Bass
(*Lates calcarifer*) from Tha-Chalap Estuary, Chanthaburi Province

มลฤดี สอนิ¹ สินีนาถ วรवास¹ และ ศุภพงษ์ นพพันธ์^{1,2}

บทคัดย่อ

ติดตามความชุก และความหนาแน่นเฉลี่ยของปรสิตภายนอกของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ที่เลี้ยงในกระชัง บริเวณ ปากแม่น้ำท่าฉลอม จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 โดยใช้ตัวอย่างปลาทั้งหมด 167 ตัว ซึ่งจากการศึกษาพบปรสิต 2 ชนิด ที่บริเวณเหงือกเท่านั้น ได้แก่ ปลิงใส *Diplectanum* sp. และ โคพีพอด *Lernanthropus* sp. ความชุกของปลิงใสตลอดทั้งปีเท่ากับ 100% โดยเดือนที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน (75.07-105.20 parasites/ fish) ปริมาณของปลิงใสที่พบมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิน้ำ แต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับขนาดของปลา สำหรับโคพีพอด *Lernanthropus* sp. พบในเดือนมกราคมถึงมิถุนายนเท่านั้น โดยความชุก และระดับความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 25-100% และ 0.50-4.10 parasites/ fish ตามลำดับ รวมทั้งอุณหภูมิกับความเค็มมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของโคพีพอดที่พบ จากการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงการปรากฏของปรสิตภายนอกในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังในแต่ละเดือน ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้อาจเป็นประโยชน์สำหรับ การวางแผนสุขภาพปลาในแต่ละเดือนต่อไป

คำสำคัญ: ปลิงใส โคพีพอด ปลากะพงขาว *Lernanthropus* *Diplectanum*

Abstract

One hundred and sixty-seven Asian sea bass (*Lates calcarifer*) from floating-cage farm in Tha-Chalap estuary of Chanthaburi province were examined for prevalence and mean intensity of ecto-parasites between January to December 2013. The monogenea *Diplectanum* sp. and copepod *Lernanthropus* sp. were detected on only fish gills. The infestation prevalence of *Diplectanum* sp. was 100% and mean intensity level had recorded the highest during September to November (75.07-105.20 parasites/ fish). Moreover, temperature and fish size have negatively and positively correlated with mean intensity of *Diplectanum* sp., respectively. While, the infestation prevalence and mean intensity levels of *Lernanthropus* sp. were only detected during January to June. The prevalence and mean intensity were ranging from 25-100% and 0.50-4.10 parasites/ fish, respectively. In addition, temperature and salinity have positively correlated with mean intensity of *Lernanthropus* sp. The present work revealed the monthly infestations of ecto-parasites in a floating-cage sea bass farm. This information will be beneficial to fish health management.

Keywords: monogenea, copepod, sea bass, *Lernanthropus*, *Diplectanum*

¹ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี เลขที่ 57 หมู่ 1 ต.โขมง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22170

^{1,2} สำนักงานประมงจังหวัดจันทบุรี เลขที่ 2 ถนนแผ่นดินทอง 3 ต.ตลาด อ.เมือง จ.จันทบุรี 22170

คำนำ

ปลากะพงขาว (Asian sea bass, *Lates calcarifer*) เป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดจันทบุรี ปลาชนิดนี้สามารถปรับตัวอยู่ในน้ำจืดและน้ำกร่อยได้ดี เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณปากแม่น้ำที่มีอยู่หลายแห่งในจังหวัด แต่ในระหว่างการเลี้ยงมักประสบกับปัญหาการตายของปลาอยู่เสมอ จากรายงานพบว่าการตายของปลาที่เลี้ยงในกระชัง ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรียและปรสิตภายนอก เชื้อแบคทีเรียที่มีรายงานการตรวจพบในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง ได้แก่ *Vibrio* sp., *Aeromonas* sp., *Pasteurella* sp., *Pseudomonas* sp. และ *Flexibacter* sp. (ประดิษฐ์ และคณะ, 2530; เยาวนิตย์ และ จีรพันธ์, 2545) สำหรับปรสิตภายนอกที่มีรายงานการตรวจพบในปลา ได้แก่ *Argulus foliacious*, *Ergasilus* sp., *Caligus* sp., *Diplectanum latesi*, *D. papaverensis*, *Trichodina* sp., *Trichodinella* sp., *Scyphidia* sp. และ *Epistylis* sp. (นิรติชัย และ สุวิมล, 2551; วีรวรรณ, 2535; ประดิษฐ์ และ คณะ, 2530) ถึงแม้ว่าปรสิตบางชนิดอาจไม่ได้เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการตายของปลา แต่การระบาดของปรสิตเหล่านี้อาจโน้มนำให้ปลาเกิดการติดเชื้อร่วมกับแบคทีเรีย ส่งผลให้ปลา มีอัตราการตายสูงในเวลาต่อมา

การเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังในบริเวณปากแม่น้ำท่าแฉลบ จังหวัดจันทบุรี เป็นกิจกรรมที่มีมาอย่างยาวนาน ซึ่งในระหว่างการเลี้ยงมักมีการตายของปลาอยู่เสมอ จากการสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังบริเวณนี้ พบว่าการตายของปลาส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปรสิตมากกว่าแบคทีเรีย เกษตรกรมีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดปรสิต แต่ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร อีกทั้งอาจมีการตกค้างของสารเคมีที่ใช้ในน้ำ และอาจเกิดผลเสียต่อสัตว์น้ำวัยอ่อนในบริเวณปากแม่น้ำด้วย ในปัจจุบันการตายยังคงเกิดขึ้นสูงโดยเฉพาะในปลานขนาดเล็ก เนื่องจากฤดูกาลและปัจจัยคุณภาพน้ำ มีผลต่อการเข้าเกาะของพาราไซต์ (Oztruk and Alutnel, 2006) และการเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณปากแม่น้ำไม่สามารถควบคุมปัจจัยคุณภาพน้ำ ต่าง ๆ ให้เหมาะสมได้ การติดตามความชุกและความหนาแน่นของปรสิตตลอดทั้งปี รวมทั้งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆ ที่มีผลต่อความชุกและความหนาแน่นของปรสิตแต่ละชนิดที่พบ จึงเป็นข้อมูลที่น่าสนใจ เพราะข้อมูล ที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาถึงช่วงเวลาในการปล่อยปลาเลี้ยง เพื่อให้มีโอกาสรอดมากที่สุด ตลอดจนการวางแผนในด้านการจัดการสุขภาพ ตามช่วงเดือนที่มีการระบาด เป็นการเลี้ยงปลาที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ และเป็นการลดการใช้สารเคมีได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตาม ความชุก และความหนาแน่นเฉลี่ย ของปรสิตภายนอกแต่ละชนิดที่พบในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังบริเวณปากแม่น้ำท่าแฉลบ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 รวมทั้งวิเคราะห์หาปัจจัยทางคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณของปรสิตที่พบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษาและการเก็บตัวอย่าง

ศึกษาความชุกและความหนาแน่นของปรสิตภายนอกในปลากะพงขาว ที่เลี้ยงในกระชัง บริเวณปากแม่น้ำท่าแฉลบ จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 เนื่องจากบริเวณปากแม่น้ำท่าแฉลบนี้นี้มีการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตรตามลำน้ำ จึงมีการกำหนดพิกัดจุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 จุด โดยใช้ Global Positioning System (GPS) กำหนดจุดต้นน้ำ (Lat 12°31' 50.18"N, Lon 102°3' 24.08"E) กลางน้ำ (Lat 12°31' 56.07"N, Lon 102°3' 21.40"E) และปลายน้ำ (Lat 12°31' 48.25"N, Lon 102°3' 11.39"E) สุ่มเก็บตัวอย่างปลาเดือนละ 1 ครั้ง ทั้ง 3 จุด ซึ่งขนาด และอายุของปลามีการเก็บแบบสุ่มเช่นกัน จำนวนปลาที่นำมาศึกษาในแต่ละเดือนแสดงดัง Table 1 นอกจากนี้ในบริเวณที่มีการเก็บตัวอย่างปลา จะมีการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำด้วย ได้แก่ ความเค็มโดยใช้ Refractometer (GAMMACO) อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้มัลติโพรบ (YSI 556 Multi-Probe Field Meter) และเก็บตัวอย่างน้ำใส่ลงในขวดโพลีเอทิลีน แช่ในถัง

น้ำแข็ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ไนเตรท (Parsons *et al*, 1984) และฟอสเฟต (APHA, 1998)

2. การศึกษาปรสิตภายนอกของปลากะพงขาวในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างปลากะพงขาวในแต่ละเดือนจะถูกขนส่งจากกระชังมาที่ห้องปฏิบัติการ พักปลาและสลับปลาด้วยน้ำมันกานพลู ความเข้มข้น 100 ppm จากนั้นชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และตรวจสอบลักษณะความผิดปกติภายนอกของปลาทันที เช่น แผลภายนอก เกิดหูด การตกเลือด จุดแดง ความสมบูรณ์ของครีบ การบวมของช่องท้อง หรือการสะสมแก๊สในช่องท้อง เป็นต้น ปลาในแต่ละตัวจะตรวจหาปรสิตภายนอกที่บริเวณ ผิวหนัง ครีบ ช่องปาก และเหงือก

3. การตรวจหาปรสิตที่ผิวหนังปลากะพงขาว

วาง cover slip ให้ทำมุมประมาณ 45 องศา กับตัวปลา และชุดเบา ๆ จากส่วนโคนหาง ไปถึงโคนแผ่นปิดเหงือก (ทำทั้งสองข้างของลำตัวปลา) และชุดที่บริเวณรอบ ๆ ครีบด้วย จากนั้นค่อย ๆ วาง cover slip ลงบนแผ่นสไลด์ที่มีหยดน้ำเกลืออยู่ (0.85% NaCl) นำตัวอย่างไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Olympus CH30, Japan) ที่กำลังขยาย 10-100 เท่า เพื่อจำแนกชนิด และนับจำนวนของปรสิตแต่ละชนิดที่พบ ในกรณีที่พบปรสิตขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะใช้แหนบดึงออกมาวางในเพลทที่มีน้ำเกลือ ต่อมาแยกชนิด และนับจำนวนเช่นกัน

4. การตรวจหาปรสิตที่เหงือกปลากะพงขาว

ตัดส่วนของซี่เหงือก (gill filament) ทั้งสองข้างออกจาก gill arch มาวางบนเพลทที่มีน้ำเกลือ (ปลา 1 ตัว มีเหงือก 8 อัน ส่องตรวจทุกซี่เหงือก) ในกรณีที่พบปรสิตขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะใช้แหนบดึงออกมาวางในเพลทที่มีน้ำเกลือ นำมาแยกชนิด และนับจำนวน จากนั้นวางชิ้นเหงือกลงบนแผ่นสไลด์ หยดน้ำเกลือลงไป 1 หยด แล้วปิดด้วยแผ่น cover slip ใช้แรงพอเหมาะกดเบา ๆ เพื่อให้ซี่เหงือกแผ่ออก จากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ที่กำลังขยาย 10-100 เท่า บันทึกชนิด และปริมาณของปรสิตที่พบ

5. การบันทึกผล

1) เปอร์เซ็นต์ค่าความชุก (prevalence)

$$\text{Prevalence (\%)} = (\text{จำนวนปลาที่พบปรสิต} / \text{จำนวนปลาทั้งหมด}) \times 100$$

2) ความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity)

$$\text{Mean intensity} = \text{จำนวนปรสิตทั้งหมด} / \text{จำนวนปลาทั้งหมด}$$

6. การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความชุก (prevalence) และความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity) ของปรสิตในแต่ละเดือน ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way-ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 14.5 และหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำและปริมาณปรสิตที่พบในแต่ละชนิด รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างขนาดปลากับปริมาณปรสิตที่พบ โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation analysis)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการสำรวจปรสิตของตัวอย่างปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังบริเวณปากแม่น้ำบ้านท่าฉเลบ ระหว่างเดือน มกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 ทั้งหมด 167 ตัว พบปรสิต 2 ชนิด คือ ปลิงใส *Diplectanum* sp. และ โคพีพอด *Lernanthropus* sp. ซึ่งปรสิตทั้ง 2 ชนิดนี้พบที่บริเวณเหงือกเท่านั้น (Figure 1 และ 2) และตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างไม่มีความสัมพันธ์กับความชุก (prevalence) และความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity) ของปรสิตที่พบ

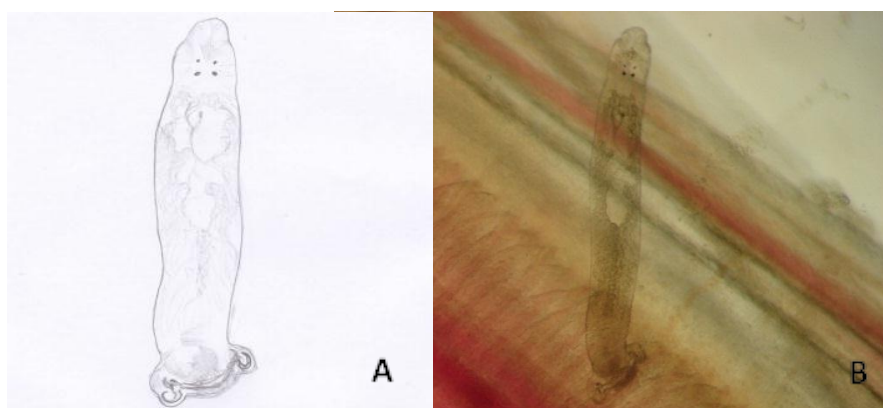


Figure 1 A: Drawing adult of *Diplectanum* sp. B: Light microscopy (magnification 10X) of sea bass gills infected by the monogenea (*Diplectanum* sp.).

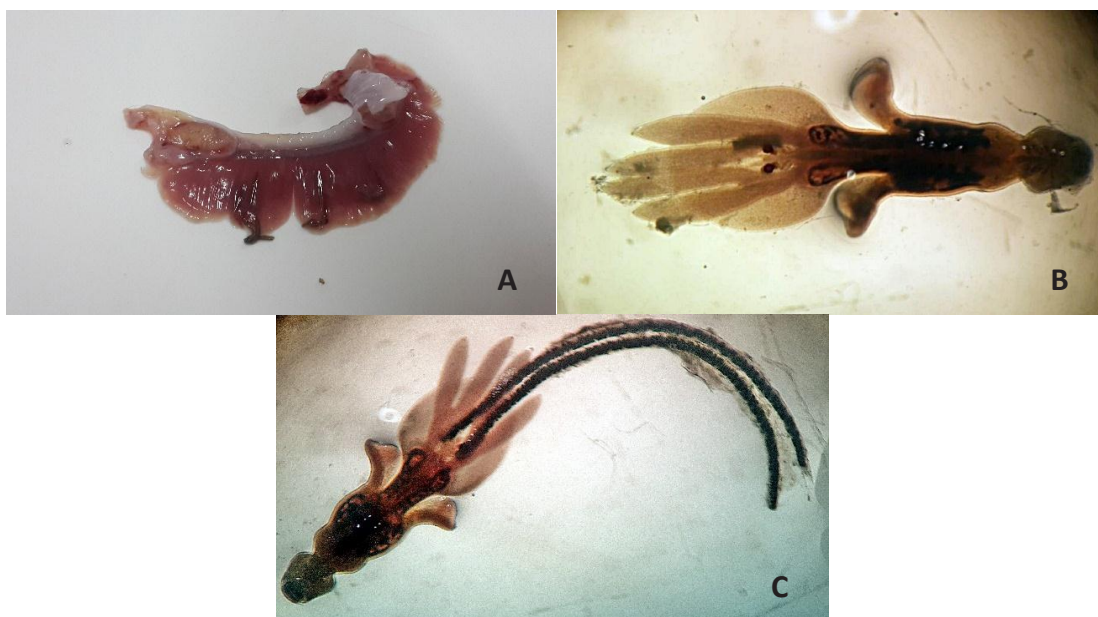


Figure 2 A: Asian sea bass gills infected by the copepod (*Lernanthropus* sp.), B: Live female without the egg-strings (approximately length 0.6 cm.), C: Live mature female with the egg-strings (approximately length 1.2 cm.).

จากการศึกษาความชุก (prevalence) ของปลิงใส *Diplectanum* sp. คิดเป็น 100% ในทุกเดือนที่ศึกษา ความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity) มีความแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน โดยเดือนตุลาคม มีความหนาแน่นเฉลี่ยของปลิงใสมากที่สุด (105.2 ± 0.56 parasites/ fish) ซึ่งแตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 1) จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ปลิงใสเป็นปรสิตชนิดเด่นที่พบในเหงือกปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง ซึ่ง

สอดคล้องกับการศึกษาของ ประดิษฐ์และคณะ (2530) ที่พบปลิงใส *Diplectanum* sp. มากที่สุดในเหงือกของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง จังหวัด สตูล ตรัง และกระบี่ รวมทั้งการศึกษาของนิรติศัย และสุวิมล (2551) ที่รายงานการพบปรสิตชนิด *Diplectanum* sp. ในเหงือกปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังในจังหวัดปัตตานีมากที่สุดคิดเป็น 96.99 % จากตัวอย่างปลาทั้งหมด 30 ตัว ที่ติดตามในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2549 สำหรับในต่างประเทศมีรายงานการปรากฏของปลิงใส *Diplectanum aequans* สูงสุดในเหงือกปลากะพงขาว European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) เช่นกัน (Dezfuli et al., 2007; Gonzalez-Lanza et al., 1991; Oktener et al., 2009) ซึ่ง Koyun (2011) ได้เสนอแนะไว้ว่าปลิงใสมีความจำเพาะกับเจ้าบ้านที่เข้าเกาะ โดยปลากะพงขาวเป็นเจ้าบ้านที่พบความชุกและความหนาแน่นของปลิงใสที่บริเวณเหงือกมากกว่าปลาชนิดอื่น ๆ

ฤดูกาลและปัจจัยคุณภาพน้ำ มีผลต่อการเข้าเกาะของพาราไซต์ (Oztruk and Alutnel, 2006) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำกับปริมาณปรสิตที่พบ โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหนาแน่นของปรสิตชนิดนี้ โดยเมื่ออุณหภูมิลดลง มีแนวโน้มพบปลิงใส *Diplectanum* sp. มากขึ้น

Table 1 Parasite prevalence (%) and mean intensity level of *Diplectanum* sp. in the gills of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) from cage cultured in Tha Chalap estuary.

Months (2013)	Total fish examined	Fish weight (gram) Mean $\pm$ SD	Fish length (inch) Mean $\pm$ SD	No. of infected fish	No. of parasites collected	Parasite prevalence (%)	Mean parasite intensity $\pm$ SE ¹
January	20	89.59 $\pm$ 33.49	7.17 $\pm$ 0.83	20	227	100	10.31 $\pm$ 0.10 ^d
February	22	124.06 $\pm$ 26.61	8.33 $\pm$ 0.69	22	99	100	4.95 $\pm$ 0.05 ^e
March	10	94.08 $\pm$ 28.49	7.65 $\pm$ 0.65	10	92	100	9.20 $\pm$ 0.18 ^d
April	10	85.06 $\pm$ 45.04	7.10 $\pm$ 1.40	10	118	100	11.80 $\pm$ 0.24 ^d
May	10	73.15 $\pm$ 23.02	7.10 $\pm$ 0.90	10	138	100	13.80 $\pm$ 0.21 ^d
June	10	113.75 $\pm$ 21.05	8.25 $\pm$ 0.75	10	93	100	9.30 $\pm$ 0.17 ^d
July	10	46.11 $\pm$ 17.50	5.70 $\pm$ 1.02	10	253	100	25.30 $\pm$ 0.32 ^c
August	10	105.01 $\pm$ 51.34	8.15 $\pm$ 1.65	10	353	100	35.30 $\pm$ 0.49 ^c
September	15	198.80 $\pm$ 81.33	9.50 $\pm$ 1.40	15	1213	100	80.87 $\pm$ 0.64 ^b
October	15	245.94 $\pm$ 14.37	10.78 $\pm$ 0.33	15	1578	100	105.20 $\pm$ 0.56 ^a
November	15	181.34 $\pm$ 39.89	7.95 $\pm$ 0.41	15	1126	100	75.07 $\pm$ 1.06 ^b
December	20	55.78 $\pm$ 34.90	6.07 $\pm$ 1.24	20	264	100	13.20 $\pm$ 0.16 ^d
Total	167	-	-	167	5,554	-	-

¹Mean values with difference alphabet in a column represent statistically significant differences (P< 0.05).

โดยทั่วไปปลิงใสมีการแพร่พันธุ์อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี (El-Naggar and Khidr, 1986) จากการศึกษาความหนาแน่นเฉลี่ยของปรสิตตามรายเดือน พบว่าปลิงใสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนกันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน (75.07-105.20 parasites/fish) (Figure 3) ซึ่งในช่วงนี้อุณหภูมิน้ำมักจะลดต่ำสุดในรอบปี และอยู่ในช่วงปลายฝนต้นหนาว แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิมีผลต่อความหนาแน่นของปลิงใส *Diplectanum* sp. ที่เหงือกของปลากะพง

ชาวที่เลี้ยงในกระชัง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ozer *et al.* (2004) ที่พบว่าความหนาแน่นของปลิงไค *Gyrodactylus* sp. ที่เหงือกของปลา Three-Spined Stickleback มีค่าสูงสุด เมื่ออุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 24-25 °C รวมทั้ง El-Naggar (1994) ที่รายงานการพบปลิงไค *Dactylogyrus* sp. ในเหงือกปลา *Clarias lazera* มากที่สุดในช่วงฤดูใบไม้ร่วง (spring) ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26-27 °C และ Abdel-Aziz *et al.* (2012) รายงานการพบปรสิตกลุ่มไมโคจีน *Microcotyloides* sp. ที่เหงือกของปลา *Terapon puta* สูงสุด ในช่วงที่อุณหภูมิน้ำประมาณ 27 °C เช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนและขยายพันธุ์ของปรสิตชนิดนี้ (Jansen and Bakke, 1991) เช่นเดียวกับการรายงานของ El-Naggar and Khidr (1986) ที่ได้เสนอไว้ว่าอุณหภูมิน้ำที่อยู่ในช่วง 25-28 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลิงไคมากที่สุด และมีอัตราการฟักไข่สูง นอกจากนี้ยังได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าอุณหภูมิต่ำในรอบปีอาจไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่ควบคุมปริมาณประชากรของปลิงไคที่เหงือก แต่อุณหภูมิที่ต่ำนี้มีผลต่อการผลิตแอนติบอดีในปลาด้วย ทำให้การยอมรับเชื้อหรือการเข้าเกาะของปรสิตเพิ่มขึ้น สำหรับขนาดของปลากับการปรากฏของปรสิต Oztruk and Alutnel (2006) และ Ozer *et al.* (2004) พบว่าความชุกและระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของปลิงไค *Dactylogyrus* sp. มีความแตกต่างในปลาที่มีขนาดต่างกัน โดยปลาที่มีขนาดใหญ่ จะพบปลิงไคจำนวนมากกว่าปลาที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้านี้สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิต่ำมีผลต่อความหนาแน่นของปลิงไค ซึ่งอาจเนื่องมาจาก ที่อุณหภูมิที่ต่ำอาจโน้มนำให้ปลาภูมิคุ้มกันต่ำลง การยอมรับการเข้าเกาะของปลิงไคที่เหงือกปลาจึงมีมากขึ้น และปลากะพงขาวขนาดใหญ่ มีความหนาแน่นของปลิงไคมากกว่าปลาขนาดเล็ก

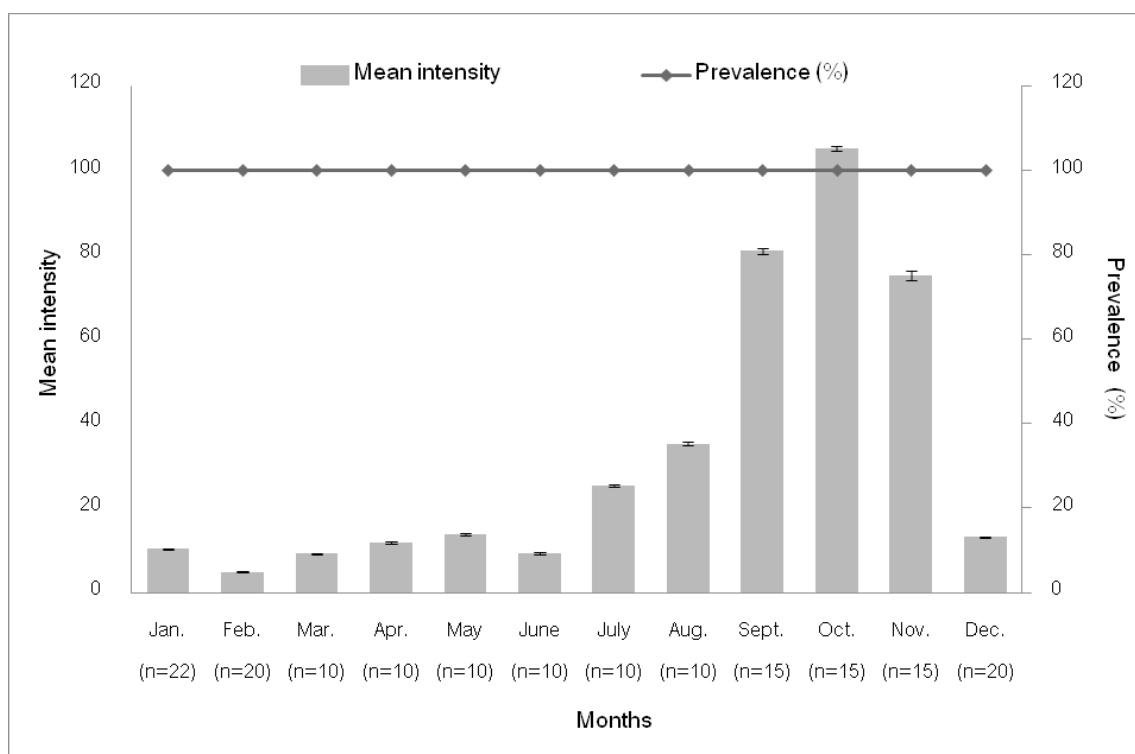


Figure 3 Monthly parasite prevalence (%) and mean intensity levels of *Diplectanum* sp. determined from gills of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) from cage cultured in Tha Chalap estuary.

ความชุก (prevalence) และความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity) ของโคฟีพอด *Lernanthropus* sp. ที่บริเวณเหงือกปลากะพงขาว พบตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายนเท่านั้น เปอร์เซ็นต์ความชุกอยู่ในช่วง 25-100% และความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.50-4.10 parasites/ fish ซึ่งพบสูงสุดในเดือนเมษายน (ความชุก 100% ความหนาแน่นเฉลี่ย 4.10±0.09 parasites/ fish) (Table 2) โคฟีพอดมีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Figure 2A) ตัวเต็มวัยเพศเมียมีความยาวตลอดทั้งตัว 0.6 ซม. (Figure 2B) และตัวเต็มวัยเพศเมียรวมฝักไข่ยาว 1.2 ซม. (Figure 2C) ผู้วิจัยยังไม่พบรายงานวิจัยที่ตีพิมพ์เกี่ยวกับพาราไซตชนิดนี้ในปลาที่เลี้ยงในประเทศไทย และจากการศึกษาในปี พ.ศ. 2550 ไม่พบโคฟีพอด *Lernanthropus* sp. ในปลากะรังจุดน้ำตาล (*Epinephelus malabaricus*) ที่เลี้ยงในบริเวณปากแม่น้ำท่าแหลมเช่นกัน (ณรงค์, 2550) จึงไม่สามารถระบุได้ว่าปลาที่เลี้ยงในบริเวณนี้เริ่มมีการปรากฏของโคฟีพอดครั้งแรกในปีใด แต่จากการสอบถามเกษตรกรได้ข้อมูลว่าโคฟีพอดชนิดนี้ระบาดมากในปี พ.ศ. 2556 อย่างไรก็ตามมีรายงานการพบโคฟีพอดชนิดนี้ในปลากะพงขาวที่จับได้ในทะเลฝั่งอ่าวไทย จังหวัดชลบุรี (วัชรียา และ นนทวิทย์, 2551) และปลากะพงขาวที่เลี้ยงในต่างประเทศ เช่น ปลากะพง *Dicentrarchus labrax* ที่เลี้ยง ในกระชัง ประเทศกรีซ พบว่ามีความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยของโคฟีพอด *Lernanthropus kroyeri* ตั้งแต่ 10.8 ถึง 100 % (Manera and Dezfali, 2003) เช่นเดียวกับปลากะพงที่เลี้ยงในกระชังบริเวณ Adriatic sea ถึง Southern North sea พบความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยของโคฟีพอดชนิดนี้ตั้งแต่ 35 ถึง 100 % (Kabata, 2003) และในปี 2013 มีรายงานการพบโคฟีพอด *Lernanthropus corniger* เป็นครั้งแรกในปลา *Carangoides malabaricus* และ *Megalaspis cordyla* ที่เลี้ยงทางตะวันตกเฉียงเหนือของ Arab Gulf ประเทศอิรัก ซึ่งมีความความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.4-1.7 และ 1 ตามลำดับ (Al-Niaeem et al., 2013) นอกจากนี้ El-Deen et al. (2013) รายงานว่าโคฟีพอดชนิดนี้มีความจำเพาะเจาะจงต่อเจ้าบ้านเช่นกัน โดยเฉพาะปลาที่เลี้ยงในเขตนํ้าอุ่น โคฟีพอดชนิดนี้เป็นสาเหตุให้เกิดการตายสูงในปลากะพงขาว *Dicentrarchus labrax* ขนาดเล็ก เนื่องจากปรสิตมีขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การทำลายเหงือกเกิดขึ้นในบริเวณกว้าง (Chu et al., 2012) จากเหตุผลข้างต้นสอดคล้องกับการสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังที่บริเวณนี้ ที่ให้ข้อมูลว่า เมื่อมีการระบาดของพาราไซตชนิดนี้ ปลาขนาดเล็กจะมีอัตราการตายสูงมากกว่าปลาขนาดใหญ่ จากการพบโคฟีพอด *Lernanthropus* sp. ในครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลสำคัญของการปรากฏปรสิตชนิดนี้ในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องในปีต่อ ๆ ไป

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับปริมาณโคฟีพอดที่พบ โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ แสดงให้เห็นว่าปริมาณโคฟีพอด *Lernanthropus* sp. มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิ และความเค็ม กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิและความเค็มสูงขึ้น จะพบปริมาณโคฟีพอดมากขึ้น

Table 2 Parasite prevalence (%) and mean intensity level of *Lernanthropus* sp. in the gills of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) from cage cultured in Tha Chalap estuary.

Months (2013)	Total fish examined	Fish weight (gram) Mean $\pm$ SD	Fish length (inch) Mean $\pm$ SD	No. of infected fish	No. of parasites collected	Parasite prevalence (%)	Mean parasite intensity $\pm$ SE ¹
January	20	89.59 $\pm$ 33.49	7.17 $\pm$ 0.83	14	22	63	1.00 $\pm$ 0.02 ^c
February	22	124.06 $\pm$ 26.61	8.33 $\pm$ 0.69	5	10	25	0.50 $\pm$ 0.02 ^c
March	10	94.08 $\pm$ 28.49	7.65 $\pm$ 0.65	6	10	60	1.00 $\pm$ 0.04 ^c
April	10	85.06 $\pm$ 45.04	7.10 $\pm$ 1.40	10	41	100	4.10 $\pm$ 0.09 ^a
May	10	73.15 $\pm$ 23.02	7.10 $\pm$ 0.90	8	21	80	2.10 $\pm$ 0.06 ^b
June	10	113.75 $\pm$ 21.05	8.25 $\pm$ 0.75	9	40	90	4.00 $\pm$ 0.09 ^a
July	10	46.11 $\pm$ 17.50	5.70 $\pm$ 1.02	0	0	0	0.00 $\pm$ 0.00
August	10	105.01 $\pm$ 51.34	8.15 $\pm$ 1.65	0	0	0	0.00 $\pm$ 0.00
September	15	198.80 $\pm$ 81.33	9.50 $\pm$ 1.40	0	0	0	0.00 $\pm$ 0.00
October	15	245.94 $\pm$ 14.37	10.78 $\pm$ 0.33	0	0	0	0.00 $\pm$ 0.00
November	15	181.34 $\pm$ 39.89	7.95 $\pm$ 0.41	0	0	0	0.00 $\pm$ 0.00
December	20	55.78 $\pm$ 34.90	6.07 $\pm$ 1.24	0	0	0	0.00 $\pm$ 0.00
Total	167	-	-	52	144	-	-

¹Mean values with difference alphabet in a column represent statistically significant differences ($P < 0.05$).

การปรากฏของโคพีพอด *Lernanthropus* sp. มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความเค็ม ซึ่งค่าความชุก และความหนาแน่นเฉลี่ยของปรสิตชนิดนี้จะพบมากในเดือนเมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน (Figure 4) ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดในรอบปี (31-32 °C) และมีความเค็ม ในช่วง 30-33 ppt (Table 3) การศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Eissa *et al.* (2012) ที่รายงานว่าโคพีพอด *Lernanthropus psciaenae* และ เห็บปลา *Caligus carangis* ในปลากะพง *Morone labrax* มีความชุกสูงสุดถึง 76% ในช่วงฤดูร้อน รวมทั้งการทดลองของ Brazenor and Hutson (2013) ที่พบว่าอุณหภูมิ 30 °C และความเค็ม 33-35 ppt ส่งผลให้อัตราการฟักไข่ของโคพีพอด *Lernanthropus latis* สูงที่สุด ในระดับห้องปฏิบัติการ และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดปลากับปริมาณของโคพีพอดในครั้งนี้ พบว่าขนาดของปลาไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโคพีพอดที่พบ

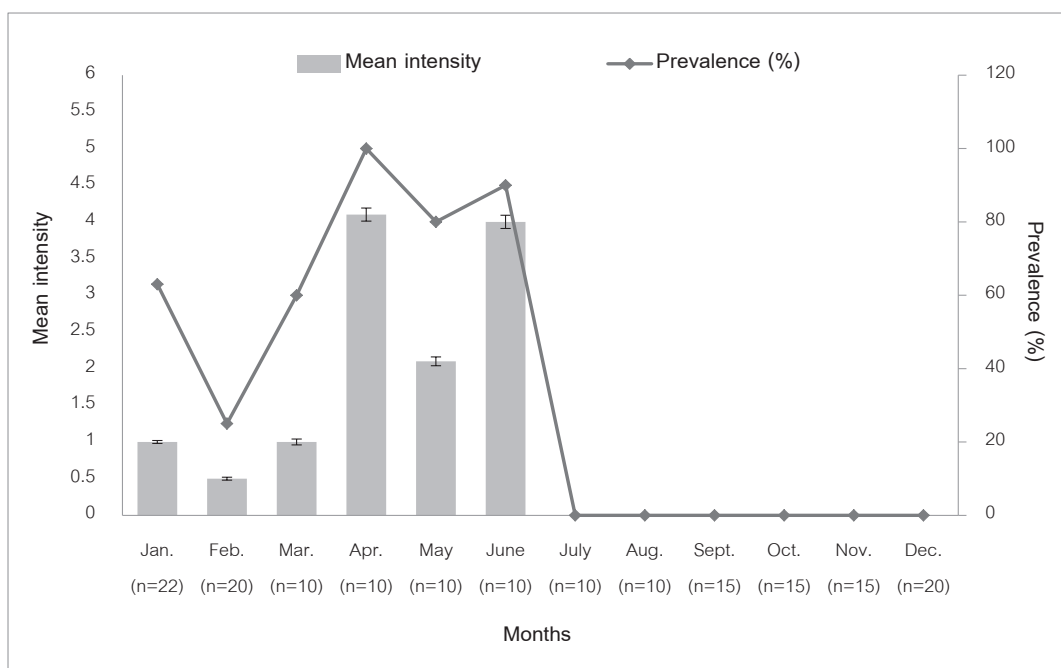


Figure 4 Monthly parasite prevalence (%) and mean intensity levels of *Lernanthropus* sp. determined from gills of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) from cage cultured in Tha Chalap estuary.

Table 3 Physico-chemical parameters of sampled fish cages.

Months (2013)	Ammonia (mg-N/L)	Nitrite (mg-N/L)	Nitrate (mg-N/L)	Phosphate (mg-P/L)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	Dissolved oxygen (mg/L)	pH
January	0.164	0.019	0.061	0.063	28	33	5.9	7.9
February	0.262	0.032	0.028	0.065	31	32	5.4	7.8
March	0.093	0.014	0.026	0.042	29	35	4.9	7.2
April	0.077	0.012	0.019	0.025	32	32	5.2	6.8
May	0.081	0.037	0.031	0.053	32	33	4.8	7.1
June	0.054	0.021	0.045	0.027	31	30	5.0	6.4
July	0.066	0.016	0.018	0.016	29	5	4.9	7.1
August	0.072	0.020	0.032	0.032	29	7	5.8	7.3
September	0.047	0.024	0.028	0.020	27	4	6.3	7.2
October	0.024	0.009	0.041	0.035	27	30	7.9	8.1
November	0.057	0.010	0.067	0.010	28	32	6.3	8.1
December	0.049	0.010	0.021	0.057	31	31	5.9	8.0

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปรสิตภายนอกของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังบริเวณปากแม่น้ำท่าฉลอม ตลอดระยะเวลา 1 ปี จำนวนตัวอย่างปลาทั้งหมด 167 ตัว พบปรสิตทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ ปลิงใส *Diplectanum* sp และ โคพีพอด *Lernantropus* sp. โดยปลิงใสพบในปลาทุกขนาด ทุกตัว และตลอดทั้งปี อุณหภูมิที่มีแนวโน้มพบปลิงใสมาก ในขณะที่โคพีพอดจะพบใน บางเดือนเท่านั้น อุณหภูมิและความเค็มสูงมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณของปรสิตชนิดนี้ จากการศึกษาค้นคว้ายังไม่สามารถประเมินได้ว่าปรสิตตัวไหนที่เป็นสาเหตุให้เกิดการตายของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในบริเวณนี้ แต่การพบโคพีพอด *Lernantropus* sp. อาจเพิ่มอัตราการตายของปลาได้ โดยเฉพาะในปลาขนาดเล็ก เนื่องจากโคพีพอดมีขนาดใหญ่ การทำลายเหงือกปลาเกิดในบริเวณกว้าง อย่างไรก็ตาม ปรสิตมีวงจรชีวิตบางช่วงในน้ำ และในระหว่างเลี้ยงไม่สามารถควบคุมปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆ ให้เหมาะสมได้ เนื่องจากการเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณปากแม่น้ำ มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลง การไหลของน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลและน้ำทะเลที่ดันเข้ามาในปากแม่น้ำ ดังนั้นผลการศึกษานี้ นอกจากจะรายงานข้อมูลความชุกและความหนาแน่นของปรสิตที่พบในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชังแล้ว ยังจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการพิจารณาถึงช่วงเวลาในการปล่อยปลาเลี้ยงในกระชัง การเฝ้าระวัง การรักษา และช่วงเวลาของการจัดการสุขภาพที่เหมาะสม เช่น การให้อาหาร การให้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน หรือวิตามิน ในช่วงเวลาที่มีการระบาดของปรสิต เพื่อลดความสูญเสียของปลาที่เลี้ยงในกระชังต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิรติศัย เพชรสุภา และ สุวิมล นิลรัตน์. 2551. พยาธิสภาพของปลากะพงขาวที่มีปรสิต. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 2: 138-145.
- ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ, สุขศรี สัมภาวะผล, อดุลย์ แม่เฝ้า, อุดม บุญชม, บุญเกิด โสมปัดทุม, ทวีวัฒน์ หลงขาว และ ชม อนุศักดิ์. 2530. การศึกษาโรคและพยาธิในปลากะพงขาวที่เลี้ยงในกระชัง ในเขตจังหวัดสตูล ตรัง กระบี่. วารสารการประมง. 40: 315-326.
- ณรงค์ คำสุข. 2550. พาราไซต์ในปลากะรังจุดน้ำตาล (*Epinephelus malabaricus*) ที่เลี้ยงในกระชังบริเวณปากแม่น้ำท่าฉลอม จังหวัดจันทบุรี. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 40 น.
- เยาวนิตย์ ดนยดล และ จิรนนท์ อุไรประสิทธิ์. 2545. คุณลักษณะเชื้อ *Flexibacter maritimus* สาเหตุของโรคแผลต่างในปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2545 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. หน้า 1-10.
- วัชรียา ภูริวิโรจน์กุล และ นนทวิทย์ อารีย์ชน. 2551. การสำรวจชนิดของปรสิตโคพีพอดที่พบในปลาทะเลจากอ่าวไทย บริเวณจังหวัดชลบุรี. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 48-56.
- วีรวรรณ ชินอักษร. 2535. โรคและปรสิตของปลากะพงขาว. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 128 น.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition. United Book Press, Inc., Baltimore, Maryland.
- Abdel-Aziz, A. K., A. E. Said, A. Ola, A. Samak, E. Sheren and A. Sheref. 2012. The impacts of ecological factors on prevalence, mean intensity and seasonal changes of the monogenean gill parasite, *Microcotyloides* sp., infesting the *Terapon puta* fish inhabiting coastal region of Mediterranean Sea at Damietta region. The Journal of Basic & Applied Zoology. 65: 109-115.
- Al-Niaem, K. H., S. A. Al-Azizz and F. H. Al-Ataby. 2013. The first record of copepod *Lernanthropus cornigor* Yamaguti, 1954 parasitizing two carangid fishes in northwest of the Arab Gulf, Iraq. Ekologija. 59: 95-98.
- Brazenor, A.K. and K.S. Hutson. 2013. Effect of temperature and salinity on egg hatching and description of the life cycle of *Lernanthropus latiss* (Copepoda: Lernanthropidae) infecting barramundi, *Lates calcarifer*. Parasitol Int. 62: 437-447.
- Chu, K.B., N.M. Rashid and N.R.A. Rani. 2012. Infestation of gill copepod *Lernanthropus latiss* (Copepod: Lernanthropidae) and its effect on cage-cultured Asian sea bass *Lates calcarifer*. Trop Biomed. 29: 443-450.

- Dezfuli, B., G. Luisa, S. Edi, M. Roberto and A. Shinn. 2007. Gill histopathology of cultured European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.) infected with *Diplectanum aequans* (Wagener 1857) Diesing 1958 (Diplectanidae: Monogenea). Parasitol Res. 100: 707-713.
- Eissa, I. A. M., E. L. Maather and Z. Mona. (2012). Studies on Crustacean diaseases of sea bass, *Morone labrax*, in Suez Canal, Ismailia Governorate. Life Sci J. 9: 512-518.
- El -Deen, N., A. E. Mona, S. Zaki and I. S. Shalaby. 2013. Some investigations observed in culture sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) infested with *Lernanthropus kroyeri* and *Nerocila orbigny* and exposed to pollution during different seasons at Dammaite province. Life Sci J. 10: 1877-1884.
- El-Naggar, M. M. 1994. Ecological studies on the monogenean parasites of the teleost *Clarias lazera* inhabiting Nile Delta Waters. M.Sc. Thesis. Zoology Department, Faculty of Science, Mansoura University, Egypt.
- El-Naggar, M.M and A. A. Khidr. 1986. Population dynamics of some monogeneans from the gills of three *Tilapia* spp. From Demieta Branch of the River Nile in Egypt. Proc Zool Soc A R Egypt. 12: 275-286.
- Gonzalez-Lanza, C., P. Alvarez-Pellitero and A. Sitja-Bobadilla. 1991. Diplectanidae (Monogenea) infestations of sea bass culture conditions. Parasitol Res. 77: 307-314.
- Jansen, P. A. and T. A. Bakke. 1991. Temperature dependent reproduction and survival of *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Platyhelminthes) Monogenea on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Parasitology. 102: 105-112.
- Kabata, Z. 2003. Copepod parasitic on fishes. The Linnean Society of London.
- Koyun, M. 2011. Seasonal distribution and ecological of some *Dactylogyrus* species infecting *Alburnus alburnus* and *Carassius carassius* (Osteichthyes: Cyprinidae). Afr J Biotechnol. 10: 1154-1159.
- Manera, M. and B. S. Dezfuli. 2003. *Lernanthropus kroyeri* infections in farmed sea bass *Dicentrarchus labrax*: pathological features. Dis Aquat Organ. 57: 177-80.
- Oktener, A., A. Alas and K. Solak. 2009. Occurrence of *Diplectanum aequans* (Wagener, 1857) on the cultured sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) from the Black Sea of Turkey. Bull Eur Ass Fish Pathol. 29: 102-103.
- Ozer, A., T. Oztruk and M.O. Ozturk. 2004. Prevalence and intensity of *Gyrodactylus arcuatus* Bychowsky, 1993 (Monogenea) infestations on the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., 1758. Turk J Vet Anim Sci. 28: 807-812.
- Oztruk, M.O. and F. N. Alutnel. 2006. Occurrence of *Dactylogyrus* infection linked to seasonal changes and host fish size on four cyprinid fishes. Acta Academiae. 52: 407-415.
- Parsons, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Great Britain.

การเปรียบเทียบผลผลิตในหลายพื้นที่ของสายพันธุ์ข้าวเหนียวต้นเตี้ยและไม่ไวต่อช่วงแสง ในฤดูนาปรังปี พ.ศ. 2557

The Multi-Environment Yield Trials of Semi-dwarf and Non-photoperiod Sensitivity in Glutinous Rice Lines in Dry Season, 2014

ปกาสิต ถัดภูเขียว¹ วราภรณ์ แสงทอง¹ แสงทอง พงษ์เจริญกิต¹ และช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์¹

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวเหนียวต้นเตี้ยและไม่ไวต่อช่วงแสงที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก จำนวน 3 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ คือ สันป่าตอง 1 และ กข14 ทำการทดสอบใน 2 พื้นที่ คือ อำเภอแม่สาย และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design) จำนวน 4 ซ้ำ โดยทำการตกกล้าวันที่ 11 มกราคม 2557 และปักดำที่อำเภอแม่สาย และอำเภอพานวันที่ 15 และ 18 กุมภาพันธ์ 2557 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) พบว่าสภาพแวดล้อม (environment) มีอิทธิพลต่อผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง ความยาว และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง แต่ไม่มีผลต่อจำนวนรวง/กอ และความกว้างเมล็ดข้าวกล้อง และพบว่าพันธุกรรม (genotype) หรือพันธุ์มีผลต่อผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในทุกลักษณะ ($p < 0.01$) นอกจากนี้พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ($G \times E$ interaction) มีอิทธิพลต่ออายุวันออกดอก ความกว้าง และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง แต่ไม่มีผลต่อผลผลิต ความสูง จำนวนรวง/กอ และความยาวเมล็ดข้าวกล้อง ทั้งนี้พบว่าข้าวเหนียวทั้ง 5 สายพันธุ์ให้ผลผลิตที่อำเภอแม่สายสูงกว่าที่อำเภอพาน คือ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,084 และ 780 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และพบว่าข้าวเหนียวสายพันธุ์ MJUG04002-927 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1,018 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์สันป่าตอง 1 และ กข14 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,014 และ 962 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร ข้าวเหนียว ต้นเตี้ย ไม่ไวต่อช่วงแสง

Abstract

The comparative trials on yield and agronomic characteristics of 3 semi-dwarf and non-photoperiod sensitive glutinous rice lines derived from genetic improvement by backcrossing and molecular markers assisted in selection were carried out with 2 check varieties; Sanpatong 1 and RD14 in 2 sites; Mae Sai and Phan districts in Chiang Rai province. Randomized Complete Block Design with 4 replications was used. Seeds were grown on January 11 and seedlings were transplanted in Mae Sai and Phan Districts on February 15 and 18, 2015, respectively. Results of the combined analysis of variance indicated that the influence of environments on yield, days to flowering, plant height, length and thickness of brown rice were significant while, it's effected on the number of panicles/hill and width of brown rice were not significant. Genotype or variety had highly significant effected on yield and all agronomic traits ($p < 0.01$). The interaction between genotype and environmental condition had significant influence on the days to

¹ สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

flowering, width, and thickness of brown rice however, it effected on yield, plant height, number of panicles/hill, and length of brown rice were not significant. Average yield of 5 glutinous rice lines in Mae Sai district was higher than that of Phan district which yield were 1,084 and 780 kg/rai, respectively. MJUG04002-927 gave a highest average yield of 1,018 kg/rai, that was not significant different from Sanpatong 1 and RD14 which yield were 1,014 and 962 kg/rai, respectively.

Keywords: yield comparison, agricultural trait, glutinous, semi-dwarf, non-photoperiod sensitive

คำนำ

ในฤดูนาปี พ.ศ. 2555 ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 14,927,584 ไร่ ในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ปลูกข้าวเจ้า 11,413,236 ไร่ และปลูกข้าวเหนียว 3,514,348 ไร่ คิดเป็น 76 และ 24 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด ตามลำดับ สำหรับในฤดูนาปี พ.ศ. 2555 ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 7,615,783 ไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าวเจ้า 7,302,324 ไร่ และปลูกข้าวเหนียว 313,459 ไร่ คิดเป็น 96 และ 4 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) จากข้อมูลพบว่าข้าวเหนียวที่มีกลิ่นหอมที่นิยมปลูกกันมาก คือ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ซึ่งได้จากการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ขยายสีเกมมาประมาณ 20 กิโลกรัม จากนั้นนำเมล็ดปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวพิจิตร และบางเขน และจากการคัดเลือกได้ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ในข้าวช่วงที่ 2 นำไปปลูกคัดเลือกจนคงตัวทางพันธุกรรม (genetic homogeneity) ได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ สายพันธุ์ KDML105'65-G2U-68-254 หรือข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ซึ่งมีลักษณะต้นสูง และไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีเท่านั้น (กรมการข้าว, 2558) ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มีพื้นที่ปลูกมากถึง 14.9 ล้านไร่ (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2551) ส่วนข้าวเหนียวต้นเตี้ยที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ สันป่าตอง 1 กข14 กข10 และ แพร่ 1 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้ เป็นข้าวต้นเตี้ย ไม่ไวต่อช่วงแสง และไม่มีการกลั่นหอม (กรมการข้าว, 2558) จะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวเหนียวต้นเตี้ยไม่ไวต่อช่วงแสง และมีการกลั่นหอมมีจำนวนน้อย จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ให้ต้นเตี้ย และไม่ไวต่อช่วงแสงด้วยวิธีปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก (วรภรณ์ และคณะ, 2552) และโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวหอมจากข้าวเจ้าด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2558) ปรับปรุงพันธุ์จนได้สายพันธุ์ข้าวเหนียวหอมต้นเตี้ย และไม่ไวต่อช่วงแสง จำนวน 3 สายพันธุ์ได้แก่ ข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข6 *hd1er2sd1F₁₂* -702, กข6 *hd1er2sd1F₁₂* -1113 และ MJUG04002-927 ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวเหนียวที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือกดังกล่าว จำนวน 3 สายพันธุ์ และพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ คือ สันป่าตอง 1 และ กข14 เพื่อหาสายพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงมีลักษณะที่ดีทางการเกษตรเพื่อเป็นตัวเลือกใหม่ให้กับเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง

ข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข6 *hd1er2sd1F₁₂* -702 และ กข6 *hd1er2sd1F₁₂* -1113 เป็นสายพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียว กข6 ให้ไม่ไวต่อช่วงแสง และต้นเตี้ยด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก มีพันธุ์รับคือข้าวเหนียว กข6 ไวต่อช่วงแสง (*Hd1*) และพันธุ์ให้ยีนไม่ไวต่อช่วงแสง (*hd1*) คือข้าวพันธุ์ Taichung 65 และพันธุ์ให้ยีนต้นเตี้ย (*sd1*) ได้จากข้าวพันธุ์ กข1 (วรภรณ์ และคณะ, 2552)

ข้าวเหนียวสายพันธุ์ MJUG04002-927 เป็นสายพันธุ์ที่ได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวหอมต้นเตี้ย และไม่ไวต่อช่วงแสง ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก มีพันธุ์รับคือข้าวเจ้าปทุมธานี 1

และพันธุ์เหียนข้าวเหนียว (wx) คือข้าวเหนียว กข6 (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2558)

วิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ใช้สายพันธุ์ข้าวที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือกจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวหอมสายพันธุ์ กข6 *hd1er2sd1F₁₂*-702, กข6 *hd1er2sd1F₁₂*-1113 และ MJUG04002-927 รวมทั้งพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 และ กข14 ทำการเปรียบเทียบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรทั้งหมด 2 พื้นที่ คือ ในพื้นที่อำเภอแม่สาย และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ทำการตกกล้าวันที่ 11 มกราคม 2557 ปักดำวันที่ 15 และ 18 กุมภาพันธ์ 2557 ตามลำดับ ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มีทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ โดยแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ปลูก 20 แถวๆ ยาว 5 เมตร ระยะปลูก 20x20 ซม. การใส่ปุ๋ยแบ่งเป็น 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยก่อนปักดำ 1 วัน ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ในระหว่างที่ข้าวเริ่มตั้งท้อง หรือเมื่อ 45 วันหลังปักดำ ทำการศึกษาลักษณะผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง จำนวนรวง/กอ ความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง การเก็บผลผลิตจะเก็บผลผลิต 10 แถวกลางของแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ เว้นหัวท้ายแถว พื้นที่การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 9.2 ตารางเมตร แล้วนำไปคำนวณผลผลิตเป็น กิโลกรัมต่อไร่ ที่ความชื้น 14 % สุ่มตัวอย่างเมล็ดเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ได้แก่ ขนาดความกว้าง ความยาว ความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยแยกเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ใช้โปรแกรม Sirichai Statistics V.6.07 ลักษณะใดที่ F-test แสดงความแตกต่างทางสถิติ จึงนำค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ ระหว่างพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) ใช้โปรแกรม MSTAT-C

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) ของผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่ได้จากการปลูกทดสอบในพื้นที่อำเภอแม่สาย และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2557 พบว่าสภาพแวดล้อม (environment) มีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิต อายุวันออกดอก และความสูง ($p < 0.01$) และมีอิทธิพลต่อลักษณะความยาว และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง ($p < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะจำนวนรวง/กอ และความกว้างเมล็ดข้าวกล้อง ส่วนพันธุกรรม (genotype) หรือพันธุ์พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง จำนวนรวง/กอ ความกว้าง ความยาว และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง ($p < 0.01$) นอกจากนี้พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (G x E interaction) มีอิทธิพลต่ออายุวันออกดอก ($p < 0.01$) และมีอิทธิพลต่อความกว้าง และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง ($p < 0.05$) แต่ไม่พบอิทธิพลต่อผลผลิต ความสูง จำนวนรวง/กอ และความยาวเมล็ดข้าวกล้อง (Table 1)

Table 1 Mean square from combined analysis of variance for yield and other agronomic characteristics of glutinous rice lines grown at Mae Sai and Phan districts, Chiang Rai province on dry season, 2014.

Sources of Variation	df	Yield (kg/rai)	Days to flowering (days)	Plant height (cm.)	Number of panicles/hill (panicle)	Brown rice		
						Width (mm.)	Length (mm.)	Thickness (mm.)
Environment (E)	1	923248.225**	518.400**	697.225**	2.025 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.048*	0.008*
Rep. within E.	6	42629.292	6.783	50.058	1.092	0.001	0.010	0.000
Genotype (G)	4	75050.412**	846.538**	196.813**	21.288**	0.156**	0.284**	0.053**
G x E	4	3449.537 ^{ns}	35.212**	9.288 ^{ns}	1.337 ^{ns}	0.002*	0.024 ^{ns}	0.004*
Pooled Error	24	5557.542	1.992	13.600	1.029	0.001	0.009	0.002
C.V. (%)		8.00	1.18	3.61	11.06	1.14	1.31	2.15

NS, **, *** = Non-significant, significant at $p < 0.05$, and significant at $p < 0.01$ probability level, respectively.

1. ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวเหนียวทดสอบในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

ผลการทดลองในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย พบว่าลักษณะผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง และจำนวนรวง/กอ มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2, 3) จึงนำค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ ระหว่างพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ผลผลิตของสายพันธุ์ MJUG04002-927 ให้ผลผลิต 1,152 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากสันป่าตอง 1 และ กข14 ที่ให้ผลผลิต 1,185 และ 1,091 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) แต่ทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -1113 ที่ให้ผลผลิต 942 กิโลกรัมต่อไร่ อายุวันออกดอกของสายพันธุ์ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -702, กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -1113 และ MJUG04002-927 มีอายุวันออกดอก 121 122 และ 124 วัน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าของสันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีอายุวันออกดอก 108 และ 107 วัน ตามลำดับ (Table 2) ความสูงของสายพันธุ์ MJUG04002-927 มีความสูง 111 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างจากสันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีความสูง 110 และ 106 ซม. ตามลำดับ (Table 2) แต่ทั้ง 3 พันธุ์มีความสูงมากกว่าสายพันธุ์ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -702 ที่มีความสูง 99 ซม. จำนวนรวง/กอของสายพันธุ์ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -1113 และ MJUG04002-927 ให้จำนวนรวง/กอสูงสุด 10 และ 11 รวง/กอ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าของสันป่าตอง 1 และ กข14 ที่ให้จำนวนรวง/กอ 9 และ 7 รวง/กอ ตามลำดับ (Table 3)

2. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวเหนียวทดสอบในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

ผลการทดลองในพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย พบว่าความกว้าง ความยาว และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 3) โดยเมล็ดข้าวกล้องของสายพันธุ์ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -702 และ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -1113 มีความกว้างเท่ากับ 2.36 และ 2.31 มม. ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่มีความกว้างเมล็ดข้าวกล้อง 2.26 มม. (Table 3) ขณะที่สายพันธุ์ MJUG04002-927 มีความยาวเมล็ดข้าวกล้องมากที่สุด 7.44 มม. ซึ่งมากกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีความยาวเมล็ดข้าวกล้อง 6.99 และ 7.02 มม. ตามลำดับ (Table 3) ส่วนความหนาเมล็ดข้าวกล้องพบว่าสายพันธุ์ กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -702, กข6 $hd1er2sd1F_{12}$ -1113 และ

MJUG04002-927 มีความหนาเมล็ดข้าวกล้อง 1.83 1.82 และ 1.80 มม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีความหนาเมล็ดข้าวกล้อง 2.00 มม. (Table 3)

3. ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวเหนียวทดสอบในพื้นที่อำเภอพวน จังหวัดเชียงราย

ผลการทดลองในพื้นที่อำเภอพวน จังหวัดเชียงราย พบว่าลักษณะผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง และ จำนวนรวง/กอ มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2, 3) จึงนำค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ ระหว่างพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ผลผลิตของสายพันธุ์ MJUG04002-927 ให้ผลผลิต 884 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากสันป่าตอง 1 และ กข14 ที่ให้ผลผลิต 842 และ 832 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) แต่ทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ กข6 hd1er2sd1F12-702 และ กข6 hd1er2sd1F12-1113 ที่ให้ผลผลิต 701 และ 643 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อายุวันออกดอกของสายพันธุ์ กข6 hd1er2sd1F12-702, กข6 hd1er2sd1F12-1113 และ MJUG04002-927 มีอายุวันออกดอก 132 134 และ 132 วัน ตามลำดับซึ่งมากกว่าของ สันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีอายุวันออกดอก 111 และ 110 วัน ตามลำดับ (Table 2) ความสูงของสายพันธุ์ MJUG04002-927 มีความสูง 104 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างจากสันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีความสูง 101 และ 100 ซม. ตามลำดับ (Table 2) แต่ทั้ง 3 พันธุ์มีความสูงมากกว่าสายพันธุ์ กข6 hd1er2sd1 F12-702 และ กข6 hd1er2sd1F12-1113 ที่มีความสูง 91 และ 93 ซม. ตามลำดับ จำนวนรวง/กอของสายพันธุ์ กข6 hd1er2sd1 F12-702, กข6 hd1er2sd1F12-1113 และ MJUG04002-927 ให้จำนวนรวง/กอ 9 10 และ 11 รวง/กอ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ สันป่าตอง 1 และ กข14 ที่ให้จำนวนรวง/กอ 7 และ 6 รวง/กอ ตามลำดับ (Table 3)

4. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวเหนียวทดสอบในพื้นที่อำเภอพวน จังหวัดเชียงราย

ผลการทดลองในพื้นที่อำเภอพวน จังหวัดเชียงราย พบว่าลักษณะความกว้าง และความยาวเมล็ดข้าวกล้อง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนความหนาเมล็ดข้าวกล้องมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) โดย เมล็ดข้าวกล้องของสายพันธุ์ กข6 hd1er2sd1F12-1113 มีความกว้างเท่ากับ 2.32 มม. ซึ่งมากกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่มีความกว้างเมล็ดข้าวกล้อง 2.25 มม. (Table 3) ขณะที่สายพันธุ์ MJUG04002-927 มีความยาวเมล็ดข้าวกล้องมากที่สุด 7.45 มม. ซึ่งมากกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 และ กข14 ที่มีความยาวเมล็ดข้าวกล้อง 7.03 และ 7.27 มม. ตามลำดับ (Table 3) ส่วนความหนาเมล็ดข้าวกล้องพบว่าสายพันธุ์ กข6 hd1er2sd1F12-702 และ กข6 hd1er2sd1F12-1113 มีความหนาเมล็ดข้าวกล้อง 1.88 มม. ซึ่งไม่แตกต่างจากพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่มีความหนาเมล็ดข้าวกล้อง 1.96 มม. (Table 3)

Table 2 Means from combined analysis of variance for yield and important agronomic characteristics of glutinous rice lines grown at Mae Sai and Phan districts, Chiang Rai province on dry season, 2014.

Lines / varieties	Yield ^{2/}		Days to flowering ^{2/}			Plant height ^{2/}	
	(kg/rai)		(days)			(cm.)	
	MAS	PHAN	Mean	MAS	PHAN	Mean	Mean
RD6 <i>hd1er2sd1F</i> -702 ₁₂	1,051 ^{bc}	701 ^b	876	121 ^a	132 ^{ab}	127	95
RD6 <i>hd1er2sd1F</i> -1113 ₁₂	942 ^c	643 ^b	793	122 ^a	134 ^a	128	99
MJUG04002-927	1,152 ^{ab}	884 ^a	1,018	124 ^a	132 ^b	128	107
San-pah-tawng 1	1,185 ^a	842 ^a	1,014	108 ^b	111 ^c	110	106
RD14	1,091 ^{ab}	832 ^a	962	107 ^b	110 ^d	108	103
Grand mean	1,084	780	933	116	124	120	102
F-test ^{1/}	**	**	-	**	**	-	-
C.V. (%)	7.30	8.95	-	1.40	1.00	-	-

^{1/} ** = significant at p< 0.01 probability level

^{2/} means followed by the same letter within column were not significantly different at p<0.01 by DMRT

MAS= Mae Sai District, PHAN= Phan District, Chiang Rai Province

Table 3 Means from combined analysis of variance for agronomic characteristics and seed physical characteristics of glutinous rice lines grown at Mae Sai and Phan districts, Chiang Rai province on dry season 2014.

Lines / varieties	Number of panicles/tiller ^{2/}			Brown rice ^{2/}					
	(panicle)			Width (mm.)			Length (mm.)		
	MAS	PHAN	Mean	MAS	PHAN	Mean	MAS	PHAN	Mean
RD6 <i>hd1er2sd1F</i> ₁₂ -702	9 ^{ab}	9 ^a	9	2.36 ^b	2.29 ^{bc}	2.33	7.06 ^b	7.03 ^c	7.04
RD6 <i>hd1er2sd1F</i> ₁₂ -1113	10 ^a	10 ^a	10	2.31 ^c	2.32 ^b	2.31	6.95 ^b	7.04 ^c	6.99
MJUG04002-927	11 ^a	11 ^a	11	2.08 ^e	2.06 ^d	2.07	7.44 ^a	7.45 ^a	7.45
San-pah-tawng 1	9 ^b	7 ^b	8	2.26 ^d	2.25 ^c	2.25	6.99 ^b	7.03 ^c	7.01
RD14	7 ^c	6 ^b	7	2.45 ^a	2.46 ^a	2.45	7.02 ^b	7.27 ^b	7.14
Grand mean	9	9	9	2.29	2.28	2.28	7.09	7.16	7.13
F-test ^{1/}	**	**	-	**	**	-	**	**	-
C.V. (%)	8.30	13.50	-	0.63	1.48	-	1.76	0.61	-
							1.14	2.80	-

^{1/} *, ** = significant at p< 0.05 and p< 0.01 probability level, respectively

^{2/} means followed by the same letter within column were not significantly different by DMRT

MAS= Mae Sai District, PHAN= Phan District, Chiang Rai Province

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของข้าวเหนียวทั้ง 3 สายพันธุ์โดยมีข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 และ กข14 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ในพื้นที่อำเภอแม่สาย และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมต่อลักษณะอายุวันออกดอก ความกว้าง และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง (Table 1) แสดงว่าพันธุ์ที่ทำการทดสอบนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอายุวันออกดอก ความกว้าง และความหนาเมล็ดข้าวกล้องไปตามสภาพแวดล้อม เนื่องจากอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อม ($G \times E$ interaction) เป็นปัจจัยที่ทำให้การแสดงลักษณะของข้าวไม่ตรงตามพันธุ์กรรมที่มีอยู่ เมื่อปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (สมใจ, 2552) ส่วนผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมต่อผลผลิต ความสูง จำนวนรวง/กอ และความยาวเมล็ดข้าวกล้องพบว่าไม่มีนัยสำคัญ (Table 1) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ข้าวที่ทำการทดสอบไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะดังกล่าวไปตามสภาพแวดล้อม เมื่อปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (ประวิตร, 2548)

สรุปผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวเหนียวต้นเดียวไม่ไวต่อช่วงแสงในพื้นที่อำเภอแม่สาย และอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2557 พบว่าสภาพแวดล้อม (environment) มีผลต่อผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง ความยาว และความหนาเมล็ดข้าวกล้อง แต่ไม่มีผลต่อลักษณะจำนวนรวง/กอ และความกว้างเมล็ดข้าวกล้อง ทั้งนี้พบว่าข้าวเหนียวทั้ง 5 สายพันธุ์เมื่อปลูกในพื้นที่อำเภอแม่สายให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในพื้นที่อำเภอพาน คือให้ผลผลิตเฉลี่ยในพื้นที่อำเภอแม่สาย และอำเภอพานเท่ากับ 1,084 และ 780 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนอิทธิพลของพันธุ์กรรม (genotype) หรือพันธุ์พบว่าพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวเหนียวให้ผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง จำนวนรวง/กอ ความกว้าง ความยาว และความหนาเมล็ดข้าวกล้องแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อม ($G \times E$ interaction) ต่ออายุวันออกดอก ความกว้าง และความหนาเมล็ดข้าวกล้องมีนัยสำคัญ แต่อิทธิพลของ $G \times E$ ไม่มีนัยสำคัญต่อผลผลิต ความสูง จำนวนรวง/กอ และความยาวเมล็ดข้าวกล้อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยความเป็นเลิศทางด้านการวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ตลอดจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2558 การปรับปรุงพันธุ์ข้าว. แหล่งที่มา (Available Source) : <http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=2.htm>, 15 มีนาคม 2558.
- กรมการข้าว. 2558 องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งที่มา (Available Source) : <http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php.htm>, 10 กันยายน 2558.
- กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2558 พันธุ์ข้าวรับรอง ปี 2558 (7พันธุ์) แหล่งที่มา (Available Source) : http://www.brrd.in.th/main/index.php?option=com_content&view=article&id=1412:-2558-7&catid=70:certification&Itemid=65, 10 กันยายน 2558.
- ประวิตร พุทธานนท์. 2548. ใบโสมตรึงส์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วารสารกรมส่งเสริมการเกษตร, ประวิตร พุทธานนท์, ยุพเยาว์ คบพิมาย, ช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์ และ ศุภางค์ ทิพย์พิทักษ์. 2552. รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้เรื่อง การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ให้ต้นเตี้ย โดยวิธีปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับโดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือก. 75 น.

- วรภรณ์ แสงทอง, ประวีตร พุทธานนท์ และ สุภัคตร์ ปัญญา. 2554. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวหอมจากข้าวเจ้าด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัย แม่โจ้. 55 น.
- สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2551. การส่งออกข้าว. แหล่งที่มา (Available Source) : <http://www.rice-exporter.or.th/production.htm>, 30 สิงหาคม 2558.
- สมใจ สาลีโท, ณราวุฒิ ปิยโชติ, สกฤษชัย อัฒพล, สุวรรณวงศ์ สุขวิทยา, ภาโสภะ ชนะ, ศรีสมภาร รัตนชัย, ช่างศรี วีระศักดิ์, หอมสมบัติ ดวงใจ, สุริยาอรุณโรจน์ และ เอกสิทธิ์ สกุลคู. 2552. เติบโตและพัฒนาผลผลิตของข้าวเหนียวต้านทานโรคไหม้. 11 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่รายจังหวัดนาปี 2555. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

การใช้น้ำมันกานพลูในการควบคุมระดับการสลบเพื่อการขนส่งลูกปลาแอฟริกา

Evaluation of Clove Oil as Anesthetic Maintenance for Transportation of Juvenile African Catfish (*Clarias gariepinus*)

ดุสิต เอื้ออำนวย¹ อาริวรรณ สังข์เพชร¹ อัจฉริยา สันติประเสริฐ¹ และรุ่งตะวัน ยมหล้า¹

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้น้ำมันกานพลูเพื่อควบคุมการสลบในการขนส่งลูกปลาแอฟริกา (*Clarias gariepinus*) (น้ำหนักเฉลี่ย 2.85 ± 0.29 กรัม) จากการทดสอบความเป็นพิษของน้ำมันกานพลูโดยใช้วิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง พบว่าค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน LC_{50} ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ($24\text{-hr } LC_{50}$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 17.37 (15.12-19.61) มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ควบคุมให้ลูกปลาแอฟริกาสลบอยู่ในระยะแรก (sedation) มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลูกปลาแอฟริกาจะแสดงอาการสลบระยะแรกภายในเวลา 37.44 ± 3.7 นาที และมีระยะเวลาในการฟื้นตัวจากการสลบภายในเวลา 1.27 ± 0.43 นาที ตลอดทดลองระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ค่าอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของก่อนและหลังในแต่ละการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ โดยมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22 ถึง 23 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.12 ถึง 7.16 และเมื่อนำลูกปลาแอฟริกามาจำลองการขนส่ง เป็นเวลา 16 ชั่วโมง พบว่าอัตราการรอดในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใช้สารละลายน้ำมันกานพลูความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียในกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำมันกานพลู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวมาใช้เป็นยาสลบสำหรับการควบคุมระดับการสลบในลูกปลาแอฟริกาเพื่อสวัสดิภาพของสัตว์ที่ดี รวมทั้งสามารถช่วยลดการขับถ่ายของเสียในรูปของแอมโมเนียของลูกปลาในระหว่างการขนส่ง

คำสำคัญ : น้ำมันกานพลู การควบคุมการสลบ ปลาแอฟริกา

Abstract

The anesthetic effects of clove oil were studied in juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) with average weight of 2.85 ± 0.29 grams. Acute lethality of clove oil on fish were measured by using a static bioassay and probit analysis. The estimated 24 h LC_{50} of clove oil on juvenile African catfish was approximately 17.37 (15.12-19.61) mg/l at the 95% confidence interval. The appropriated clove oil concentration to induce of sedation stage anesthesia in African catfish was 15 mg/l. The induction time was 37.44 ± 3.7 minutes and recovery time after anesthesia with clove oil was 1.27 ± 0.43 minutes (after being placed in clean water). During the exposure period (24 hours), water temperature (22 to 23 °C) and pH (7.12 to 7.16) in each experiment were changed in a narrow range. Clove oil efficiency during transportation was evaluated in 16 hours using appropriated concentration of 15 mg/l in juvenile African catfish. The result showed that the final survival rate between control and treatment group was not significantly different ($p \geq 0.05$). The ammonia concentration at the end of transportation in control group was significantly higher than

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

treatment group. These findings show that clove oil could be an anesthetic maintenance for African catfish which could improve animal welfare and had potential to reduce fish excretion during transportation.

Keywords: clove oil, anesthetic maintenance, African catfish (*Clarias gariepinus*)

คำนำ

ปลาดุกแอฟริกา หรือปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา ได้ถูกนำเข้าประเทศไทยผ่านประเทศลาวในช่วงปี พ.ศ. 2528 เพื่อเป็นพ่อพันธุ์สำหรับการผลิตปลาดุกลูกผสม หรือ บิ๊กอูย (กรมประมง, มปป.) จากการลงสำรวจฟาร์มเพาะลูกพันธุ์ปลาในเขตจังหวัดนครนายกและฉะเชิงเทราช่วงเดือน มิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556 จากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาดุกได้เปลี่ยนมาเลี้ยงปลาดุกแอฟริกาแทนปลาดุก ลูกผสม เพราะคุณลักษณะของอัตราการเติบโตที่รวดเร็วทำให้ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงเพียง 3 ถึง 4 เดือน ในขณะเดียวกัน ได้รับการยอมรับเพิ่มขึ้นจากกลุ่มผู้บริโภค ส่งผลให้จำนวนลูกพันธุ์ปลาดุกแอฟริกาเป็นที่ต้องการเพิ่มขึ้น โดยบริเวณ พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยถือเป็นแหล่งผลิตลูกพันธุ์ปลาที่สำคัญ โดยลูกพันธุ์จะถูกขนส่งไปยังภูมิภาคอื่นด้วย วิธีการบรรจุลูกปลาลงในลังพลาสติก มีการใช้เกลือแกงเพื่อลดความเครียด หากขนส่งโดยใช้ระยะเวลานานเกินกว่า 6 ชั่วโมงจะต้องมีการลดปริมาณของเสียโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการขนส่ง ซึ่งในระหว่างการเคลื่อนย้ายบางครั้งอาจส่งผลกระทบต่อทำให้สัตว์น้ำเครียด ได้รับบาดเจ็บ อ่อนแอ และตายได้ การใช้ยาสลบเพื่อทำให้สัตว์น้ำสงบลด การเคลื่อนไหวและควบคุมปริมาณของเสียในช่วงการขนส่งถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย ยาสลบที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น 2-phenoxyethanol metomidate MS-222 และ สารละลายน้ำมันกานพลู (clove oil) ที่มีการศึกษาและทดลองใช้ในการขนส่งและลดความเครียดในสัตว์น้ำ (Weber *et al.*, 2009) น้ำมันกานพลู (clove oil) เป็นสารธรรมชาติที่สกัดจากพืชมีความปลอดภัยต่อมนุษย์ไม่ตกค้าง ราคาถูกและสามารถเสื่อมสลายเอง ตามธรรมชาติ โดยในน้ำมันกานพลูมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญประกอบด้วย eugenol (4-allyl-2-methoxyphenol) 70 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ eugenol acetate น้อยกว่า 17 เปอร์เซ็นต์ และ cariofilen-5 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งออกฤทธิ์เป็นยาสลบ ในสัตว์น้ำ (Hermanini and Tangendjaja, 1998) ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันกานพลูสำหรับกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นปลาใน *Cyprinus carpio* L. (Velisek *et al.*, 2005) ปลาเทราท์ *Oncorhynchus mykiss* และปลาทอง *Carassius auratus* (Perdikaris *et al.*, 2010) ปลากัดจีน (दनัย และคณะ, 2551) และในกุ้งทะเล *Fenneropenaeus indicus* (Akbari *et al.*, 2010) รวมทั้งมีการทดสอบ ประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูเพื่อเป็นยาสลบในปลาดุกแอฟริกาวัยรุ่นขนาด 6-10 กรัม ว่ามีค่าเหมาะสมที่ทำให้ปลา สลบโดยสมบูรณ์อยู่ที่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (Ögretmen and Gökçek, 2013) แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลด้านการใช้น้ำมัน กานพลูเพื่อควบคุมการสลบในระยะแรก โดยเฉพาะการใช้ในระหว่างการขนส่งลูกปลาดุกแอฟริกาเพื่อควบคุมการตื่น ตกใจ การขับถ่ายของเสีย และลดปัญหาด้านคุณภาพน้ำยังไม่มีรายงาน ดังนั้นการศึกษานี้จึงเล็งเห็นถึงความเป็น ไปได้ในการใช้น้ำมันกานพลูเพื่อยกระดับกระบวนการขนส่งปลาดุกแอฟริกาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านการ ลดความบอบช้ำของตัวปลา และการลดการดำเนินการในขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการขนส่ง

อุปกรณ์และวิธีการการทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง ลูกปลาดุกแอฟริกาความยาวทั้งหมดเฉลี่ย 7.75 ± 0.36 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.85 ± 0.29 กรัม นำมาจากขุนช่างพันธุ์ปลา จังหวัดนครนายก โดยเลี้ยงเพื่อปรับสภาพในห้องปฏิบัติการให้ปลาชิน กับสถานที่ทดลองอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ในระหว่างนี้มีการให้อาหารปลาดุกเม็ดสำเร็จรูปขนาดเล็กละ 2 ครั้ง เข้า เย็น และดูตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันเพื่อรักษาระดับคุณภาพน้ำให้เหมาะสม ซึ่งในช่วงการปรับสภาพ

ลูกปลาจะถูกต้องมีอัตราอดเกินกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถนำมางดอาหาร 2 วันเพื่อใช้สำหรับการทดลอง

การเตรียมสารละลายน้ำมันกานพลู น้ำมันกานพลู (Srichand United Dispensary LTD., Thailand) มาเจือจางตามวิธีการของ Stoskopf (1993) โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1:9 เพื่อให้ได้สารละลายน้ำมันกานพลูที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำมาใช้เตรียมสารละลายน้ำมันกานพลูในระดับความเข้มข้นต่างๆ ในการทดลองต่อไป

1. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารละลายน้ำมันกานพลู ที่ทำให้ลูกปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24-hr LC₅₀)

การทดลองหาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC₅₀) ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ในน้ำนิ่ง (Litchfield and Wilcoxon, 1949) ทดลองในตู้กระจกปริมาตร 2 ลิตร แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1.1 การทดลองเบื้องต้น (preliminary test) ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 15, 18, 22, 24 และ 26 มิลลิกรัมต่อลิตร พร้อมกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่สารละลายน้ำมันกานพลู ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ทำให้ปลาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้ปลาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ในช่วง 15 ถึง 22 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2 การทดลองอย่างละเอียด (full – scale test) จากผลการทดลองเบื้องต้น ได้แบ่งความเข้มข้นออกเป็น 5 ระดับ คือ 15.0, 16.8, 18.6, 20.4 และ 22.2 มิลลิกรัมต่อลิตร พร้อมกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่สารละลายน้ำมันกานพลู ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว โดยตลอดการศึกษาระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการสังเกตและบันทึกลักษณะอาการของปลาที่ใช้ทดลอง และจำนวนปลาตาย รวมทั้งค่าคุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดช่วงการศึกษาซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่าอยู่ระหว่าง 7.12 ถึง 7.51 ค่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 23.07 ถึง 23.67 องศาเซลเซียส และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.08 ถึง 3.12 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ใช้ในการขนส่ง

ทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับควบคุมการสลบระยะแรก (sedation) และการขนส่งโดยทดสอบที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าความเข้มข้นที่ทำให้ปลารอด 100 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (การศึกษาที่ 1) จากนั้นนำช่วงความเข้มข้นที่ทำให้ปลาสลบมาแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยความเข้มข้นที่ใช้คือ 11, 13 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทดลองโดยนำปลาที่ฟักได้มาใส่ตู้กระจกปริมาตร 2 ลิตร จำนวนตู้ละ 1 ตัว ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ สังเกต และบันทึกเวลาการเข้าสู่การสลบ (induce stage) โดยแบ่งระยะการสลบ ได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้คือ การสลบระยะ sedation ปลาจะแสดงอาการเคลื่อนไหวช้าลงและอยู่นิ่งที่บริเวณพื้นตู้แต่มีการเคลื่อนไหวบ้างเป็นบางครั้ง การสลบระยะ anesthesia ปลาส่วนใหญ่จะอยู่นิ่งและว่ายน้ำช้าลง มีเพียงบางตัวที่แสดงอาการเสียสมดุล การสลบระยะ surgical anesthesia ปลาจะมีลักษณะสูญเสียการทรงตัว (หงายท้อง) และไม่มีอาการตอบสนองต่อการกระตุ้น และระยะ Death ปลาจะหยุดหายใจและตาย (Kamble *et al.*, 2014) และสังเกตลักษณะอาการของลูกปลาทุกที่เวลา 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที และที่ 12 และ 24 ชั่วโมง เมื่อปลาสลบในระยะ sedation ตักปลาออกจากตู้ทดลองและนำมาใส่ในน้ำสะอาดเพื่อหาระยะเวลาที่ปลาฟื้นตัว (recovery stage) ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เริ่มมีการเคลื่อนไหว แต่ปลายังคงนอนอยู่ที่พื้นของภาชนะ ระยะที่ 2 ปลาเริ่มมีการหายใจ และตอบสนองต่อการกระตุ้นที่รุนแรง แต่การทรงตัวยังไม่ปกติ และระยะที่ 3 ความสมดุลของร่างกายเข้าสู่ภาวะปกติปลาว่ายน้ำปกติ ตอบสนองต่อการกระตุ้นที่เล็กน้อยได้ (Theinpoint and Niegeers, 1965)

3. การจำลองการขนส่งลูกปลาจากแอฟริกาโดยใช้น้ำมันกานพลู

การศึกษาการจำลองการขนส่งลูกปลาจากแอฟริกาโดยใช้น้ำมันกานพลูเป็นยาสลบ ให้ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการศึกษาที่ 2 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองคือ กลุ่มควบคุม ขนส่งโดยใช้น้ำประปาที่ปราศจากคลอรีน และชุดการทดลองที่ใช้น้ำประปาและน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยใช้ลูกปลาจำนวน 490 ตัวต่อกล่องพลาสติกขนาด $20 \times 34 \times 15$ เซนติเมตร ใส่ น้ำปริมาตร 3 ลิตรต่อกล่อง ซึ่งความหนาแน่นที่ใช้ดังกล่าว (7,000 ตัวต่อตารางเมตร) ได้อ้างอิงจากฟาร์มผลิตลูกปลาเอกชน จังหวัดนครนายก การจำลองขนส่งลูกปลาจากแอฟริกาจะถูกทำขึ้นเพื่อเลียนแบบการขนส่งจริงโดยนำภายในภาชนะที่ขนส่งลูกปลาจากแอฟริกาจะเกิดการเคลื่อนไหวเช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยการจำลองจะทำการขึ้นแบบต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 16 ชั่วโมงของการศึกษา

เมื่อจำลองขนส่งลูกปลาครบ 16 ชั่วโมง เปิดกล่องบรรจุลูกปลา และบันทึกอัตราการรอดของปลาใน แต่ละกลุ่ม การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทำขึ้นก่อนและหลังการจำลองการขนส่ง โดยวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่เสนออยู่ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, et al, 1995) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter, WTW pH 3210) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO meter, WTW Oxi 3210)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันกานพลูที่ทำให้ปลาทาย 50 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24-hr LC₅₀) ด้วยวิธี Probit analysis program (Raymond, 1987) ในส่วนข้อมูลคุณภาพน้ำ ระยะเวลาการสลบและการฟื้นตัวของลูกปลาจากแอฟริกา และอัตราการรอดของลูกปลาในการจำลองการขนส่ง และคุณภาพน้ำก่อนและหลังการจำลองการขนส่งมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (one – way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาหาความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันกานพลู ที่ทำให้ลูกปลาจากแอฟริกาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24-hr LC₅₀)

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ทำให้ลูกปลาจากแอฟริกาจำนวนครึ่งหนึ่งตายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24-hr LC₅₀) โดยทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 15.0, 16.8, 18.6, 20.4 และ 22.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการตายของลูกปลาที่แต่ละความเข้มข้นมีค่าเท่ากับ 0.0, 16.7, 93.3, 100.0 และ 100.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำอัตราการตายดังกล่าวมาคำนวณค่า ที่ 24 ชั่วโมง LC₅₀ มีค่า 17.37 (15.12-19.61) มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ช่วงระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองของ ดนัย และคณะ (2551) ที่ได้ศึกษาความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันของสารละลายน้ำมันกานพลูในปลากัดจีนที่เป็นปลาชนิดหนึ่งที่มีอวัยวะช่วยหายใจและสามารถอยู่ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำได้เช่นเดียวกับปลาดุกพบว่าค่า 24-hr LC₅₀ มีค่า 21.77 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าสารละลายน้ำมันกานพลูมีความเป็นพิษในปลาดุกมากกว่าปลากัดจีน โดยตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่ามีค่าผันแปรค่อนข้างสูงอยู่ในช่วงระหว่าง 0.08-3.12 มิลลิกรัมต่อลิตร การลดลงของปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นนั้น เป็นผลมาจากปลาใช้ออกซิเจนในการหายใจ จากการทดลองนี้พบว่าในกลุ่มการทดลองจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งพบว่าค่าระดับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเมื่อสิ้นสุดของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าต่ำกว่าระดับคุณภาพน้ำที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำตามที่ ประวิทย์ (2522) ได้รายงานไว้

Table 1 The anesthesia stage of juvenile African catfish anesthetized with solvent clove oil at concentration of 15.0, 16.8, 18.6, 20.4 and 22.2 mg/l.

Clove oil concentration (mg/l)	Anaesthetizing time (minute)			
	Sedation (first stage)	Anesthesia (second stage)	Surgical Anesthesia (third stage)	Death (forth stage)
15.0	39	68	175	-
16.8	37	61	165	-
18.6	34	57	138	After 3 hours
20.4	29	54	102	After 3 hours
22.2	26	49	93	After 3 hours

2. การศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ใช้ในการขนส่ง

การศึกษาค้นหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายน้ำมันกานพลูเพื่อใช้เป็นยาสลบในลูกปลาดุกแอฟริกา โดยหลักการเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมนั้น ต้องเป็นความเข้มข้นที่ไม่เป็นอันตราย และสามารถทำให้สัตว์น้ำเข้าสู่ระยะสลบได้อย่างรวดเร็ว และใช้เวลาการฟื้นตัวไม่นานนัก ซึ่งจากการทดลองหาค่าระดับความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันกานพลู ทำให้สามารถเลือกความเข้มข้นได้ 3 ระดับคือ 11, 13 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนำลูกปลาดุกมาทดสอบความเข้มข้นแล้วพบว่า สารละลายน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 11 และ 13 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลายังมีการเคลื่อนไหวและตื่นตัว ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ลูกปลาจะมีการเคลื่อนไหวที่ลดลงอย่างรวดเร็ว และปลาจะแสดงอาการสลบระยะแรก (sedation) ภายในเวลาเฉลี่ย 37.44 นาที ซึ่งเร็วกว่าความเข้มข้นที่ 11 และ 13 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จะแสดงอาการสลบระยะแรก (sedation) ภายในเวลา 120.47 นาที และ 62.22 นาที ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และในทางตรงกันข้ามระยะการฟื้นตัวของลูกปลาดุกแอฟริกาที่สลบด้วยสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นต่ำจะมีระยะการฟื้นตัวเร็วกว่าในความเข้มข้นสูง คือ ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันกานพลู 11 13 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีระยะการฟื้นตัวเท่ากับ 0.61 0.82 และ 1.27 นาทีตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) (Figure 1) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารละลายน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นสูงกว่าจะทำให้ลูกปลาดุกแอฟริกามีระยะเวลาในการสลบเร็วกว่าปลาที่ได้รับสารละลายน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่ำกว่า ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร จะถือว่าเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นยาสลบในลูกปลาดุกแอฟริกา ขนาดความยาวเฉลี่ย 7.76 ± 0.36 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.85 ± 0.29 กรัม เนื่องจากลูกปลาจะแสดง อาการสลบระยะแรก (sedation) ได้เร็วกว่ากลุ่มอื่น และมีระยะการฟื้นตัวที่ไม่แตกต่างกับระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้นต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ดนัย และคณะ (2551) ที่ได้ศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ใช้สลบปลากัดจีน โดยพบว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมมีค่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับสลบปลาแคร์พ (common carp) อยู่ในช่วง 30-50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะใช้เวลาสลบประมาณ 5 นาที (Hajek *et al.*, 2006) ส่วนในปลาแซลมอน และปลาเตอร์เจียนใช้สารละลายน้ำมันกานพลูสลบที่ความเข้มข้น 20-30 และ 70 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ โดยระยะเวลาการสลบอยู่ที่ 2 และ 4 นาทีตามลำดับ ซึ่งการใช้สารละลายน้ำมันกานพลูเพื่อเป็นยาสลบส่วนมากความเข้มข้นที่มีผลต่อการสลบของปลาจะอยู่ในช่วง 20-50 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นที่ใช้สลบจะ

แตกต่างกันออกไปตามชนิด ขนาดปลา และอุณหภูมิน้ำ (Hamackova *et al.*, 2006)

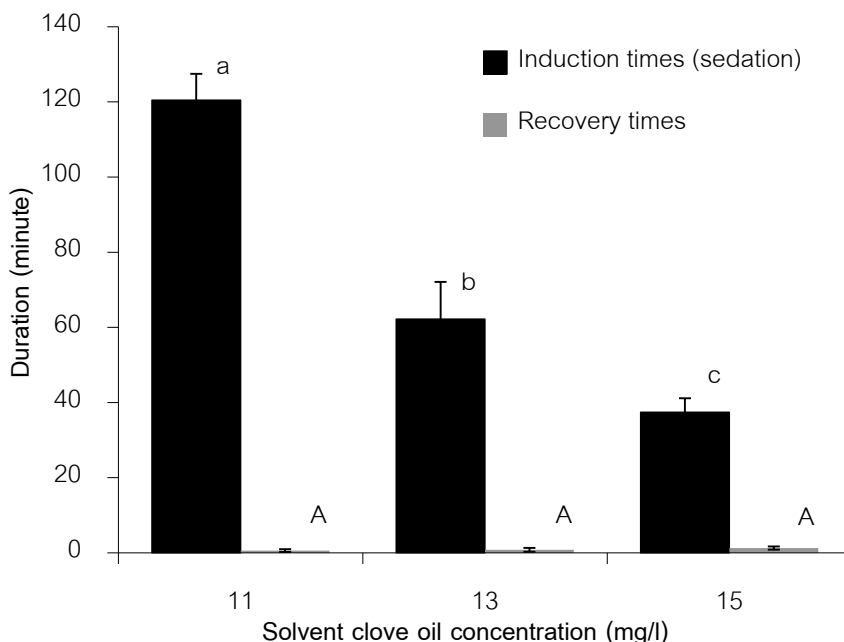


Figure 1 Induction and recovery time of juvenile African catfish anesthetized by solvent clove oil at concentration 11, 13 and 15 mg/l. Different superscripts in the same color bar indicate the significantly difference ($p < 0.05$)

3. ผลการศึกษาการจำลองการขนส่งลูกปลาตู้แอฟริกาโดยใช้สารละลายน้ำมันกานพลู

จากการจำลองการขนส่งลูกปลาตู้แอฟริกาขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2.85 ± 0.29 กรัม โดยใช้น้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 ชั่วโมงพบว่า อัตรารอดหลังการขนส่งปลาในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่สลบโดยใช้สารละลายน้ำมันกานพลู มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ซึ่งมีรายงานการใช้ยาสลบ MS-222 ในการขนส่งปลากัดนั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการรอดเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ยาสลบสามารถลดความบอบช้ำ และการเกิดบาดแผลในช่วงระหว่างการขนส่งได้ (สงศรี, 2532)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการจำลองการขนส่งของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 6.62 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่สลบด้วยสารละลายน้ำมันกานพลูมีค่า 0.06 ± 0.12 และ 0.86 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำหลังการทดลองมีค่าต่ำลง เนื่องจากระหว่างการขนส่งปลามีการใช้ออกซิเจนในน้ำในระหว่างการขนส่ง ซึ่งจะเห็นว่าในกลุ่มที่ใช้ น้ำมันกานพลูปริมาณออกซิเจนมีค่าสูงกว่าเนื่องจากปลาสลบทำให้มีความต้องการใช้ออกซิเจนน้อยลงนอกจากนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำก่อนการจำลองการขนส่งของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 7.89 ± 0.00 และหลังการทดลองค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่สลบด้วยสารละลายน้ำมันกานพลูซึ่งหลังมีค่าลดลงเล็กน้อย ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างของทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 7.25 ± 0.02 และ 7.27 ± 0.04 ตามลำดับ

Table 2 Survival rate of juvenile African catfish after anesthetized by solvent curve oil (15 mg/l) for 16 hours and after moving to normal water for 1 week.

Treatment	Survival rate after finish experiment (16 hours) (%)	Survival rate after moving to normal water for 1 week (%)
Control	99.52±0.09 ^a	92.83±2.80 ^a
Curve oil (15 mg/l)	99.59±0.29 ^a	94.76±1.40 ^a

Value are mean ± SD. Different superscripts in the same column indicate the significantly difference ($p < 0.05$).

ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนการจำลองการขนส่งของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 0.56 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังการทดลองปริมาณแอมโมเนียในน้ำของกลุ่มควบคุม มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่สลบด้วยสารละลายน้ำมันกานพลูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มีค่าเฉลี่ย 105.29 ± 22.79 และ 79.02 ± 13.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการจำลองการขนส่งลูกปลาตุ๊กแอฟริกาในครั้งนี้ ไม่มีความแตกต่างกันในแง่ของอัตราการรอดระหว่างกลุ่มที่ใช้สารละลายน้ำมันกานพลู และกลุ่มควบคุม แต่จะเห็นได้ว่าการสลบปลาสามารถช่วยลดปริมาณการขับถ่ายของเสียได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Pattanasiri *et al.* (n.d.) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียในน้ำที่สลบปลากัดไทย (*Betta splendens*) ด้วยสารละลายน้ำมันกานพลู เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียของกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารละลายน้ำมันกานพลูมีค่าเพิ่มขึ้น 1.73 เท่า ในขณะที่กลุ่มที่สลบด้วยสารละลายน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเพียง 1.17 เท่า ดังนั้นการใช้สารละลายน้ำมันกานพลูเพื่อควบคุมระดับการสลบในระหว่างการขนส่งนั้นมีแนวโน้มช่วยลดปริมาณของเสียในน้ำ เมื่อปลาสลบจะทำให้เกิดความเครียดน้อยลง และสามารถลดปริมาณการขับถ่ายของเสียโดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียได้จากการทดลองของ Akar (2011) ได้มีรายงานการใช้สารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นขนาด 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีส่วนช่วยลดการเกิดความเครียดในการขนส่งปลา Blue Tilapia (Akar, 2011) โดยพบว่าสารละลายน้ำมันกานพลูสามารถลดปริมาณฮอร์โมนคอร์ติซอล และกลูโคสในเลือด ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความเครียดได้ (Iversen *et al.*, 2003)

สรุป

ผลการศึกษาหาช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันกานพลูในควบคุมการสลบในระยะแรกของปลาทูแอฟริกาขนาด 2.32 ± 0.51 กรัม มีค่าความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร จะใช้เวลาในการแสดงอาการสลบระยะแรกที่เวลา 37.44 นาที ระยะเวลาที่ทำให้ฟื้นตัวในน้ำ สะอาดอยู่ที่ 1.27 นาที และเมื่อจำลองการขนส่งปลาทูโดยใช้สารละลายน้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 16 ชั่วโมง พบว่าอัตราการรอดไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม แต่สามารถลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำระหว่างการขนส่งได้ แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากน้ำมันกานพลูเพื่อเป็นยาสลบในลูกปลาทูแอฟริกา เนื่องจากสามารถหาได้ง่ายมีราคาถูก มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และปลาสามารถฟื้นจากอาการสลบได้ภายในระยะเวลาอันสั้น

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. มปป. การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย. เอกสารและคำแนะนำ. กรุงเทพฯ: กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ฝ่ายเผยแพร่ กองส่งเสริมการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
 ดนัย สมใจ อรุณา พาลเสื่อ และสมหมาย เขียววารีสีจจะ. 2551. ความเป็นพิษและประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลากัดจีน. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม: 31-38.

- ประวิทย์ สุรณิรนาถ 2522. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 144 น.
- สงครีมหาสวัสดิ์. 2532. การใช้เกลือแกงและยาสลบ MS-222 ในการขนส่งปลากัดขนาดวัยรุ่น. วารสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ 23: 349-357.
- AHPA. (1995). Standard method for the examination of water and wastewater 19th ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Akar, A. M. A. 2011. Effects of clove oil on the response of blue tilapia (*Oreochromis aureus*) by transportation stress. Journal of the Arabian Aquaculture Society 6(1): 77-86.
- Akbari, S., M.J. Khoshnod, H. Rajaian and M. Afsharnasab. 2010. The use of eugenol as an anesthetic in transportation of with Indian shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) post larvae. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 10: 423-429.
- Hajek, G. J., B. Klyszejko and R. Dziaman. 2006. The anesthetic effect of clove oil on common carp, *Cyprinus carpio* L. Acta Ichthyologica et Piscatoria 36(2): 93-97.
- Hamackova, J., J. Kouril, P. Kozak and Z. Stupka. 2006. Clove oil as an anesthetic for different freshwater fish species. Bulgarian Journal of Agricultural Science 12: 185-194.
- Hermanini and B. Tangendaja. 1988. Analisis mutu minyak nilam dan minyak cengkeh secara kromatografi. Media Penelitian Sukamandi, 6: 57-65 (Indonesian).
- Iversen, M., B. Finstad, R. S. McKinley and R. A. Eliassen. 2003. The efficacy of metomidate, clove oil, Aquil-S™ and Benzoak® as anaesthetics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing capacity. Aquaculture 221 (1-4): 549-566.
- Kamble, A. D., V. P. Saini, M. L. Ojha. 2014. The efficacy of clove oil as anesthetic in common carp (*Cyprinus carpio*) and its potential metabolism reducing capacity. International Journal of Fauna and Biological Studies 1 (6): 1-6.
- Litchfield J. T. J. R. and F. Wilcoxon. 1949. A simplified method of evaluating dose-effect experiments. The American Society for Pharmacology and Experimental Therapeutics 96 (2): 99-113.
- Ögretmen, F. and K. Gökçek. 2013. Comparative efficacy of three anesthetic agents on juvenile african catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 13: 51-56.
- Pattanasiri, T., P. Suppakul and W. Tapahudee. (n.d.). Antianxiety activity of clove oil and its principal constituent, and possible application in active packaging for transportation of Siamese fighting fish. Kasetsart University, Bangkok.
- Perdikaris, C., C. Nathanailides, E. Gouva, U.U. Gabriel, K. Bitchava, F. Athanasopoulou, A. Paschou and I. Paschos. 2010. Size-relative effectiveness of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) and goldfish (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758). ACTA VET. BRNO 79: 481-490.
- Raymond, M. 1987. Probit analysis program. Institute des Sciences de L' Evolution. Montpellier Cedex, France.
- Stoskopf, M. 1993. Anaesthesia. In: Aquaculture for Veterinarians Fish Husbandry and Medicine. 1st ed., edited by L. Brown. Pergamon press, Exteter : UK. p. 161 - 168.
- Theinpoint, D. and C. J. E. Niemegeers. 1965. 7464- a new potent anesthetic in fish. International Zoo. Year Book, 5: 202-205
- Velisek, J., Z. Svobodova, V. Piackova, L. Groch and L. Nepechalava. 2005. Effects of clove oil an aesthesia on common carp (*Cyprinus carpio* L.). Vet. Med. – Czech 50: 269-275.
- Weber, R. A., J. B. Peleteiro, L.O. García Martín and M. Aldegunde. 2009. The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as anaesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858). Aquaculture 288: 147-150.

การผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *Rhodotorula rubra* MJU11
บนฝุ่นข้าวโพด แบบการหมักแห้ง
Carotenoid Production by the *Rhodotorula rubra* MJU11
on Corn Dust through Solid State Fermentation

ณัฐพร จันทน์ฉาย¹ ศันสนีย์ บุญเกิด¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *Rhodotorula rubra* MJU11 บนฝุ่นข้าวโพด เพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ อันเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสัตว์เพื่อให้ได้การเจริญเติบโตที่ดี เพิ่มผลผลิตและลดปริมาณของเสียจากทางเกษตรและลดปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ฝุ่นข้าวโพดของเกษตรกร โดยสภาวะเริ่มต้นที่ใช้ในการหมักที่ ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 7 พบว่าการเจริญและผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุดในชั่วโมงที่ 48 ของการหมัก โดยมีผลได้ปริมาณเซลล์เท่ากับ 17.98 กรัมต่อกรัมฝุ่นข้าวโพด และมีผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 22.4 ไมโครกรัมต่อกรัมฝุ่นข้าวโพดแห้ง และจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยการออกแบบการทดสอบแบบ Central Composite Design (CCD) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 ความชื้นเริ่มต้น 50 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 8 ต่อ 1 โดยมีการเจริญเท่ากับ 82.09 กรัมต่อกรัมฝุ่นข้าวโพด และผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 72.01 ไมโครกรัมต่อกรัมฝุ่นข้าวโพดแห้ง

คำสำคัญ : แคโรทีนอยด์ *Rhodotorula rubra* ฝุ่นข้าวโพด การหมักแบบแห้ง Central Composite Design (CCD)

Abstract

This study aimed to produce carotenoid from the yeast *Rhodotorula rubra* MJU11 on corn dust which can be used as animal feed. The feed is a key factor in animal production to increase growth and productivity. It also reduces the amount of waste from agriculture and reduces air pollution from the burning corn dust by farmers. The initial fermentation condition was carried out at 50% moisture content, 30 °C and initial pH 7.0. The results showed that the highest yield of biomass and carotenoid was obtained at the 48th hours of fermentation with 17.98 g dry weight/g corn dust and amount of carotenoid 22.4 µg/g dry weight corn dust. Central Composite Design (CCD) was used to optimize the condition of cell growth and carotenoid production. It was found that optimum condition was pH 7.0, 50% initial moisture content and C:N Ratio was 8: 1 with the biomass of 82.09 g dry weight/g corn dust and carotenoids 72.01 µg/g dry weight corn dust.

Keywords: carotenoids, *Rhodotorula rubra*, corn dust, Solid-state fermentation, Central Composite Design (CCD)

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ จ.แพร่ 54140

คำนำ

ในปัจจุบันมีการเพาะปลูกข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นทุกปี อันเนื่องมาจากความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะความต้องการเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ทำให้มีปริมาณของฝู่นข้าวโพดที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำฝู่นข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ แต่ส่วนใหญ่จะถูกนำไปให้เป็นอาหารสัตว์ (มนัสนันท์, 2548)

อาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสัตว์เพื่อให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ดี และมีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นแหล่งโภชนะที่สัตว์จะนำไปใช้ ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในปัจจุบันได้มีการผสมแควโรทีนอยด์ลงในอาหาร เช่น อาหารไก่ และอาหารปลา เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มสีของเนื้อหรือไข่แดงให้มีสีที่เข้มขึ้น และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค แต่ปัญหาการใช้แควโรทีนอยด์ในปัจจุบัน คือ ใช้แควโรทีนอยด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งมีราคาแพง เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้แควโรทีนอยด์จากธรรมชาติมีความสำคัญ และได้รับความต้องการในปริมาณที่สูง การผสมยีสต์ที่ผลิตแควโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์โดยตรงช่วยให้อาหารสัตว์นั้นมีโปรตีนและแควโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นได้จากการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างแควโรทีนอยด์ได้ คือ เชื้อยีสต์ *Rhodotorula rubra* ที่มีคุณสมบัติในการสร้างสารสีแควโรทีนอยด์โดยสามารถนำไปใช้ทดแทนสารสีสังเคราะห์จากทางเคมีได้ แควโรทีนอยด์ที่พบมากที่สุดในยีสต์ *R. rubra* คือ ไลโคปีน ซึ่งพบมากถึง 40.68 ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมา คือ แอสต้าแซนทิน เท่ากับ 38.63 ไมโครกรัมต่อกรัม, ลูทีน เท่ากับ 20.29 ไมโครกรัมต่อกรัม และ เบต้า-แคโรทีน เท่ากับ 8.89 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (สาวิตรี, 2549 และ Chanchay, 2013) อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวจะต้องมีการผลิตยีสต์ให้ได้ปริมาณมาก ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนที่สูง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณยีสต์ที่ผลิตแควโรทีนอยด์ในฝู่นข้าวโพดโดยตรงโดยใช้ฝู่นข้าวโพดเป็นสารอาหารน่าจะช่วยลดต้นทุนและเพิ่มคุณค่าโภชนาการของฝู่นข้าวโพดสำหรับอาหารสัตว์โดยตรง

โดยวิธี Solid state fermentation เป็นสภาวะที่ง่ายต่อการนำผลผลิตไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารสัตว์ไม่จำเป็นต้องคัดแยกจุลินทรีย์ให้บริสุทธิ์ และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสามารถให้คุณค่าทางโภชนะที่สูงต่อสัตว์ด้วย โดยใช้การออกแบบการทดลองทางสถิติเพื่อประเมินอิทธิพลของสารอาหารที่สำคัญ และสภาวะการเลี้ยงเชื้อต่อการผลิตแควโรทีนอยด์ โดยแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินอิทธิพลของแหล่งคาร์บอนต่อแหล่งไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง และความชื้น ต่อการผลิตแควโรทีนอยด์ (Y_1) โดยแบบจำลองสมการพหุนามกำลังสองไม่นัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และการใช้ CCD นั้นเป็นกระบวนการออกแบบการทดลองเพื่อลดปัจจัยการทดลองอื่น ๆ ทำให้ได้ผลได้เร็วขึ้น คือ มนัสนันท์ และคณะ (2548) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเติบโตและผลได้ปริมาณแควโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. glutinis* DM28 บนรำข้าวโดยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 4 ต่อ 1 โดยการเจริญเท่ากับ 88.2 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และปริมาณแควโรทีนอยด์เท่ากับ 2.12 ไมโครกรัมต่อกรัมรำข้าว สุมาวี (2552) ศึกษาการเจริญของยีสต์ *R. rubra* โดยการทดลองแบบ CCD พบว่าการทดลองที่เหมาะสมที่สุดในกลูโคส 10 กรัมต่อลิตร เปปโตเน 5 กรัมต่อลิตร และสารสกัดจากยีสต์ 3 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ให้ผลได้ปริมาณแควโรทีนอยด์เท่ากับ 0.0685 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง

Chanchay (2013) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของ *R. rubra* ของการผลิตแควโรทีนอยด์พบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อในสภาวะที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่ง ไนโตรเจนที่ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร และมีสารสกัดจากยีสต์เป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์สามารถผลิตแควโรทีนอยด์ได้ปริมาณมากถึง 30.39 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากเลี้ยงเชื้อยีสต์จากแผนการทดลองแบบ CCD ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 23.77 กรัมต่อลิตร แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ปริมาณ 3.19 กรัมต่อลิตร สารสกัดจากยีสต์เป็นปัจจัยการเจริญเติบโตที่ปริมาณ 3.19 กรัมต่อลิตร

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 6.69 และอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบเลี้ยงเชื้อยีสต์ในห้องปฏิบัติการพบว่า สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้เท่ากับ 235.84 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

การใช้ฟืนข้าวโพดผสมแคโรทีนอยด์ที่ได้จากยีสต์ *R. rubra* เพื่อเป็นอาหารสัตว์โดยตรง โดยใช้ฟืนข้าวโพด เป็นสารอาหารจึงอาจสามารถลดปัญหาของค่าใช้จ่ายที่สูง เพิ่มคุณค่าโภชนาการของฟืนข้าวโพด และลดปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ฟืนข้าวโพดของเกษตรกร โดยอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของการเพาะเลี้ยงสัตว์ที่เกษตรกรควรใส่ใจมากขึ้น และยังเป็นการนำเอาของเสียทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นการใช้ฟืนข้าวโพดให้เกิดประโยชน์โดยใช้เป็นสารอาหารสำหรับเลี้ยงยีสต์ *R. rubra* MJU11 พร้อมศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ยีสต์ผลิตขึ้น เพื่อเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงยีสต์ ในการผลิตแคโรทีนอยด์ และเพื่อนำไปสู่การพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. จุลินทรีย์

R. rubra MJU11 จากห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

2. ศึกษาการเจริญของยีสต์ *Rhodotorula rubra* MJU11 บนฟืนข้าวโพด

ปิเปตเซลล์ยีสต์ปริมาณ 10^8 เซลล์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และใส่ในอาหารฟืนข้าวโพด 5 กรัม คลุกให้เข้ากัน (ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ; ฟืนข้าวโพด 5 กรัม ในน้ำ 12.3 มิลลิลิตร) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 216 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง โดยแบ่งตัวอย่างทั้งหมดไปวิเคราะห์การเจริญ และนำไปวิเคราะห์ผลได้ของปริมาณแคโรทีนอยด์ซึ่งต้องคำนวณในรูปของน้ำหนักแห้งของฟืนข้าวโพด 1 กรัม ซึ่งการทดลองแต่ละชุดทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลการศึกษาที่ได้ไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญและการผลิตแคโรทีนอยด์โดยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ต่อไป

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม (Optimization) ในการเจริญ และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญ และการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU11 บนฟืนข้าวโพด โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Design-Expert ในการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM) โดยมีค่าตอบสนอง (Response : Y) ได้แก่ น้ำหนักเซลล์แห้ง (การเจริญ) และปริมาณแคโรทีนอยด์ ปัจจัยตัวแปรอิสระ (Factor of independent variable : A, B and C) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C : N Ratio) โดยศึกษาปัจจัยตัวแปรอิสระ 5 ระดับ แสดงใน Table 1 ตามระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเจริญสูงสุดของยีสต์ *R. rubra* บนฟืนข้าวโพดจากการศึกษาข้อที่ 2 และการออกแบบการทดลองแสดงใน Table 2

Table 1 The experimental design with three variables for cultivation of *R. rubra* and carotenoid production.

Factor	Code value	Actual value
pH (X_1)	-1.68	5.32
	-1	6
	0	7
	1	8
	1.68	8.68

Table 1 continued

Factor	Code value	Actual value
Moisture (%) (X_2)	-1.68	33.2
	-1	40
	0	50
	1	60
	1.68	66.8
C : N Ratio (X_3)	-1.68	4.64
	-1	6
	0	8
	1	10
	1.68	11.36

Table 2 Central Composite Design (CCD) to evaluate of pH, moisture and C:N source on growth of *R. rubra* and carotenoid production.

Experiment	Code value		
	pH	Moisture	C : N Ratio
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1.68	0	0
10	1.68	0	0
11	0	-1.68	0
12	0	1.68	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0

4. วิเคราะห์การเจริญ

วิเคราะห์จำนวนเซลล์จากวิธีการ Total plate count บนอาหารยีสต์ Yeast Malt Extract (YM) และนำไปเทียบกับน้ำหนักเซลล์แห้งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเซลล์กับน้ำหนักแห้ง

5. วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ Foss *et al.* (1984)

เก็บตัวอย่างชั่งน้ำหนัก 0.5 กรัม เติมน้ำละลาย 90 เปอร์เซ็นต์ Acetone ตวงด้วยกระบอกตวงปริมาณ 30 มิลลิลิตร ในขวดสีชา ใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราว เป็นเวลานาน 30 นาที กรองตัวอย่างที่ได้ด้วยกระดาษกรองน้ำสารละลายที่ได้ (Acetone extract) นำมา 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดสีชา เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำละลาย Ethyl acetate 2 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 472 นาโนเมตร (Blank test ใช้ น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร) หักลบค่า Absorbance ที่วัดได้ จากนั้นนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของปริมาณแคโรทีนอยด์จากสมการ

$$E_{1\text{ cm}}^{1\%} = 1,900$$

1. Absorbance – 10% of Absorbance(a)
2. $\frac{(a) \times 10,000}{1,900}$ (b)
3. $\frac{(b) \times [(Acetone\ extract\ 5\ ml) + (Distilled\ water\ 1\ ml) + (Ethyl\ acetate\ 2\ ml) \times (Acetone\ 30\ ml)]}{(sample\ 5\ g) \times (Acetone\ extract\ 5\ ml) \times 1,000,000}$ (c)
4. (c) = Carotenoid contents (ไมโครกรัมต่อกรัมวัตถุแห้ง)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาการเจริญและการผลิตแคโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. rubra* MJU11 บนฟืนข้าวโพด

จากการศึกษาการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU11 บนฟืนข้าวโพด เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 216 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์ และการเจริญ และแสดงผลดัง Table 3

จากการศึกษาการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU11 บนฟืนข้าวโพด พบว่ายีสต์ *R. rubra* MJU11 เจริญได้สูงที่สุดในชั่วโมงที่ 48 โดยมีผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 22.4 ไมโครกรัมต่อกรัมฟืนข้าวโพดแห้ง (Figure 1) และผลได้น้ำหนักเซลล์แห้งเท่ากับ 17.98 กรัมต่อกรัมฟืนข้าวโพด (Figure 2) หลังจากนั้นการเจริญจะลดลง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณความชื้นในฟืนข้าวโพดลดลง ทำให้ยีสต์ตายเนื่องจากขาดน้ำที่ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม วรรณภา (2529) กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญกับปริมาณแคโรทีนอยด์เป็นแบบ Uniphase ซึ่งเป็นแบบการสร้างสารทุติยภูมิในช่วงต้นของการเจริญ ยีสต์ผลิตแคโรทีนอยด์แบบ Uniphase อาจมาจากการเติบโตอย่างรวดเร็วของยีสต์ทำให้เกิดสภาพจำกัดอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมนัสนันท์ และคณะ (2548) ที่ทำการศึกษาค่าการเลี้ยงยีสต์ *R. glutinis* DM28 บนรำข้าวแบบการหมักแห้ง เพื่อผลิตแคโรทีนอยด์โดยทำการหมักที่สภาวะความชื้นเริ่มต้น 49.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 6.21 พบว่าการเจริญ และผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์มีปริมาณสูงสุดในชั่วโมงที่ 144 ของการบ่ม โดยมีผลได้ปริมาณเซลล์ 54.0 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์ 1.65 ไมโครกรัมต่อกรัมรำข้าว และต่างจาก Chanchay (2013) พบว่าระยะเวลาที่ยีสต์ *R. rubra* เจริญได้ดีที่สุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 72 ในอาหารเหลวและยังต่างจาก Tinoia *et al.* (2004) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ และการผลิต แคโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. glutinis* พบว่าจำนวนเซลล์แห้งที่ได้เท่ากับ 10.35 กรัมต่อลิตร และผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 3.48 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยใช้ H_2SO_4 -hydrolyzed 23.63 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.91 อุณหภูมิ 30.3 องศาเซลเซียส และบ่มเป็นเวลา 94.78 ชั่วโมง

Table 3 The growth and carotenoid production of yeast *R. rubra* MJU11 on corn dust through solid state fermentation.

Time (Hour)	Dry weight (g/g corn dust)	Carotenoid ($\mu\text{g/g}$ dry weight corn dust)
24	14.48 ± 0.13^b	8.07 ± 0.01^b
48	17.98 ± 0.26^a	22.4 ± 0.07^a
72	11.42 ± 0.27^c	5.24 ± 0.03^c
96	10.23 ± 0.24^d	4.54 ± 0.04^d
120	9.80 ± 0.41^f	3.61 ± 0.04^e
144	9.62 ± 0.07^e	3.28 ± 0.03^f
168	8.41 ± 0.27^g	2.14 ± 0.02^g
192	7.51 ± 0.06^h	1.52 ± 0.01^h
216	7.21 ± 0.01^i	1.10 ± 0.04^i

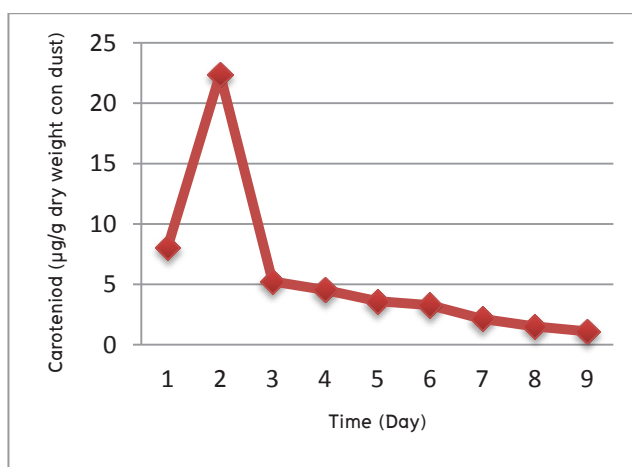


Figure 1 The amount of carotenoid from yeast *R. rubra* MJU11 on corn dust through solid state fermentation.

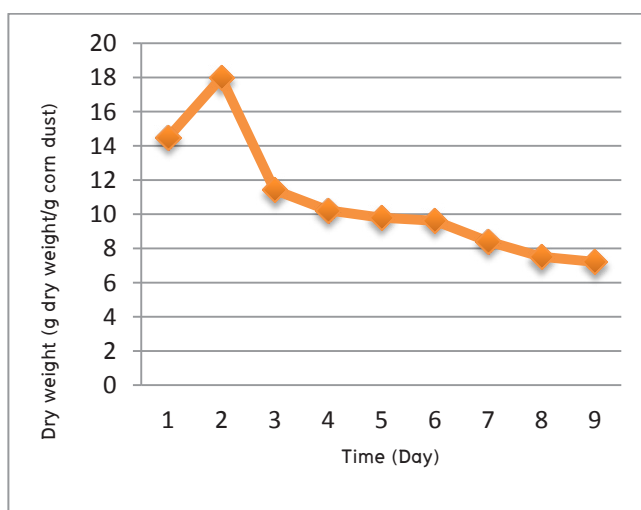


Figure 2 The growth of the yeast *R. rubra* MJU11 on corn dust through solid state fermentation.

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม (optimization) ในการเจริญ และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยการออกแบบการทดลอง แบบ Central Composite Design (CCD)

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม (optimization) ในการเจริญ และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) โดยใช้กลูโคส เป็นแหล่งคาร์บอน แอมโมเนียม ซัลเฟต เป็นแหล่งไนโตรเจน ศึกษาปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เปอร์เซ็นต์ความชื้น และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ และการเจริญ (น้ำหนักเซลล์แห้ง) ทำการหมัก 48 ชั่วโมง และแสดงผลดัง Table 4

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม (optimization) ในการเจริญ และผลได้ในการการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) หลังจากหมักเชื้อยีสต์ 48 ชั่วโมง (Table 4) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 ความชื้นเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 8 ต่อ 1 โดยมีผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 72.01 ไมโครกรัมต่อกรัมฟืนข้าวโพดแห้ง และการเจริญเท่ากับ 82.09 กรัมต่อกรัมฟืนข้าวโพด แตกต่างจากมนัสนันท์ และคณะ (2548) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. glutinis* DM28 บนรำข้าว โดยการออกแบบการทดลองแบบ CCD พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 4 ต่อ 1 โดยการเจริญเท่ากับ 88.2 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 2.12 ไมโครกรัมต่อกรัมรำข้าว และสุมาวี (2552) ศึกษาการเจริญของยีสต์ *R. Rubra* ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรมาตรฐาน คือ กลูโคส 10 กรัมต่อลิตร เปปโตน 5 กรัมต่อลิตร และยีสต์สกัด 3 กรัมต่อลิตรโดยการทดลองแบบ CCD พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 0.0685 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง และต่างจาก Chanchay (2013) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของ *R. rubra* ของการผลิตแคโรทีนอยด์พบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อในสภาวะที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่ง ไนโตรเจนที่ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร และมีสารสกัดจากยีสต์เป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ปริมาณมากถึง 30.39 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากเลี้ยงเชื้อยีสต์จากแผนการทดลองแบบ CCD ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 23.77 กรัมต่อลิตร แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ปริมาณ 3.19 กรัมต่อลิตร สารสกัดจากยีสต์เป็นปัจจัยการเจริญเติบโตที่

ปริมาณ 3.19 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 6.69 และอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบเลี้ยงเชื้อ ยีสต์ในห้องปฏิบัติการพบว่าสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้เท่ากับ 235.84 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

Table 4 The optimal condition for carotenoid production and dry weight by *R. rubra* MJU11 using CCD.

Experiment	Code value			Actual value			Dry weight	Carotenoid
	pH	Moisture	C:N Ratio	pH	Moisture	C:N Ratio		
	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)		
1	-1	-1	-1	6	40	6	40.01	30.54
2	1	-1	-1	8	40	6	41.01	31.38
3	-1	1	-1	6	60	6	37.65	27.91
4	1	1	-1	8	60	6	38.92	28.32
5	-1	-1	1	6	40	10	32.89	23.17
6	1	-1	1	8	40	10	29.87	20.21
7	-1	1	1	6	60	10	53.18	42.63
8	1	1	1	8	60	10	41.05	31.40
9	-1.68	0	0	5.32	50	8	39.99	29.55
10	1.68	0	0	8.68	50	8	39.76	29.72
11	0	-1.68	0	7	33.2	8	40.87	30.99
12	0	1.68	0	7	66.8	8	41.70	31.78
13	0	0	-1.68	7	50	4.64	69.58	58.71
14	0	0	1.68	7	50	11.36	38.87	28.15
15	0	0	0	7	50	8	80.64	69.42
16	0	0	0	7	50	8	82.09	72.01
17	0	0	0	7	50	8	82.09	72.01
18	0	0	0	7	50	8	81.09	70.93
19	0	0	0	7	50	8	80.64	69.42
20	0	0	0	7	50	8	80.64	69.42

Note : Dry weight (g/g corn dust) and Carotenoid (µg/g dry weight corn dust)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), ความชื้น (B) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C) เช่นกัน โดยมีความสัมพันธ์กับผลได้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้ง (Quadratic) และผลจากปัจจัยร่วมกัน (Interaction effect) ของค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), ความชื้น (B) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C) แสดงดังในสมการ Y1 และ Figure 3 และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), ความชื้น (B) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C) โดยมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักเซลล์แห้งในลักษณะเส้นโค้ง แสดงดังในสมการ Y2 และ Figure 4

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\text{Carotenoid (Y1)} = 21.02 - 0.13A + 0.2B - 0.31C - 6.80A^2 - 6.70B^2 - 6.26C^2 - 0.13AB - 0.31AC + 0.65BC ;$$

$$R^2 = 0.9961$$

$$\text{Dry weight (Y2)} = 81.32 - 0.97A + 2.08B - 3.83C - 15.37A^2 - 14.87B^2 - 10.30C^2 - 1.11AB - 2.18AC + 4.49BC ;$$

$$R^2 = 0.9522$$

จากผลการทดลองของความชื้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU11 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุดคือ 55 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีการเปรียบเทียบผลการผลิตแคโรทีนอยด์ใน Figure 3

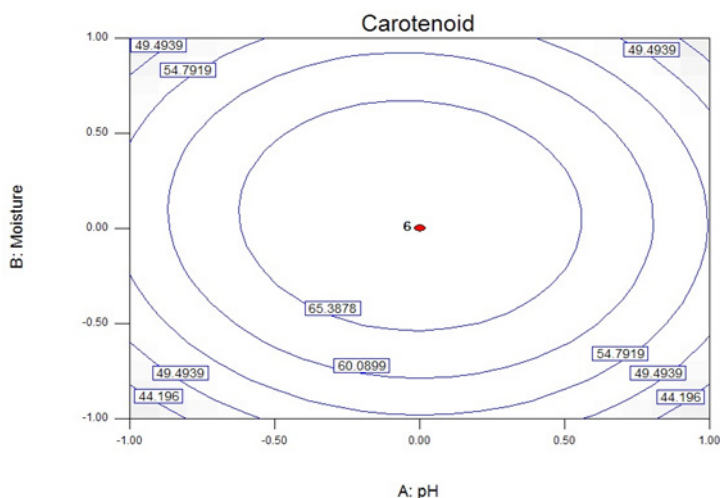


Figure 3 Shows the relation between the acidity - alkalinity (A), moisture (B) and the ratio of carbon per nitrogen (C) are associated with amount of carotenoids.

จากผลการทดลองของความชื้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของปริมาณเซลล์แห้งจากยีสต์ *R. rubra* MJU11 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุด คือ 55 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีการเปรียบเทียบผลปริมาณเซลล์แห้งใน Figure 4

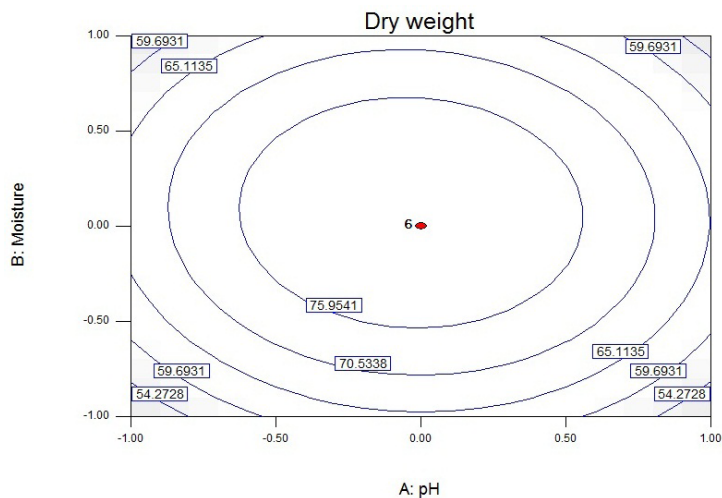


Figure 4 Shows the relation between the acidity - alkalinity (A), moisture (B) and the ratio of carbon per nitrogen (C) are associated with cell dry weight.

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU11 บนฟืนข้าวโพด แบบการหมักแห้ง พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7 ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 8 ต่อ 1 และระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยมีผลได้ปริมาณเซลล์เท่ากับ 82.09 กรัมต่อกรัมฟืนข้าวโพด และผลได้ปริมาณ แคโรทีนอยด์เท่ากับ 72.01 ไมโครกรัมต่อกรัมฟืนข้าวโพดแห้ง สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ซึ่งเป็นการลดปริมาณของ เสียจากทางเกษตร และ ลดปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ฟืนข้าวโพดของเกษตรกรอีกด้วย ซึ่งสามารถ นำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการผลิตแคโรทีนอยด์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- จริยา คลังทรัพย์. (2551). สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแคโรทีนอยด์โดยยีสต์ *Rhodotorula rubra*. ปัญหาพิเศษบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัย แม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ. 56 หน้า.
- พจนีย์ มณีโชติ และดวงพร คันทโชติ. (2529). การเจริญของยีสต์ *Rhodotorula rubra* TISTR 5127 ในน้ำข้าวฟ่างหวานเพื่อเป็นแหล่ง อาหารโปรตีน และแคโรทีนอยด์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตประสานมิตร. กรุงเทพฯ.
- มนัสนันท์ ไรจนกมลสันต์, ซาลิ มะลิซ้อน และ วรพจน์ สุนทรสุข. (2548). การผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *Rhodotorula glutinis* DM28 บนรำข้าว. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- วรรณภา ทาบโลกา. (2529). ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตสีของโมเนแซดส์ ที่เจริญบนอาหารแป้งมันสำปะหลังในสภาพหมักเปียก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สาวตรี ลิ้มทอง. (2549). ยีสต์ : ความหลากหลาย และเทคโนโลยีชีวภาพ. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุมาลี สุขเกียรติ. (2552). สภาวะที่เหมาะสมบางประการสำหรับการผลิตแคโรทีนอยด์จากเชื้อ *Rhodotorula rubra*. ปัญหาพิเศษบัณฑิต ศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ. 68 หน้า.
- สุวิลักษณ์ รอดทอง. (2531). การผลิตเบต้า-แคโรทีน โดยยีสต์ (*Rhodotorula pallida*). [Online]. แหล่งที่มา http://www.geocities.ws/asa_chai/cas2.htm. วัน 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ที่สืบค้นข้อมูล.
- Chanchay, N. (2013). Optimal Condition for Growth of *Rhodotorula rubra* and Antioxidation Characteristics of Its Carotenoids. PhD Thesis. : Chiang Mai University.135 p.

- Foss, P., Storebakken, T., Schiedt, K., Liaaen-Jensen, S., Austreng, E. and Streiff, K. (1984). Carotenoids in diets for salmonids I: Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture*, 41: 213-226
- Tinoia, J., Rakariyathama, N. and Deming, R.L. (2004). Simplex optimization of carotenoid production by *Rhodotorula glutinis* using hydrolyzed mung bean waste flour as substrate. *Pro. Biochem.*, 40 : 2551–2557.

ศักยภาพการใช้ขานอ้อยเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Potential Utilization of Sugarcane Bagasse as Ruminant Feeds

ปณัฏ สุขสร้อย¹ ปวีณอิศรชิต์ เคนจันทร์¹ และจักรชัย แสนขวัญแก้ว¹

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการปลูกอย่างกว้างขวางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย และมีการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – พฤษภาคม) จากรายงานของ สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2558) พบว่า ปริมาณผลผลิตรวมในประเทศของอ้อยเข้าโรงงานในปีเพาะปลูก 2557/58 ประมาณ 116 ล้านตัน แต่การการผลิตน้ำตาลทรายจะมีเศษเหลือที่สำคัญ คือ ขานอ้อย ซึ่งในแต่ละปีจะมีขานอ้อยจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายเป็นจำนวนมาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (2545) รายงานว่า อัตราส่วนระหว่างอ้อย และขานอ้อยเมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแล้วมีอัตราส่วนเท่ากับ 100:29 ดังนั้นประมาณการได้ว่า ในปีเพาะปลูก 2557/58 จะมีปริมาณขานอ้อยรวมในประเทศทั้งหมดประมาณ 34 ล้านตัน จากรายงานของ Nirawan *et al.* (2014) พบว่า ขานอ้อยมีวัตถุดิบแห้ง (DM) 72.50% โปรตีนหยาบ (CP) 2.80% เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) 79.40% และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (ADF) 69.80% ในวัตถุดิบแห้ง มีโภชนะเพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ การนำขานอ้อยมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากในปัจจุบันหญ้าและอาหารหยาบอื่นๆ เริ่มที่จะไม่เพียงพอต่อความต้องการ และพื้นที่ทางการเกษตรที่เคยเป็นแหล่งพืชอาหารสัตว์ได้ถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดปัญหาปริมาณของอาหารหยาบไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนอาหารหยาบและมีคุณภาพไม่ดี (คู่ขวัญ, 2543) การใช้ขานอ้อยเป็นอาหารสัตว์นั้นข้อดีคือ มีแหล่งที่แน่นอน จัดหาได้ในท้องถิ่น ราคาถูก และมีปริมาณมาก โดยเฉพาะในฤดูแล้งซึ่งเป็นฤดูหีบ แต่การนำขานอ้อยมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องก็ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากขานอ้อยส่วนใหญ่มีเยื่อใยที่มีส่วนประกอบของลิกนิน (lignin) และมีเซลลูโลสที่อยู่ในรูปผลึก (crystalline cellulose) ป้องกันการเข้าย่อยสลายเซลลูโลสและ เฮมิเซลลูโลส จากเอนไซม์ที่ขับออกมาโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Mohammed and Salih, 2015) จึงทำให้ขานอ้อยมีการย่อยได้ต่ำ จากรายงานของ Fardin and Singhal (2006) พบว่า ขานอ้อยมีค่าการย่อยได้เพียง 31.82% ดังนั้นการนำขานอ้อยมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงควรได้รับการปรับปรุงคุณภาพก่อน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มการย่อยได้โดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีปรับปรุงทางกายภาพ (physical treatment) ด้วยการสับ (chopping) การบด (grinding) การแช่น้ำ (soaking) การอัดเม็ด (pelleting) หรือการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (steaming under pressure) วิธีปรับปรุงทางเคมี (chemical treatment) ด้วยการใช้อกรดหรือด่าง (treatment with acids or alkalis) และวิธีปรับปรุงทางชีวภาพ (biological treatment) ด้วยการหมัก (ensiling) การใช้ยีสต์ รา (fungal growth) และเอนไซม์ (enzyme additions) เป็นต้น (Suksombat, 2004)

อย่างไรก็ตาม วิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นยังมีจำกัด ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอลักษณะทั่วไปของอ้อย คุณค่าทางโภชนะของขานอ้อย การปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อย และแนวทางการใช้ประโยชน์จากขานอ้อยเป็นอาหารสัตว์ เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งของสัตว์เคี้ยวเอื้อง อันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

1. การกระจายพันธุ์ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ และลักษณะทางการเกษตร

กรมส่งเสริมการเกษตร (2551) รายงานว่า อ้อย (sugarcane) จัดอยู่ในวงศ์ (family) Gramineae มีแหล่ง

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ. สระแก้ว 27000

กำเนิดเดิมอยู่ในหมู่เกาะนิวกินี ในมหาสมุทรแปซิฟิก ต่อมาได้แพร่กระจายพันธุ์ไปยังพื้นที่ต่างๆทั่วโลก เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่เจริญเติบโตในสภาพอากาศร้อนชื้น จึงนับว่าเป็นพืชไร่เศรษฐกิจในประเทศเขตร้อนมากกว่า 60 ประเทศ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย ลำต้นเป็นส่วนขยายพันธุ์และสะสมน้ำตาล เมื่อตัดลำต้นออกตามขวางจะปรากฏส่วนที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด 3 ส่วน คือ ส่วนนอกสุดซึ่งมีความแข็งมาก เรียกว่า เปลือก (hard rind) มีลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ถัดเข้าไปเรียกว่า เนื้ออ้อย (flesh) ประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำตาล (storage cells) และเยื่อใย (fiber) ส่วนของใบอ้อยประกอบด้วย กาบใบและตัวใบ กาบใบจะเป็นส่วนที่โอบติดอยู่รอบข้อปล้อง ดอกอ้อยมีลักษณะแบบ panicle เมล็ดเป็นแบบ caryopsis และรากเป็นระบบรากฝอย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

สำหรับในประเทศไทยนั้น อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (นครราชสีมา ขอนแก่น และอุดรธานี) ภาคกลาง (กาญจนบุรี สุพรรณบุรี และลพบุรี) ภาคเหนือ (นครสวรรค์ กำแพงเพชร และเพชรบูรณ์) และภาคตะวันออก (สระแก้ว และชลบุรี) โดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2558) รายงานว่า ในปีการผลิต 2557/58 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเป็นจำนวน 10,530,927 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยส่งโรงงาน 9,591,448 ไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยทำพันธุ์ 939,479 ไร่ โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปี การผลิต 2556/57 จำนวน 455,784 ไร่ ผลผลิตรวมในประเทศจำนวน 116,712,776 ตัน พื้นที่ที่มีการปลูกมากที่สุดได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4,566,133 ไร่ คิดเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุดคือ กาญจนบุรี 723,828 ไร่ รองลงมาคือ จังหวัดนครสวรรค์ 719,993 ไร่ พื้นที่ที่มีผลผลิตมากที่สุดได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 50,998,403 ตัน และจังหวัดที่มีผลผลิตมากที่สุดคือ นครสวรรค์ 7,999,122 ตัน (Table 1) นอกจากนี้ยังพบว่า ในปี 2558 มีโรงงานน้ำตาลรวมในประเทศจำนวน 61 โรงงาน แบ่งเป็น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 โรงงาน ภาคกลาง 18 โรงงาน ภาคเหนือ 9 โรงงาน และภาคตะวันออก 5 โรงงาน ภายหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยและผลิตน้ำตาลทรายแล้ว เศษเหลือที่สำคัญคือ ชานอ้อย นอกจากนี้ยังมี ใบและยอดอ้อย เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะโคเนื้อ-นม และกระบือได้เป็นอย่างดี

Table 1 Cultivated area and production yield of sugarcane in Thailand (B.E. 2557/58).

	cultivated area (rai)	production yield (ton)	production yield (ton/rai)
Northeastern	4,566,133	50,998,403	11.17
Central	2,992,584	32,570,065	10.89
Northern	2,414,043	26,914,150	11.15
Eastern	558,167	6,230,159	11.16
Total	10,530,927	116,712,776	11.08

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2558)

2. คุณค่าทางโภชนาของชานอ้อย

ชานอ้อย คือส่วนของต้นอ้อยที่ถูกทำความสะอาด และตัดใบทิ้งก่อนนำเข้าโรงงานเพื่อหีบน้ำตาลอ้อย หลังจากหีบน้ำตาลอ้อยออกแล้วจะเหลือส่วนของกากใย ซึ่งเรียกว่าชานอ้อย (Da Costa *et al.* 2015) ชานอ้อยประกอบด้วย น้ำ และเส้นใย โดยเส้นใยแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขุยอ้อย (parenchyma cell) คือส่วนกลางของต้นอ้อย มีประมาณ 30% ของน้ำหนักต้นอ้อย เนื้ออ้อย (fiber of the rind) เป็นส่วนที่เป็นเยื่อใย ซึ่งรวมตัวกันแน่นที่ส่วนแกนของต้นอ้อย เยื่อใยของลำต้นอ้อยนี้เรียงตัวขนานกับลำต้น ยกเว้นเยื่อใยที่อยู่ส่วนข้อของลำต้น มีประมาณ 50% ของน้ำหนักต้นอ้อย และส่วนสุดท้าย เปลือกอ้อย (hard rind) เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของต้นอ้อย เป็นส่วนที่บางที่สุด แต่มีความหนาแน่นสูง

มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ลิกนิน ส่วนเปลือกอ้อยนี้มีประมาณ 5% ของน้ำหนักต้นอ้อย (ธีระชัย, 2540) โดย Suksombat (1998) รายงานว่า แม้ชานอ้อยจะมีคุณค่าทางโภชนาที่ต่ำ แต่ก็เพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ โดยเฉพาะในฤดูแล้งที่ขาดแคลนแหล่งของอาหารหยาบ และควรมีการปรับปรุงคุณภาพก่อน

Nirawan *et al.* (2014) รายงานว่า ชานอ้อย มีโปรตีนหยาบ (CP) 2.80% (Table 2) แม้ว่าจะมีปริมาณที่ต่ำ แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับฟางข้าว (2.30%) ที่เกษตรกรนิยมใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง (Suksombat, 2004) ในขณะที่ Fatma *et al.* (2011) พบว่า ชานอ้อยมีปริมาณเยื่อใยรวม (CF) สูง (49.50%) เหมาะสมสำหรับใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งในรูปแบบของอาหารหยาบผสม (total mixed fiber; TMF) และ อาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration; TMR) นอกจากนี้ Ramli *et al.* (2005) ยังพบว่า ชานอ้อยมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFE) ค่อนข้างสูง (52.50%) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตส่วนที่สัตว์ทุกชนิดย่อยได้ง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ได้

Table 2 Nutritive value of sugarcane bagasse (% dry matter basis).

Items	Reference				
	Nirawan <i>et al.</i> (2014)	Mohammed <i>et al.</i> (2013)	Fatma <i>et al.</i> (2011)	Fardin and Singhal (2006)	Ramli <i>et al.</i> (2005)
DM	72.50	96.10	91.90	-	93.40
CP	2.80	2.18	1.80	2.98	1.30
EE	-	0.84	1.16	-	0.80
Ash	7.70	2.70	5.30	-	2.00
CF	-	-	49.50	45.01	43.40
NFE	-	-	42.24	-	52.50
NDF	79.40	84.50	87.95	84.61	97.20
ADF	69.80	60.00	58.87	53.41	61.40
ADL	-	13.40	9.97	-	13.20
Hemicellulose	-	24.40	29.08	-	35.80
Cellulose	-	-	48.90	-	48.20
Calcium	-	-	-	-	0.03
Phosphorus	-	-	-	-	0.10
Magnesium	-	-	-	-	0.03

ที่มา: Nirawan *et al.* (2014) Mohammed *et al.* (2013) Fatma *et al.* (2011) Fardin and Singhal (2006) Ramli *et al.* (2005)

3. การปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Mohammed *et al.* (2013) ได้รายงานผลการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยใช้ชานอ้อยสดหมักร่วมกับ กากน้ำตาล 7% ยูเรีย 10% หินปูน 2% เกลือ 0.5% และ โซเดียมโบ-คาร์บอเนต 1% โดยน้ำหนัก ใช้เวลาหมัก 28 วัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยโปรตีนหยาบ (CP) 10.40% สูงกว่าชานอ้อยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ (2.18%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Shahowna *et al.* (2013) ที่ได้ทำการหมักชานอ้อยสดร่วมกับ กากน้ำตาล 10% เมล็ดข้าวฟ่าง 5% และมูลไก่ 20% โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่าเฉลี่ยโปรตีนหยาบ 11.62%

(Table 3) และยังสามารถลดปริมาณลิกนิน (ADL) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Dale *et al.* (2012) กล่าวว่า การย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของลิกนิน หากพืชอาหารสัตว์มีปริมาณลิกนินสูง จะทำให้การย่อยได้ลดลง การลดลงของปริมาณลิกนินนี้ จึงส่งผลให้ขานอ้อยที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพมีการย่อยได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Ramli *et al.* (2005) ยังได้ทำการปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อย โดยใช้ขานอ้อยสดกับรำข้าวสาลี ในอัตราส่วน 1:3 หมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ตามวิธี solid-state fermentation (SSF) เป็นเวลา 3 วัน พบว่าสามารถลดปริมาณของเยื่อใย NDF (49.70%) และ ADF (21.30%) ลงได้ (Table 3) สอดคล้องกับ Suksombat (2004) ที่ได้ทำการหมักขานอ้อยสด โดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 6% และยูเรีย 6% เป็นสารช่วยหมัก พบว่าสามารถลดปริมาณของเยื่อใย NDF และ ADF ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Hendriks and Zeeman (2009) ที่รายงานว่า NaOH มีผลต่อการทำลายพันธะ ester bonds cross-linking ที่จับกันแน่นของ cellulose กับ hemicelluloses ให้เกิดการคลายตัวและง่ายต่อการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ จึงส่งผลการย่อยได้เพิ่มขึ้น

Table 3 Nutritive value of treated sugarcane bagasse (% dry matter basis).

items	treated sugarcane bagasse				
	raw bagasse ¹	A ²	B ³	C ⁴	D ⁵
DM	93.40	96.40	-	85.70	63.50
CP	1.30	10.40	11.62	16.30	13.90
EE	0.80	0.86	1.66	3.10	0.80
Ash	2.00	6.96	7.93	3.60	10.60
CF	43.40	-	36.89	16.40	-
NFE	52.50	-	-	60.70	-
NDF	97.20	67.60	58.32	49.70	73.90
ADF	61.40	53.90	19.32	21.30	49.30
ADL	13.20	10.00	11.20	2.10	-
Hemicellulose	35.80	-	-	28.30	-
Cellulose	48.20	-	-	19.20	-

A = sugarcane bagasse treated with 7% molasses, 10% urea, 2% limestone, 0.5% common salt and 1% sodium bicarbonate.

B = sugarcane bagasse treated with 10% molasses, 5% sorghum grain and 20% poultry litter.

C = sugarcane bagasse mixed with wheat bran in a ratio of 1:3 and fermented with *Aspergillus oryzae*.

D = sugarcane bagasse treated with 6% NaOH and 6% urea.

ที่มา: ¹Ramli *et al.* (2005) ²Mohammed *et al.* (2013) ³Shahowna *et al.* (2013) ⁴Ramli *et al.* (2005) ⁵Suksombat (2004)

นอกจากนี้ Fatma *et al.* (2011) ยังได้รายงานการใช้ขานอ้อยหมักด้วยยูเรีย 3% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR โดยใช้สูตรอาหาร TMR ดังนี้ ขานอ้อยหมักยูเรีย 30% เมล็ดข้าวโพดบด 51% กากเมล็ดทานตะวัน 7% รำข้าวสาลี 7% และ วิตามินและแร่ธาตุ 5% (TMR 1) พบว่าอาหาร TMR ที่มีขานอ้อยหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ มีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Table 4) สอดคล้องกับ ณัฐพงษ์ และคณะ (2556) ที่ใช้ขานอ้อยหมักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 4% เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR มีส่วนประกอบ ได้แก่ ขานอ้อยหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 28% ข้าวโพดบด 8% มันเส้น 32.9% กากปาล์ม 9% กากถั่วเหลือง 12% กากน้ำตาล 3% น้ำตาล 5% ยูเรีย 1.5% วิตามิน 0.5% และ กำมะถัน 0.1% (TMR 2) พบว่าอาหาร TMR มีโภชนาการที่เพียงพอได้ทั้งหมด (TDN) 65.8% ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการ และค่าการย่อยได้ที่เพียงพอ

ต่อการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

Table 4 Nutritive value of total mixed ration (TMR) contain of treated sugarcane bagasse.

	TMR1 ¹	TMR2 ²
Ingredient, %		
Treated bagasse	30 ³	28 ⁴
Wheat bran	7	-
Sunflower meal	7	-
Ground corn	51	8
Cassava	-	32.9
Palm kernel cake	-	9
Soybean meal	-	12
Molasses	-	3
Sugar	-	5
Urea	-	1.5
Mineral mix	5	0.5
Sulfur-S	-	0.1
Nutrient, %		
CP	12.50	9.93
TDN	65.80	72.16
NDF	35.60	41.65
ADF	19.10	25.49

³ sugarcane bagasse treated with 3% urea.

⁴ sugarcane bagasse treated with 4% NaOH.

ที่มา: ¹Fatma *et al.* (2011) ²ณัฐพงษ์ และคณะ (2556)

4. แนวทางการใช้ขาน้อยเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้ประโยชน์จากขาน้อยเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทย ได้มีการศึกษาวิจัยมาเป็นเวลานาน เริ่มตั้งแต่การใช้โดยไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ แต่ใช้โดยการเสริมอาหารพลังงานและโปรตีน โดย Suksombat (1996) รายงานผลการใช้ขาน้อยในสูตรอาหารหยาบผสม (TMF) 4 สูตร (ขาน้อย 20, 25, 30 และ 35%) ปรับโภชนะให้เพียงพอต่อความต้องการของโครีดนม โดยการเสริม มันสำปะหลัง กากเมล็ดฝ้าย กากน้ำตาล และยูเรีย เลี้ยงโครีดนมในช่วงปลายระยะให้นม พบว่า สามารถใช้ขาน้อยในอาหารหยาบผสมได้ถึง 35% โดยไม่มีผลต่อปริมาณการให้นมของแม่โค (เฉลี่ย 8.3-9.3 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ต่อมาได้มีการทดลองเพิ่มระดับของขาน้อยในอาหาร TMF ในปริมาณ 55% ใช้เลี้ยงโคนมในช่วงแรกของระยะให้นม พบว่า สามารถใช้ขาน้อยในอาหาร TMF ในปริมาณ 55% ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อ ปริมาณการกินได้ ปริมาณการให้นม และองค์ประกอบของน้ำนม (Suksombat, 1998)

สำหรับในต่างประเทศ ได้เริ่มมีการปรับปรุงคุณภาพขาน้อยด้วยวิธีการทางกายภาพ โดยรายงานจาก Horton *et al.* (1991) ได้ทดลองการปรับปรุงคุณภาพขาน้อยด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (steam-pressure) จากนั้นนำไปอัดเม็ด (pelleted) เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหาร TMR โดยใช้ขาน้อยอัดเม็ด 15.6% ในสูตรอาหาร เปรียบเทียบกับเปลือกเมล็ดฝ้าย ใช้เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์บราห์มันลูกผสม ผลคือ โคเนื้อทุกกลุ่มการทดลองมี

ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ การเจริญเติบโตต่อวัน น้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์ซาก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการปรับปรุงคุณภาพข่อยด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง และการอัดเม็ด ต้องอาศัยอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายที่สูง อาจไม่คุ้มค่า จึงมีการใช้วิธีปรับปรุงคุณภาพของข่อยด้วยวิธีการทางเคมี โดย Cabello (1994) รายงานว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาณ 6 กรัมต่อ 100 กรัมวัตถุดิบ ของข่อย สามารถเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบจาก 14.0 เป็น 56.2% ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐพงษ์ และคณะ (2556) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้ข่อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหาร TMR ของโคนมรุ่น พันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน ทุกสูตรอาหารมีระดับ TDN และโปรตีนเท่ากัน (65.0% และ 12.5%) พบว่า โคกลุ่มที่ได้รับข่อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับ 4% มีค่าการกินได้ของวัตถุดิบ (DMI), ปริมาณการกินได้คิดเป็นน้ำหนักตัว (DMI_{BW}) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) ดีกว่ากลุ่มอื่น และมีอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ดีที่สุด ($P<0.01$) ในขณะที่การย่อยได้ของ DM, NDF และ ADF ที่ 4% ไม่ต่างกับ 6% แต่ดีกว่า 0 และ 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (Table 5)

Table 5 Effect of treated sugarcane bagasse in TMR on performance and digestibility in dairy heifer.

Items	0% NaOH	2% NaOH	4% NaOH	6% NaOH	P - value
DMI, kg/d	4.6 ^b	5.0 ^{ab}	5.3 ^a	4.6 ^b	0.01
DMI, % of BW	2.1 ^a	2.1 ^a	2.1 ^a	1.9 ^b	<0.01
ADG, kg/d	0.46 ^c	0.72 ^b	0.94 ^a	0.82 ^b	<0.01
FCR	10.1 ^a	6.7 ^b	5.4 ^b	5.6 ^b	<0.01
Digestibility, %					
DM	71.5 ^c	73.8 ^c	77.1 ^b	80.9 ^a	<0.01
NDF	68.2 ^b	68.3 ^b	73.2 ^a	72.0 ^a	0.01
ADF	65.8 ^b	66.0 ^b	69.3 ^a	71.9 ^a	<0.01
CP	81.1	82.1	83.9	81.9	0.28

^{a,b,c} Values within the same row with a common superscript are significantly different ($P<0.05$) by DMRT

ที่มา: ณัฐพงษ์ และคณะ (2556)

ส่วนการปรับปรุงคุณภาพข่อยด้วยวิธีการทางชีวภาพ คูชัญญ (2543) รายงานว่า การใช้พวกแบคทีเรีย เชื้อรา หรือเอนไซม์ ในการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ทำโดยการนำเชื้อรามาเลี้ยงให้เจริญบนข่อยช่วงหนึ่ง เพื่อให้เกิดการย่อยสลายข่อยก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ เชื้อราที่ใช้บางชนิดย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส บางชนิดสามารถย่อยสลายลิกนิน มีผลทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น แต่การให้เชื้อราเจริญนานเกินไปอาจทำให้การย่อยได้ลดลง และอาจส่งผลให้ความน่ากินต่ำ เมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์สัตว์อาจจะไม่ยอมกิน ดังรายงานของ Ramli *et al.* (2005) ที่ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพข่อยด้วยวิธีการทางชีวภาพ ด้วยการหมักข่อยด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ตามวิธี solid-state fermentation (SSF) เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบผสม ใช้ข่อยผสมกับรำข้าวสาลี ในอัตราส่วน 1:3 ให้เลี้ยงเพาะพันธุ์เองก่อนเลี้ยง โดยเปรียบเทียบระหว่างข่อยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ กับข่อยที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางชีวภาพ ผลพบว่า ค่าการย่อยได้ของโภชนะทั้งหมด (TDN) และค่าการย่อยได้ที่ปรากฏของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุ ของกลุ่มที่ใช้ข่อยที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพกลับต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นผลที่ไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธีปรับปรุงข่อยระหว่างวิธีทางชีวภาพ

และวิธีทางเคมี จากรายงานของ Mohammed and Salih (2015) ได้ทดลองปรับปรุงคุณภาพขาน้อยด้วยการหมักร่วมกับสารเคมี คือ ยูเรีย 10% ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR โดยใช้ขาน้อยที่ระดับ 10, 20 และ 30% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ฟางข้าวฟางเป็นแหล่งอาหารหยาบ ใช้สำหรับเลี้ยงโคเนื้อ พบว่า สามารถใช้ขาน้อยที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมักร่วมกับยูเรียในระดับ 30% ในอาหาร TMR โดยไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อโค (Table 6)

Table 6 Quality of meat from bulls fed diets contain different levels of treated sugarcane bagasse.

Traits	levels of treated bagasse (%)				Sig.
	0	10	20	30	
Water Holding Capacity (ratio)*	1.84	1.98	1.86	1.92	NS
Cooking Loss (%)	36.23	39.43	36.76	37.75	NS
Color					
Lightness (L)	27.63	28.30	27.70	27.18	NS
Redness (a)	15.65	13.97	14.12	14.50	NS
Yellowness (b)	6.90	6.33	6.17	6.45	NS

* Higher ratio indicates lower water holding capacity

NS = non-significant difference ($P>0.05$)

ที่มา: Mohammed and Salih (2015)

สรุปผลการศึกษา

ขาน้อยเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ใช้ทดแทนอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว ได้ สามารถใช้ในสูตรอาหารหยาบผสมเลี้ยงโคนมได้ 55% โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และการให้ผลผลิตน้ำนม ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามควรมีการปรับปรุงคุณภาพก่อน โดยวิธีการที่เหมาะสมคือวิธีปรับปรุงทางเคมี เนื่องจากง่ายต่อการจัดการ มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% ปรับปรุงคุณภาพขาน้อยเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโคนม สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้การปรับปรุงคุณภาพพร้อมระหว่างวิธีทางชีวภาพและวิธีทางเคมี โดยการหมักขาน้อยร่วมกับยูเรีย 10% โดยน้ำหนัก เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จ ยังสามารถใช้เลี้ยงโคเนื้อได้โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ ($P>0.05$)

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร: อ้อย. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. กรุงเทพฯ. 31 หน้า.
- คู่ขวัญ จุลละนันท์. 2543. การปรับปรุงคุณภาพขาน้อยโดยวิธีการทางเคมี เพื่อทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งของโคนมในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธีระชัย รัตนโรจน์มงคล. 2540. การนำขาน้อยมาใช้ในอุตสาหกรรมกระดาศ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 46: 32-34
- ณัฐพงษ์ หม่อมทอง, วิโรจน์ ภัทรวจินดา, พรชัย ล้อวิลัย และ ศิวัง สังข์ศรีทรงษ์. 2556. การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับปรุงคุณภาพขาน้อยเพื่อเป็นอาหารในโคนมรุ่น. วารสารแก่นเกษตร. 41(1): 92-95.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2545. วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 55. มกราคม - มีนาคม 2545.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2558. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย ปีการผลิต 2557/2558. แหล่งที่มา (Available Source): <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9810.pdf>, 20 มกราคม 2559

- Cabello, A. B. 1994. Sugar cane by-products for animal feeding. Research and Development Results at the Cuban Research Institute of Sugar Cane by-products (ICIDCA). In: Utilization of Sugar Cane by-products for Animal Feeding. International Society of Sugar Cane Technologist.
- Da Costa, D. A., C. L. Souza, E. O. Saliba and J. C. Carneiro. 2015. By-products of sugar cane industry in ruminant nutrition. International Journal of Advance Agricultural Research. 3: 1-9.
- Dale, L. M., I. Rotat, A. Thewis and R. Vidican. 2012. Determination of Romanian alfalfa crude protein and crude fiber contents as well as *in vitro* organic matter digestibility by NIR spectrometry. Journal of Animal Science. 85: 1024-1029.
- Fardin, H. and K. K. Singhal. 2006. *In Vitro* evaluation of sugarcane bagasse in complete feed. Indian Journal of Animal Nutrition. 23(2): 88-93.
- Fatma, M. S., R. Salama, A. E. Khattab, S. M. Soliman and Y. A. El-Nomeary. 2011. Chemical, biological and biochemical treatments to improve the nutritive values of sugarcane bagasse (SCB): 1- Chemical composition, scanning electron microscopy, *In Vitro* evaluation, nutrients digestibility and nitrogen utilization of untreated or treated SCB. Life Science Journal. 8(4): 351-363.
- Hendriks, A.T. and G. Zeeman. 2009. Pretreatments to enhance the digestibility of lingo cellulosic biomass. Bioresource Technology. 100: 10-18.
- Horton, G. M., F. M. Pate and W. D. Pitman. 1991. The effects of steam-pressure treatment, pelleting and ammoniation on the feeding value of sugarcane bagasse for cattle. Canadian Journal of Animal Science. 71: 79-86.
- Mohammed, H. A., A. B. Salih, M. A. Fadel Elseed. and M. A. Mohammed. 2013. Effect of urea-treatment on nutritive value of sugarcane bagasse. ARPN Journal of Science and Technology. 3(8): 834-838.
- Mohammed, H. A. and A. B. Salih. 2015. Effect of feeding urea-treated sugar-cane bagasse on properties and quality of fresh meat of Sudan Baggara Zebu Bulls. International Journal of Animal Biology. 1(3): 45-49.
- Nirawan, A., M. Wannapat, P. Gunun, A. Cherdthong. and W. Kaewwongsa. 2014. Effect of sugarcane bagasse treatment on gas production and ruminal degradability by using *in vitro* gas production technique. Khon Kaen Agriculture Journal. 42(4): 35-40
- Ramli, M. N., Y. Imura, K. Takayama. and Y. Nakanishi. 2005. Bioconversion of sugarcane bagasse with Japanese Koji by solid-state fermentation and its effects on nutritive value and preference in goats. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 18(9): 1279-1284.
- Shahowna, E. M., A. G. Mahala, A. M. Mokhtar, E. O. Amasaib. and A. Balgees. 2013. Evaluation of nutritive value of sugar cane bagasse fermented with poultry litter as animal feed. African Journal of Food Science and Technology. 4(5): 106-109.
- Suksombat, W. 2004. Comparison of different alkali treatment of bagasse and rice straw. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 17(10): 1430-1433.
- Suksombat, W. 1996. The effect four different roughage-mixed on dairy cow performance in late lactation. Suranaree Journal of Technology. 3(3): 139-145.
- Suksombat, W. 1998. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performance in early lactation during rainy season. Suranaree Journal of Technology. 5(2): 80-87.

หลักเกณฑ์และการเตรียมต้นฉบับ

หลักเกณฑ์

1. บทความที่ส่งเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตรพระจอมเกล้า ต้องผ่านการพิจารณา (peer reviewed) โดยผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน จากทั้งภายนอก และภายในสถาบัน หรือภายนอกสถาบันทั้งหมด

2. การสรุปผลการประเมินจะแจ้งให้ผู้มีพันธันฉบับทราบภายใน 2 เดือน โดยกองบรรณาธิการจะไม่รับพิจารณาต้นฉบับที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์การเตรียมต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารเกษตรพระจอมเกล้า

สาขาวิชาที่รับตีพิมพ์

วารสารเกษตรพระจอมเกล้ารับตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการสาขาที่เกี่ยวข้องกับทางการเกษตรที่ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับเรื่องเต็ม จำนวนไม่เกิน 10 หน้า โดยพิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) เวอร์ชัน 2007 หรือ XP หรือ เวอร์ชันใหม่กว่า โดยใช้รูปแบบฟอนต์เป็น Cordia New เท่านั้นทั้งฉบับ ยกเว้น ตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์ ให้ใช้รูปแบบฟอนต์เป็น Symbol เท่านั้น

ขนาดกระดาษต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 สีขาว พิมพ์แบบ Portrait โดยตั้งค่าน้ำกระดาษ เป็น 16K หรือกำหนดเองขนาด 71/4*101/4 นิ้ว ส่วนระยะขอบ (Margins) ดังนี้ ด้านบน (Top) 1 นิ้ว ด้านล่าง (Bottom) 0.75 นิ้ว ด้านซ้าย (Left) 1 นิ้ว ด้านขวา (Right) 0.75 นิ้ว ขอบเย็บกระดาษ (Gutter) ไม่ต้องใส่ค่า Gutter หรือ 0 นิ้ว หัวกระดาษ (Header) 0.5 นิ้ว ท้ายกระดาษ (Footer) 0.5 นิ้ว

หัวข้อหลัก ควรเรียงตามลำดับดังนี้

1. ชื่อเรื่อง : อยู่ชิดขอบบนของหน้า มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ชื่อเรื่องแต่ละภาษามีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 16 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) กำหนดระยะห่างบรรทัด เป็นค่าแน่นอนขนาด 18 points และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ หากมีตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์ให้ใช้ฟอนต์ Symbol ขนาด 12 points หรือขนาดตัวอักษรเท่ากับตัวอักษรอื่นในบรรทัดนั้น

2. ชื่อผู้เขียนและคณะ : เว้น 1 บรรทัดจากชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อเต็มภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ครบทุกคน และต้องใส่เชิงอรรถ เป็นแบบลำดับตัวเลข (ยกกำลัง) กำกับไว้ท้ายนามสกุลให้ครบทุกคน ชื่อผู้เขียนกำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวหนา กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็นค่าแน่นอนขนาด 12 points จัดชิดขอบขวาของหน้ากระดาษ

การแทรกเชิงอรรถให้ใช้แบบ ลำดับตัวเลขอัตโนมัติ โดยใช้ฟอนต์แบบ Cordia New ขนาด 12 points กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็น ค่าแน่นอนขนาด 12 points และจัดข้อความชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ

3. บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาไทยก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

คำว่า “บทคัดย่อ” และ “Abstract” ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 16 points และพิมพ์ตัวหนา กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็นค่าแน่นอนขนาด 18 points จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนเนื้อหาของบทคัดย่อ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็น ค่าแน่นอนขนาด 16 points และบรรทัดแรกของย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความในแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ หากมีตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์หรืออักษรกรีก ให้ใช้ฟอนต์ Symbol ขนาด 12 points หรือขนาดที่เท่ากับตัวอักษรอื่นในบรรทัดนั้น บทคัดย่อไม่ควรเกิน 300 คำ

คำสำคัญ (Keywords): ให้พิมพ์ต่อจากส่วนของบทคัดย่อและ Abstract ก่อนขึ้นส่วนของเนื้อหา ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความจำนวน 5 คำ ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points

4. เนื้อหา (Text) : ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผลการทดลองและวิจารณ์ สรุปผลการทดลอง กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง

คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 16 points พิมพ์ตัวหนา กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็นค่าแน่นอนขนาด 18 points จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนของเนื้อหาข้อความในแต่ละย่อหน้า กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็น

ค่าแน่นอน ขนาด 16 points บรรทัดแรกของแต่ละย่อหน้าให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified) ห้ามจัดแบบกระจายแบบไทย (Thai distribute) โดยเด็ดขาด หากมีตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์หรืออักษรกรีกให้ใช้ฟอนต์ Symbol ขนาด 12 points หรือขนาด ตัวอักษรที่เท่ากับตัวอักษรอื่นในบรรทัดเดียวกัน

4.1 คำนำ (Introduction) : เพื่อกล่าวถึงปัญหา ที่มา วัตถุประสงค์การวิจัย และรวมถึงการตรวจสอบเอกสาร (Literature review) ด้วย

4.2 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) : อธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ อธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง โดยให้เขียนเป็นส่วนเดียวกัน ไม่ต้องแยกหัวข้อ

4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and Discussion) : เป็นการเสนอผลของการวิจัย ควรควบคู่ไปกับการใช้ตาราง กราฟ หรือภาพประกอบการอธิบายและนำเสนอในรูปแบบของสีชาวดำเท่านั้น และตัวอักษรต่าง ๆ ใน ตาราง กราฟและภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points กำหนดระยะห่างบรรทัด เป็น ค่าแน่นอน ขนาด 16 points หรือน้อยกว่า หากมีตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์ให้ใช้ฟอนต์ Symbol ที่มีขนาดเท่ากับตัวอักษรอื่นในบรรทัดนั้น ในการเขียนผลการทดลองให้มีการวิจารณ์ผลควบคู่ไปด้วย

4.4 สรุป (Summary) : เป็นการย่อสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย อาจรวมกับข้อเสนอนะและแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

4.5 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) : อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยและการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมทำงานวิจัยด้วย

4.6 เอกสารอ้างอิง (Literature cited) : การอ้างอิงเอกสารในเรื่องใช้ระบบชื่อและปี (name-and-year system) เช่น จินดา (2536) รายงานว่า... หรือ ... (ศิวพร และ สลักจิต, 2536)

ในกรณีเป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาใด ๆ ที่เขียนด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษแล้วตามด้วย ค.ศ. เช่น Jackson (1967) ... หรือ ... (Murashige and Skoog, 1962)

ในกรณีที่ผู้แต่งตั้งแต่ 3 คนขึ้นไปให้ใช้ และคณะ เช่น สมศรี และคณะ (2530) ... หรือ ... (สมศรี และคณะ, 2530) ถ้าเป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาใด ๆ ที่เขียนด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษให้ใช้ *et al.* ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก เช่น Schaad *et al.* (1992) หรือ ... (Schaad *et al.*, 1992) และให้ใส่ชื่อครบทุกคนในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง

ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่อง กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 12 points กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็น ค่าแน่นอน ขนาด 13 points การพิมพ์เอกสารอ้างอิงแต่ละฉบับให้พิมพ์แบบหน้าลอย โดยบรรทัดแรกของเอกสารอ้างอิงแต่ละฉบับ ให้พิมพ์ชิดขอบซ้ายของหน้า ส่วนบรรทัดที่เหลือของฉบับนั้น ให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดซ้าย ห้ามจัดแบบกระจาย หากมีตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์หรืออักษรกรีก ให้ใช้ฟอนต์ Symbol ขนาด 10 points หรือขนาดเท่ากับตัวอักษรอื่นในบรรทัดนั้น

การเรียงลำดับเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทยขึ้นก่อนและตามด้วยภาษาอังกฤษหรือภาษาอื่น ๆ และไม่ต้องใส่หมายเลขหน้า ให้แสดงเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเรื่องเท่านั้น โดยเรียงลำดับดังนี้

เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทย ให้เรียงตามลำดับอักษรตัวแรกของชื่อ และตามด้วยปี พ.ศ. ที่ตีพิมพ์

เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาอื่น ให้เรียงตามลำดับอักษรตัวแรกของชื่อสกุล (ถ้ามีหลายคนให้เรียงไปตามลำดับ) และตามด้วยปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์ (ปีเก่ามาปีใหม่สุดตามลำดับ)

การเขียนเอกสารอ้างอิง

1. สำหรับวารสาร

วารสารภาษาไทย

ชื่อตัว ชื่อสกุล ชื่อตัว ชื่อสกุล (ใช้ และ ค้นชื่อสุดท้าย) ปี พ.ศ.. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อย่อถ้ามี). ปีที่: หน้า.

วารสารภาษาอังกฤษหรือภาษาอื่น

ชื่อสกุล, อักษรตัวแรกของชื่อแรก.ชื่อกลาง., อักษรตัวแรกของชื่อแรก.ชื่อกลาง. ชื่อสกุล. (ใช้ and ค้นชื่อสุดท้าย) ปี ค.ศ. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อย่อถ้ามี). ปีที่: หน้า.

ศิวพร ศิวเวช และ สลักจิต สืบพงษ์ศิริ. 2536. ข้าวเกรียบข้าวฟ่าง. ว.วิทย.เกษตร. 26: 80-87.

Tekrony, D.M., D.B. Egli and A.D. Philips. 1980. Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seeds. Agron. J. 72: 749-753.