การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มกาวไหมอีรี่ – ไหมหม่อนในการเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงและประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม

Exploitation of Eri – Mulberry Silkworm Degumming Solution for Cultivation of Entomopathogenic Bacteria and Its Efficiency to Control Beet Armyworm

ศิวิลัย สิริมังครารัตน์ [1,2,3*] *เดือนเพ็ญ วงค์สอน* [1,2] *และ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์* [2,3]

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มกาวไหมซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเส้นไหมอีรี่และไหมหม่อนด้วยการนำมาเป็นอาหารเพื่อผลิตเชื้อแบคทีเรียชนิดสำคัญที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์ ได้แก่ เชื้อ *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*) และ *B. thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) โดยใช้น้ำกลั่นหรือสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ในการต้ม ซึ่งน้ำต้มกาวไหมที่ได้นี้นำไปผสมกับอาหาร nutrient broth (NB) หรือใช้โดยตรงเพื่อเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ผลการทดลองพบว่าน้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยน้ำกลั่นเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อNBนั้น เชื้อ *Btk* และ *Bti* เจริญได้ในอาหาร NB ดีที่สุด (2.95×10^9 และ 1.18×10^9 cfu/มิลลิลิตร ตามลำดับ) รองลงมา สำหรับเชื้อ *Btk* คือกรรมวิธี NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (2.63×10^9 cfu/มิลลิลิตร) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้ NB ส่วนเชื้อ *Bti* นั้น คือ กรรมวิธี NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (7.88×10^8 cfu/มิลลิลิตร) โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับกรรมวิธีที่ใช้ NB แต่เมื่อใช้น้ำต้มกาวไหมที่ได้จากการต้มด้วยด่าง (สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต, Na_2CO_3) กลับพบว่า *Btk* และ *Bti* เจริญได้ดีที่สุดใน NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (4.94×10^9 และ 4.04×10^9 cfu/มิลลิลิตร ตามลำดับ) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหารชนิดต่าง ๆ นั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera*

[1]สาขากีฏวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2]กลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไหมป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[3]ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[3]ศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (AG-BIO/PERDO-CHE

*Corresponding Author, E-mail: sivilai@kku.ac.th

exigua) ด้วยเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB, NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่ต้มด้วย Na_2CO_3, NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่ต้มด้วยน้ำกลั่น และ NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อนที่ต้มด้วย Na_2CO_3 มีค่าเท่ากับ 90.00 63.33 56.67 และ 56.67% ตามลำดับ

ABSTRACT

The degumming waste water of eri and mulberry silkworm was studied on the exploitation by using as a medium for cultivation of a major bacteria as an insect biopesticide, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*) and *B. thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*). Distilled water and sodium carbonate (Na_2CO_3) solution were used as degumming treatment. Degumming water using distilled water or Na_2CO_3 solution was mixed with nutrient broth (NB) or direct use as the cultured media. The result showed that in case of using distilled water and comparing to NB, the *Btk* and *Bti* grew the best on NB (2.95×10^9 and 1.18×10^9 cfu/ml), respectively. The subordinate treatment for *Btk* was NB + eri degumming water (EDW) + mulberry degumming water(MDW) (2.63×10^9 cfu/ml), which was not significantly different to NB. However, for *Bti* the following treatment was NB + EDW (7.88×10^8cfu/ml) but was statistically significant ($P<0.05$) to NB. On the other hand, using Na_2CO_3 as degumming solution, the *Btk* and *Bti* grew the best in NB + eri degumming Na_2CO_3 solution (EDS) + mulberry degumming Na_2CO_3 solution (MDS), which exhibited bacterial cells of 4.94×10^9 and 4.04×10^9 cfu/ml, respectively. The *Btk* obtained from cultivation with different media were tested in laboratory on the efficiency to control beet armyworm (*Spodoptera exigua*). It was revealed that the infected mortality of *S. exigua* was 90.00, 63.33, 56.67 and 56.67% from NB, EDS, EDW and MDS, respectively.

คำสำคัญ: น้ำต้มกาวไหม ไหมอีรี่ ไหมหม่อน *Bacillus thuringiensis* หนอนกระทู้หอม

Keywords: Degumming solution, Eri silkworm, Mulberry silkworm, *Bacillus thuringiensis*, Beet armyworm

บทนำ

ไหมอีรี่ (*Samia ricini* D.) เป็นไหมป่าชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมากทั้งในด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ อาหาร อาหารเพื่อสุขภาพ และเครื่องสำอาง เป็นต้น (Akai, 2002; Sirimungkararat, 2013) นอกจากนั้นยังสามารถเพาะเลี้ยงด้วยพืชอาหารหลากหลายชนิด เช่น ละหุ่ง พระเจ้าร้อยท่า และมันสำปะหลัง เป็นต้น ปัจจุบันไหมอีรี่ได้รับการส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงทั้งจากสถานศึกษา ภาครัฐ และเอกชน ซึ่งได้การสนับสนุนและตอบรับเป็นอย่างดี แต่ในกระบวนการเพาะเลี้ยงไหมอีรี่นั้นจะได้วัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ อาทิ มูลไหม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำต้มรังไหม (น้ำต้มกาวไหม) โดยทั่วไปในน้ำต้มกาวไหมหม่อนมีโปรตีนเซริซินประมาณ 20–30% ของน้ำหนัก

รังไหม ซึ่งโปรตีนเซริซินประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น 18 ชนิด (Padamwar and Pawar, 2004) ปกติเกษตรกรจะนำน้ำต้มกาวไหมไปทิ้ง จึงกลายเป็นแหล่งสะสมของเสีย แหล่งของการเกิดโรคแพร่ระบาดไปยังไหมที่เพาะเลี้ยงได้อย่างดีอีกทางหนึ่ง ยิ่งน้ำต้มกาวไหมมีส่วนประกอบเป็นโปรตีน ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็น รบกวนชุมชน จึงยิ่งมีผลกระทบและส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ในส่วนของน้ำต้มกาวไหมหม่อนนั้นมีการนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง อาหาร และเครื่องดื่มเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพที่ดี (หยาดพิรุณและประสงค์, 2556) ส่วนน้ำต้มกาวไหมอีรี่นั้นยังไม่มีการศึกษากันแพร่หลาย ศิวิลัยและคณะ (2553) ได้เพิ่มมูลค่าให้กับน้ำต้มกาวไหมอีรี่ด้วยการศึกษาการสกัดโปรตีนเซริซินจากรังไหมและนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง ได้แก่ สบู่ แชมพู และ โลชั่นบำรุงผิว ซึ่งนำไปสู่การจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ อนุสิทธิบัตรเลขที่ 7590, 7591, 7592 และ 7593 (ศิวิลัยและคณะ, 2555ก; ข; ค และ ง) ส่วน Senakoon et al. (2009) ได้ใช้โปรตีนเซริซินจากน้ำต้มกาวไหมอีรี่มายับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในคน คือ เชื้อ *Escherichia coli* และเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งพบว่าสามารถยับยั้งได้อย่างดี นอกจากนั้นดักแด้ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเส้นไหมยังสามารถนำไปปรุงเป็นอาหารได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่สูง จากการศึกษาวิจัยพบว่าดักแด้ไหมอีรี่มีโปรตีนสูงกว่าดักแด้ไหมหม่อน (*Bombyx mori* L.) มาก (Sirimungkararat et al., 2010) จึงยิ่งเป็นที่น่าสนใจเพื่อการส่งเสริม พัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้สูงขึ้น โดยให้มีการเพาะเลี้ยงไหมอย่างปลอดภัยทั้งต่อไหมและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเพื่อนำไปสู่การเป็นสินค้าเกษตรคุณภาพดี รวมทั้งสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งเป็นผลพลอยได้ (by-product) จึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาค้นคว้า เพื่อหาแนวทางผลิตและนำวัสดุเหลือทิ้ง เช่น น้ำต้มรังไหม จากการเลี้ยงไหมหม่อน เฉพาะอย่างยิ่งจากไหมอีรี่ที่กำลังมีการตื่นตัวและขยายตัวในการเพาะเลี้ยง ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (zero–waste) และสร้างเสริมรายได้ให้เกษตรกรและผู้สนใจ ด้วยการนำไปผลิตและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำต้มกาวไหมหม่อนและไหมอีรี่มาเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ใช้กำจัดแมลง (*Btk* และ *Bti*) รวมทั้งการนำเชื้อ *Btk* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำต้มกาวไหมมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ เช่น หนอนกระทู้หอม อันจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในน้ำต้มกาวไหม

1.1 การเตรียมน้ำต้มกาวไหม เพื่อให้ได้น้ำต้มกาวไหมที่เป็นตัวแทนที่แท้จริงและได้มาตรฐานสำหรับใช้ตลอดการทดลองอย่างต่อเนื่อง จึงได้ประยุกต์การเตรียมน้ำต้มกาวไหมด้วยการต้มด้วยน้ำ และต้มด้วยด่าง (สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.25%; Na_2CO_3 0.25%) ซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ ดังนี้

1.1.1 การต้มด้วยน้ำ เตรียมเปลือกรังไหมอีรี่ (ecorace SaKKU1) และเปลือกรังไหมหม่อน(พันธุ์นางน้อย) โดยนำเปลือกรังไหมแต่ละชนิดที่เอาคราบดักแด้ออกแล้วมาทำความสะอาด แล้วนำมาตัดให้มีขนาดประมาณ 1×1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นำรังไหมแต่ละชนิดที่อบแห้งแล้ว จำนวน 30 กรัม มาต้มด้วยน้ำ (น้ำกลั่น) จำนวน 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา

3 ชั่วโมง จึงนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

1.1.2 การต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ปฏิบัติเช่นเดียวกับการเตรียมในข้อ 1.1.1 แต่เปลี่ยนจากการต้มด้วยน้ำ (น้ำกลั่น) เป็นการต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

1.2 การวัดปริมาณโปรตีน นำน้ำต้มกาวไหมทั้งที่ได้จากข้อ 1.1.1 และข้อ 1.1.2 มาวัดปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีของ Bradford (1976) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard curve) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นโปรตีนมาตรฐาน แล้วปรับปริมาณโปรตีนที่ได้จากข้อ 1.1.1 และ 1.1.2 ให้เท่ากัน (30 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

1.3 การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย นำเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์ที่สำคัญทางเศรษฐกิจโดยชีววิธี ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียที่นิยมใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*) และที่นิยมใช้กำจัดแมลงศัตรูคนและสัตว์ *B. thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) มาเลี้ยงในอาหาร nutrient agar (NA) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้ลูปแตะโคโลนีเดี่ยว (single colony) ของเชื้อ *Btk* หรือ *Bti* ลงในอาหาร NB (nutrient broth) นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (shaker) โดยใช้จำนวน 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำสารแขวนลอยของแต่ละเชื้อดังกล่าวมาย้ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 7 ชนิด (กรรมวิธี) โดยดำเนินการกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 500 ไมโครลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าโดยใช้จำนวน 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นตรวจนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิต (colony forming unit) ในหน่วย cfu/มิลลิลิตร ด้วยวิธี plate count technique โดยในแต่ละกรรมวิธีมีรายละเอียดดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อาหาร NB
กรรมวิธีที่ 2 น้ำต้มกาวไหมอีรี่
กรรมวิธีที่ 3 น้ำต้มกาวไหมหม่อน
กรรมวิธีที่ 4 อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (1:1)
กรรมวิธีที่ 5 อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)
กรรมวิธีที่ 6 น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)
กรรมวิธีที่ 7 อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1:1)

ทั้งนี้มีการทดลอง 2 ชุด ที่เหมือนกันทุกประการ แต่ชุดที่ 1 ใช้น้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยน้ำ ส่วนชุดที่ 2 ใช้น้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย cfu/มิลลิลิตรในแต่ละกรรมวิธีโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT)

2. ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม

2.1 การเตรียมหนอนกระทู้หอม นำกลุ่มไข่หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) ที่ใกล้จะฟักมาแช่ในฟอร์มาลีน 10% นาน 3–5 นาที จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อนาน 5 นาที จำนวน 2 ครั้ง ผึ่งให้แห้ง แล้วจึงนำไปบ่มไว้รอจนหนอนฟักออกเป็นตัวหนอน เลี้ยงด้วยใบคะน้าจนกระทั่งเข้าสู่วัยที่ 3 ที่เพิ่งลอกคราบใหม่ ๆ คัดหนอนที่มีขนาดสม่ำเสมอ แล้วให้อดอาหาร นาน 6 ชั่วโมง โดยประยุกต์ตามวิธีของศิวิลัย และคณะ (2529)

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพ นำเชื้อแบคทีเรีย *Btk* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อในข้อ 1.3 มาปลูกเชื้อให้กับหนอนกระทู้หอมวัย 3 ที่เพิ่งลอกคราบใหม่ ๆ ด้วยการนำใบพืชอาหาร (ใบคะน้า) มาตัดให้มีขนาดประมาณ 4×4 เซนติเมตร แล้วจุ่มในสารแขวนลอยของเชื้อที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อและ/หรือน้ำต้มกาวไหมต่างชนิด (กรรมวิธี) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมโดยจุ่มในน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำออกมาผึ่งไว้ให้แห้งพอหมาด ๆ จึงนำไปให้หนอนกินด้วยปริมาณที่พอเพียงเท่า ๆ กันในแต่ละซ้ำ โดยใส่ลงในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และนำหนอนไปเพาะเลี้ยงต่อที่อุณหภูมิห้อง (27-31°C, 66-81% R.H.) วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ จำนวนหนอน 10 ตัว/ซ้ำ โดยแต่ละกรรมวิธีมีรายละเอียดดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (กรรมวิธีควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB
กรรมวิธีที่ 3 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในน้ำต้มกาวไหมอีรี่
กรรมวิธีที่ 4 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในน้ำต้มกาวไหมหม่อน
กรรมวิธีที่ 5 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (1:1)
กรรมวิธีที่ 6 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)
กรรมวิธีที 7 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในน้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)
กรรมวิธีที 8 เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1:1)

สำหรับมื้อต่อไปจะใช้ใบพืชอาหารปกติแทน บันทึกข้อมูลโดยตรวจดูการตายด้วย *Btk* ทุกวัน นาน 7 วัน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีเช่นเดียวกับข้อ 1.3

ผลการวิจัย

1. การเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ใช้กำจัดแมลงศัตรูในน้ำต้มกาวไหม

การเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Btk* และ *Bti* ในอาหารเลี้ยงเชื้อและในอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำต้มกาวไหมอีรี่และ/หรือน้ำต้มกาวไหมหม่อนที่ได้จากการต้มด้วยน้ำนั้น (ตารางที่ 1) เชื้อ *Btk* เจริญได้ดีที่สุดในอาหาร NB (29.46×10^8 cfu/มิลลิลิตร) รองลงมาคืออาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมบ้าน (26.26×10^8 cfu/มิลลิลิตร) และอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (22.56×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ซึ่งทั้งสามกรรมวิธีนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับเชื้อ *Bti* ที่เชื้อยังคงเจริญได้ดีที่สุดในอาหาร NB (11.80×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ($P<0.05$) รองลงมาคือ อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (7.88×10^8 cfu/มิลลิลิตร) และอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมบ้าน (7.16×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ซึ่งกรรมวิธีรองลงมาทั้งสองกรรมวิธีนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนการเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียในน้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตนั้น (ตารางที่ 2) เชื้อ *Btk* สามารถเจริญได้ดีที่สุดในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหม อีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน ซึ่งมีจำนวนโคโลนีเท่ากับ 49.36×10^8 cfu/มิลลิลิตร รองลงมาคืออาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (44.44×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ซึ่งทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าเชื้อสามารถเจริญในน้ำต้มกาวไหมหม่อนได้น้อยที่สุด (10.60×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ส่วนเชื้อ *Bti* ให้ผลทำนองเดียวกับเชื้อ *Btk* กล่าวคือเชื้อสามารถเจริญได้ดีที่สุดในอาหาร NB+น้ำ

ต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (40.40×10^8 cfu/มิลลิลิตร) แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาคืออาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่มีจำนวนโคโลนีเท่ากับ 25.16×10^8 cfu/มิลลิลิตร และอาหาร NB (11.80×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ตามลำดับ ส่วนอาหารที่มีน้ำต้มกาวไหมหม่อนหรือน้ำต้มกาวไหมอีรี่อย่างเดียวหรือน้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อนนั้นสามารถเพิ่มปริมาณเชื้อ *Btk* และ *Bti* ได้แม้จะมีค่าไม่สูง แต่ให้ผลใกล้เคียงกันโดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 1 การเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* และ *B. thuringiensis* var. *israelensis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยน้ำ

กรรมวิธี	จำนวนโคโลนี ($\times10^8$ cfu/มิลลิลิตร)	
	Btk	*Bti*
อาหาร nutrient broth (NB)	**29.46±7.20^a**	**11.80±4.66^a**
น้ำต้มกาวไหมอีรี่	6.31±0.74^d	3.38±0.83^{cd}
น้ำต้มกาวไหมหม่อน	4.64±0.88^d	1.39±0.17^d
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (1:1)	22.56±4.23^{ab}	7.88±1.35^b
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)	16.48±2.35^{bc}	5.73±1.08^{bc}
น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)	10.54±0.80^{cd}	2.68±0.41^d
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1:1)	26.26±2.67^a	7.16±1.45^b
F-test	**	**
C.V. (%)	**34.73**	**35.58**

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (DMRT, P>0.05); ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 2 การเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* และ *B. thuringiensis* var. *israelensis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

กรรมวิธี	จำนวนโคโลนี ($\times10^8$ cfu/มิลลิลิตร)	
	Btk	*Bti*
อาหาร nutrient broth (NB)	29.46±7.20^c	11.80± 4.66^c
น้ำต้มกาวไหมอีรี่	13.26±2.62^d	5.20±1.96^d
น้ำต้มกาวไหมหม่อน	10.60±1.29^d	5.05±1.75^d
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (1:1)	44.44±7.95^{ab}	25.16±3.08^b
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)	39.48±7.41^b	10.72±1.20^c
น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)	12.02±2.63^d	4.70±1.33^d
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1:1)	**49.36±9.13^a**	**40.40±5.78^a**
F-test	**	**
C.V. (%)	**25.30**	**19.41**

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (DMRT, P>0.05); ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2. ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม

การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มกาวไหมด้วยการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Btk* เมื่อนำเชื้อที่ได้มาใช้ป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอมในสภาพห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 3) โดยเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อและ/หรือน้ำต้มกาวไหมต่างชนิด ซึ่งเป็นน้ำต้มกาวไหมอีรี่หรือไหมหม่อนที่ได้จากการต้มด้วยน้ำและจากการต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม พบว่าเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB มีประสิทธิภาพมากที่สุด (อัตราการตาย 90.00%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาคือ เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่ต้มด้วย Na_2CO_3 (อัตราการตาย 63.33%) และอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่ต้มด้วยน้ำ (56.67%) ซึ่งมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับเชื้อ *Btk* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อนที่ต้มด้วย Na_2CO_3 (56.67%) ส่วนเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในน้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อนที่ต้มด้วยน้ำ มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด (อัตราการตาย 23.33%)

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาเพื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเลี้ยงไหมให้เกิดประโยชน์ โดยการนำน้ำต้มกาวไหมมาเป็นส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบีที (Bt) ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ (*Btk*) รวมทั้งกำจัดแมลงศัตรูสัตว์และคน (*Bti*) เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งนั้น เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อบีทีในอาหารที่ผสมน้ำต้มกาวไหมอีรี่ และน้ำต้มกาวไหมหม่อน ซึ่งได้จากการต้มเปลือกรังด้วยน้ำ (น้ำกลั่น) เปรียบเทียบกับการต้มในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (สารละลายด่าง) พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำต้มกาวไหมที่ได้จากการต้มเปลือกรังไหมด้วยน้ำนั้น เชื้อ *Btk* สามารถเจริญได้ดีในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (26.26×10^8 cfu/มิลลิลิตร) เทียบเท่ากับการเจริญในอาหาร NB (29.46×10^8cfu/มิลลิลิตร) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนเชื้อ *Bti* เจริญในอาหาร NB (11.80×10^8 cfu/มิลลิลิตร) ได้ดีกว่าอาหาร NB ที่ผสมน้ำต้มกาวไหมทั้ง 2 ชนิด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใช้น้ำต้มกาวไหมหม่อนอย่างเดียวนั้นเชื้อบีทีทั้ง 2 ชนิด มีการเจริญได้น้อยที่สุด แต่น้ำต้มกาวไหมอีรี่อย่างเดียวสามารถนำมาใช้เพิ่มปริมาณเชื้อทั้ง *Btk* และ *Bti* ได้ดีกว่าการใช้น้ำต้มกาวไหมหม่อนอย่างเดียวโดยไม่ต้องมีการผสม NB ส่วนการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำต้มกาวไหมที่ได้จากการต้มเปลือกรังด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต พบการเจริญของเชื้อ *Btk* และ *Bti* ได้ดีที่สุดในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน โดยมีจำนวนโคโลนีเท่ากับ 49.36×10^8 cfu/มิลลิลิตร และ 40.40×10^8 cfu/มิลลิลิตร ตามลำดับ

จากผลการทดลองกับน้ำต้มกาวไหมครั้งนี้จะเห็นว่าเชื้อแบคทีเรียทั้ง *Btk* และ *Bti* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำต้มกาวไหมทั้ง 2 ชนิดนี้ (ไหมอีรี่+ไหมหม่อน) ซึ่งได้จากการต้มเปลือกรังในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตสามารถเจริญได้ดีกว่าการใช้น้ำต้มกาวไหมที่ต้มด้วยน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการต้มเปลือกรังด้วยสารละลายนี้ที่มีคุณสมบัติที่เป็นด่างอาจมีผลต่อการละลายออกของสารอาหารที่สำคัญรวมทั้งโปรตีนจากเปลือกรังไหมได้ดีกว่าการต้มด้วยน้ำ เชื้อบีทีจึงสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของกนกพรและสินีนาฏ (2556) ที่รายงานว่าการสกัดเซริซินจากเปลือกรังไหมหม่อน และไหมอีรี่

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำต้มกาไหม ในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*)

กรรมวิธี	อัตราการตายด้วยเชื้อ (%)	
	น้ำต้มกาวไหมที่ได้จากการต้มด้วยน้ำ	น้ำต้มกาวไหมที่ได้จากการต้มด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต
น้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (control)	0.00±0.00^{f}	
อาหาร nutrient broth (NB) (control)	**90.00±8.66^{a}**	
น้ำต้มกาวไหมอีรี่	43.33±5.77^{bcde}	46.67±11.55^{bcd}
น้ำต้มกาวไหมหม่อน	33.33±5.77^{de}	40.00±17.32^{cde}
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ (1:1)	56.67±11.55^{bc}	63.33±11.55^{b}
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)	46.67±11.55^{bcd}	56.67±5.77^{bc}
น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1)	23.33±5.77^{e}	33.33±15.28^{de}
อาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่+น้ำต้มกาวไหมหม่อน (1:1:1)	36.67±5.77^{cde}	43.33±20.82^{bcde}
F-test	****	
C.V. (%)	**25.46**	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (DMRT, P>0.05); ** =แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ด้วยสารละลาย Na_2CO_3 (0.5%) ให้ปริมาณโปรตีนเซริซินที่มากกว่าการสกัดด้วยน้ำกลั่นประมาณ 4 เท่า แต่โปรตีนดังกล่าวมีการสลายตัวได้มากกว่า นอกจากนั้นจากการทดลองนี้เมื่อเริ่มต้นด้วยปริมาณโปรตีนที่เท่ากัน (30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ยังพบว่าเชื้อบีทีสามารถเจริญในน้ำต้มกาวไหมอีรี่อย่างเดียวได้ดีกว่าในน้ำต้มกาวไหมหม่อนอย่างเดียว ไม่ว่าจะเป็นการต้มด้วยน้ำหรือสารละลายด่าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของกรดอะมิโนบางชนิดที่มีความแตกต่างกันระหว่างรังไหมอีรี่และไหมหม่อน จึงอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าวได้ต่างกัน ซึ่งจากรายงานของ Dash et al. (2006) พบว่าองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่มีในโปรตีนเซริซินในไหมต่างชนิดกันก็แตกต่างกันด้วย นอกจากนั้น Sothornvit et al. (2010) ยังพบว่าการสกัดโปรตีนเซริซินของไหมหม่อนด้วยวิธีที่แตกต่างกันพบมีเปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนแตกต่างกันเล็กน้อย แต่กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของเซริซินนั้นไม่แตกต่างกัน สำหรับเชื้อแบคทีเรีย *Btk* ที่เพาะเลี้ยงได้นี้เมื่อนำมาป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ (หนอนกระทู้หอม) พบว่าเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมอีรี่ ทั้งจากน้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่ได้จากการต้มด้วยน้ำและน้ำต้มกาวไหมอีรี่ที่ได้จากการต้มในด่าง รวมทั้งเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมหม่อนที่ต้มด้วยด่างนั้น มีประสิทธิภาพที่ดีในการช่วยป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอมดังกล่าว รองลงมาจากเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงในอาหาร NB อย่างเดียว สอดคล้องกับงานทดลองของศิวิลัยและคณะ (2557) ที่ได้เพิ่มปริมาณเชื้อ *Btk* ในน้ำต้มกาวไหมทาซาร์ แล้วนำเชื้อ *Btk* ที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนกระทู้ผัก (common cutworm, *Spodoptera litura*) ในสภาพเรือนทดลอง พบว่าเชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงด้วยอาหาร NB มีประสิทธิภาพดีมากในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก (90%) รองลงมาคือ เชื้อ *Btk* ที่เลี้ยงด้วยอาหาร NB+น้ำต้มกาวไหมป่าทาซาร์ (80%) ส่วนเชื้อ *Bti* ที่เพาะเลี้ยงได้จากน้ำต้มกาวไหมต่อแมลงศัตรูชนิดต่าง ๆ ของคนและสัตว์นั้น อยู่ในระหว่าง

ดำเนินการทดสอบ จากการศึกษานี้ ยังแสดงให้เห็นว่าน้ำต้มกาวไหม (ไหมอีรี่, ไหมหม่อน) แม้จะเป็นสิ่งเหลือทิ้ง แต่ก็สามารถนำมาใช้ผสมเพื่อเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Btk* และ *Bti* ร่วมกับอาหาร NB ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งยังเป็นการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างดียิ่งอีกทางหนึ่ง นอกจากนั้นการใช้น้ำต้มกาวไหมอีรี่หรือน้ำต้มกาวไหมหม่อนอย่างเดียวก็ยังสามารถใช้เพิ่มปริมาณเชื้อได้ทั้ง *Btk* และ *Bti* โดยไม่ต้องผสม NB แม้ว่าจะเพิ่มเชื้อ *Bt* ได้น้อยกว่าอาหาร NB ก็ตาม จึงเป็นการช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิตเชื้อบีทีโดยไม่ต้องผสมอาหาร NB และเกษตรกรสามารถผลิตเองได้ด้วยวิธีง่าย ๆ ไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูโดยตรงหรือโดยวิธีผสมผสานก็ตาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนทั่วไปในชุดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, ทุนคลัสเตอร์สหสาขาบูรณาการ โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2554 กลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไหมป่าและแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (AG-BIO/PERDO-CHE) และทุนอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2554-56 ที่สนับสนุนทุนเครื่องมือ และสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กนกพร พลเยี่ยม และสินีนาฏ ศิริ. (2556). การสกัดเซอริซินจากรังไหม *Bombyx mori* และ *Samia cynthia ricini*. ใน: การประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4 (การวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมไทย), สงขลา. 43–51.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ ทิพย์วดี อรรถธรรม และพูนพิไล สุวรรณฤทธิ์. (2529). ผลของ sublethal dose ของเชื้อนิวเคลียร์โพลี่ฮีโดรซีสไวรัสที่มีต่อการเจริญเติบโต การวางไข่ และรุ่นลูกของหนอนเจาะสมอฝ้าย อเมริกัน, *Heliothis armigera* (Hubner). วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 20(2): 144-154.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ ทัศนีย์ นพรัตน์ และเดือนเพ็ญ วงค์สอน. (2555ก). กรรมวิธีในการสกัดโปรตีนเซริซินออกจากน้ำที่ผ่านการต้มรังไหม (อนุสิทธิบัตรเลขที่ 7590). กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ ทัศนีย์ นพรัตน์ และเดือนเพ็ญ วงค์สอน. (2555ข). แชมพูที่มีส่วนประกอบของโปรตีนเซริซิน (อนุสิทธิบัตร เลขที่ 7591). กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ ทัศนีย์ นพรัตน์ และเดือนเพ็ญ วงค์สอน. (2555ค). โลชั่นที่มีส่วนประกอบของโปรตีนเซริซิน (อนุสิทธิบัตร เลขที่ 7592). กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ ทัศนีย์ นพรัตน์ และเดือนเพ็ญ วงค์สอน. (2555ง). สบู่ที่มีส่วนประกอบของโปรตีนเซริซิน (อนุสิทธิบัตร เลขที่ 7593). กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ เดือนเพ็ญ วงค์สอน และสฤษดิพร ชูประยูร. (2557). การใช้น้ำต้มกาวไหมป่าทาชาร์เพื่อผลิตเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* กำจัดหนอนกระทู้ผัก(*Spodoptera litura* F.). ใน: รายงานผลการวิจัยหม่อนไหม ประจำปี 2557. 265–275.

ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ สุพร นุชดำรงค์ ศิริวรรณ เนติวรานนท์ วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ และมงคล ต๊ะอุ่น. (2553). การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเลี้ยงไหมอีรี่เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2(2): 99-111.

หยาดพิรุณ บุญสด และประสงค์ สีหานาม. (2556). ไหม: องค์ประกอบและโครงสร้าง คุณสมบัติและการ

ประยุกต์ใช้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 31(4): 11–20.

Akai, H. (2002). Development and contribution of international society for wild silkmoths. International Journal of Wild Silkmoth & Silk 7: 1–10.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein - dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Dash, R., Mukherjee S. and Kundu, S.C. (2006). Isolation, purification and characterization of silk protein sericin from cocoon peduncles of tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta*. International Journal of Biological Macromolecules 38: 255–258.

Padamwar, M.N. and Pawar, A.P. (2004). Silk sericin and its application: A review. Journal of Scientific & Industrial Research 63: 323–329.

Senakoon, W., Nuchadomrong, S., Sirimungkararat, S., Senawong, T. and Kitikoon, P. (2009). Antibacterial action of eri (*Samia ricini*) sericin against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Asian Journal of Food and Agro-Industry Special Issue: S222–S228.

Sirimungkararat, S. (2013). Innovation on eri silk products for the community and economics in Thailand. In: International Seminar Cum Business Matching on Mekong Silk Road, Thailand.

Sirimungkararat, S., Saksirirat, W. Nopparat, T. and Nathongkham, A. (2010). Edible products from eri silkworm (*Samia ricini* D.) and mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) in Thailand, In: Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. and Shono, K. (eds.), Edible forest insects as food: humans bite back. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Bangkok. 189-200.

Sothornvit, R., Chollakup, R. and Suwanruji, P. (2010). Extracted sericin from silk waste for film formation. Songklanakarin Journal of Science and Technology 32(1): 17–22.