สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การเจริญเติบโตและผลผลิตเส้นไหมของไหมไทย (*Bombyx mori* L.) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่น

Development and Silk Product of Thai Silkworm (*Bombyx mori* L.) Fed on Japaness Artificial Diet.

T102926

โดย

นายกิติพงษ์ จำนงนรินทร์รักษ์

Mr. Kitipong Jumnongnarinrak

ปพ.
กธ๗๓
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....102926
วัน,เดือน,ปี.....20 ส.ค. 2552

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2550

b.19044581
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การเจริญเติบโตและผลผลิตเส้นไหมของไหมไทย (*Bombyx mori* L.) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่น

Development and Silk Product of Thai Silkworm (*Bombyx mori* L.) Fed on Japaness Artificial Diet.

โดย

นายกิติพงษ์ จำนงนรินทร์รักษ์

Mr. Kitipong Jumnongnarinrak

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร.อำมร อินทร์สังข์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ชวาลา บุรณศิริ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่ ๒๔ เดือน พค พ.ศ. ๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การเจริญเติบโตและผลผลิตเส้นไหมของไหมไทย (*Bombyx mori* L.) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่น

โดย : นายกิติพงษ์ จำนงนรินทร์รักษ์

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา: ..... 20/พ.ค./51.

(ผศ.ดร.อำมร อินทร์สังข์)

บทคัดย่อ

จากการศึกษาชีววิทยาของไหม (*Bombyx mori* L.) พันธุ์นางลาย ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมญี่ปุ่น เปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติในวัยอ่อนพบว่า การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่น หนอนไหมมีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 100.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีอัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1 และ 4 คือ 92.49 และ 86.72 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักตัววัยที่ 3 และ 5 เฉลี่ย 0.41 และ 1.58 กรัมต่อตัว ตามลำดับ มีผลผลิตรัง โดยมีน้ำหนักรัง คือ 1.23 กรัมต่อรัง น้ำหนักเปลือกรัง 0.16 กรัมต่อรัง เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง 13.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับใบหม่อน โดยที่ใบหม่อนโดยมีอัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1 และ 4 มากที่สุด คือ 98.89 และ 95.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัววัยที่ 3 และ 5 เฉลี่ย 0.38 และ 1.45 กรัมต่อตัว ตามลำดับ มีผลผลิตรังไหม โดยมีน้ำหนักรังสด คือ 1.13 กรัมต่อรัง น้ำหนักเปลือกรัง 0.13 กรัมต่อรัง เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง 12.02 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่น ให้ผลดีกว่าการเลี้ยงด้วยใบหม่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Development and Silk Product of Thai Silkworm (*Bombyx mori* L.) Fed on Japaness Artificial Diet.

By : Mr. Kitipong Jumnongnarinrak

Degree : Bachelor of Science (Agriculture)

Major : Plant Pest Management Technology

Advisor : ..... 20 May 2008.

(Assist.Prof.Dr.Ammorn Insung)

Abstract

The biology of silkworm (*Bombyx mori* L.) Nang-Lai variety reared on Japaness artificial diet (commercial artificial diet) during young larval stage was investigated and compared with mulberry. It was found that the silkworm reared with commercial artificial diet showed food acceptance at 12 and 24 hours of 100.00 and 100.00 percent, respectively. The survival rates of 1st and 4th instar larvae were 92.49 and 86.72 percent and the weights of 3rd and 5th instar larvae were 0.41 and 1.58 g, respectively. The weight of pupa with cocoon was 1.23 g, the weight of cocoon was 0.16 g and cocoon percentage was 13.01 percent. The larvae reared on this artificial diet showed similar result to those reared on mulberry leaves which showed food acceptance at 12 and 24 hours of 100.00 and 100.00 percent, respectively. The survival rates of 1st and 4th instar larvae were 98.89 and 95.79 percent and the weights of 3rd and 5th instar larvae were 0.38 and 1.45 g, respectively. The weight of pupa with cocoon was 1.13 g, the weight of cocoon was 0.13 g and cocoon percentages was 12.02 percent. It could be indicated that larvae reared on commercial artificial diet showed better result than that of reared on mulberry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษปริญญาตรีฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยมี ผศ.ดร.อำมร อินทร์สังข์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ซึ่งได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ และประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ความเมตตา กรุณา ของอาจารย์ที่มีต่อข้าพเจ้ามา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการปฏิบัติงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณรุ่นพี่ปริญญาโท สาขากีฏวิทยาและสิ่งแวดล้อม พี่เกรียงไกร จีระกุล และพี่พรพิมล รักษาพล ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ และขอขอบคุณพี่วนิดา สุวรรณสิทธิ์ นักวิชาการเกษตร 6 ว. และพี่ๆ ณ. ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติชุมพร จ.ชุมพร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลองและให้คำแนะนำต่างในการเลี้ยงไหม จนสามารถทำงานได้อย่างสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณทุกท่านจากใจ และสุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอ และให้ความรักความสนุกด้วยกัน ตลอด 4 ปีที่ผ่านมาที่ศึกษาอยู่ ณ สถาบันแห่งนี้ ข้าพเจ้าซาบซึ้งใจและมีความสุขยิ่งนัก

ขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดย รศ.ดร.อมรรัตน์ พรหมบุญ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติมิตร อย่างสุดซึ้งที่คอยเป็นกำลังใจ ดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้า เลี้ยงดูข้าพเจ้าให้ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน เสมอมายังผลทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

นายกิติพงษ์ จำนงนรินทร์รักษ์

เมษายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ii
คำนิยม.....iv
สารบัญ.....v
สารบัญตาราง.....vi
สารบัญภาพ.....viii
คำนำ.....1
วัตถุประสงค์.....2
การตรวจเอกสาร.....3
อุปกรณ์และวิธีการ.....26
ผลการทดลอง.....28
วิจารณ์ผลการทดลอง.....33
สรุปผลการทดลอง.....34
เอกสารอ้างอิง.....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสารอาหารในใบหม่อน.....13
ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางลายที่เลี้ยงบนอาหารเทียม
และใบหม่อนในวัยอ่อน.....28
ตารางที่ 3 อายุของหนอนไหมวัย 1-3 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อน.....30
ตารางที่ 4 น้ำหนักของหนอนไหมวัยที่ 3 และ 5 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน.....30
ตารางที่ 5 น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังของเพศผู้และเพศเมีย
ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของไหม.....7
ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางลายที่เลี้ยงบนอาหารเทียม และใบหม่อนในวัยอ่อน.....29
ภาพที่ 3 น้ำหนักตัวของหนอนไหมพันธุ์นางลายวัยที่ 1-3 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและ ใบหม่อนในวัยอ่อน.....31
ภาพที่ 4 ผลผลิตรังไหมของหนอนไหมที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

หนอนไหม (*Bombyx mori* L.) เป็นแมลงเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่นิยมเลี้ยงกันมากทั้งในและต่างประเทศ โดยเส้นใยที่หนอนไหมผลิตออกมานั้นเป็นวัตถุดิบในการทอผ้าเพื่อทำเป็นเครื่องแต่งกายที่นิยมสวมใส่ อีกทั้งส่วนอื่นๆของหนอนไหมที่เหลือจากการนำเส้นใยออก เช่น ดักแด้ สามารถนำมาแปรรูปทำเป็นอาหารรับประทานได้อีกด้วย ดังนั้นการเลี้ยงหนอนไหมจึงให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างสูง แต่เนื่องจากหนอนไหมนั้นมีพืชอาหารเป็นใบหม่อนเพียงอย่างเดียว ผู้เลี้ยงจึงประสบกับปัญหาบางประการในการเลี้ยง เช่น ในช่วงฤดูหนาวหม่อนมีการพักตัว ทำให้ขาดแคลนใบหม่อนโดยเฉพาะหม่อนพันธุ์น้อย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก หรือใบบางพื้นที่มีปัญหาขาดแคลนน้ำ และคุณภาพของใบหม่อนอาจจะทำให้เกิดโรคในหนอนไหมได้ ดังนั้นอาหารเทียมจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้เลี้ยง ซึ่งอาหารจะเป็นการทดแทนใบหม่อนในช่วงใบหม่อนขาดแคลนและยังสามารถลดปัญหาการเกิดโรคในหนอนไหมได้ ซึ่งหนอนไหมวัย 1-3 จะเป็นวัยที่อ่อนแอต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจจะติดโรคได้ง่าย

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตเส้นไหมของหนอนไหม โดยจะใช้อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นที่ผลิตเป็นการค้า ในการเลี้ยงในสภาพจริง ณ.ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติชุมพร จ.ชุมพร เพื่อเป็นข้อมูลในการที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบพัฒนาอาหารเทียมสูตรอื่นๆต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาลักษณะและชีววิทยาของหนอนไหมพันธุ์นางลายที่เลี้ยงในสภาพจริง โดยใช้อาหารเทียมสูตรปรับปรุงและอาหารเทียมสูตรที่เป็นการค้า (สูตรญี่ปุ่น) และอาหารธรรมชาติ (ใบหม่อน) ในวัยอ่อน

2.เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาอาหารสูตรอื่นๆต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ไหมเป็นสัตว์อยู่ใน Phylum Arthropoda มีการเจริญเติบโตเป็นแบบ complete metamorphosis คือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแต่ละขั้นตอนของการเจริญเติบโต แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สำหรับลำดับการจัดหมวดหมู่ของไหมมีดังนี้

Kingdom - Animalia

Phylum - Arthropoda

Class - Hexapoda or Insecta

Subclass - Pterygota

Division - Endopterygota

Order - Lepidoptera

Family – Bombycidae

Genus - *Bombyx*

Species - *mori*

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Bombyx mori* Linn.

ผีเสื้อที่อยู่ในวงศ์ Bombycidae นี้มีลักษณะพิเศษประจำวงศ์ที่สำคัญคือ ตัวหนอน (larvae) จะพ่นเส้นใย เพื่อใช้ในการทำรังห่อหุ้มตัวของมันเอง แล้วลอกคราบกลายเป็นดักแด้ (pupae) อยู่ภายในรังนั้น

พันธุ์ไหม

พันธุ์ไหมเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อการเลี้ยงไหมให้ประสบความสำเร็จ เพราะหากเกษตรกรใช้พันธุ์ไหมที่ดี มีคุณภาพก็สามารถจะเพิ่มผลผลิตรังไหมและเส้นไหมของเกษตรกรได้ พันธุ์ไหมที่ส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงในปัจจุบันจำแนกตามพันธุ์ไหมที่เกษตรกรเลี้ยงได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ (รุจิพร, 2548)

1. ไหมพันธุ์ไทย หมายถึง ไหมพันธุ์พื้นเมือง ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยเป็นพวกที่สามารถฟักออกตลอดปี มีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี รังไหมมีขนาดเล็ก ลักษณะยาวรีส่วนใหญ่จะมีสีเหลือง สีจำปา รังไหมมีขี้ไหมมาก เปอร์เซ็นต์เปลือกรังต่ำ เส้นใยสั้นไม่สามารถสาวด้วยเครื่องจักรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ที่แนะนำส่งเสริม ได้แก่ พันธุ์นางน้อย และพันธุ์นางลาย พันธุ์เหล่านี้เลี้ยงเพื่อสาวเป็นเส้นพุ่งด้วยเครื่องสาวแบบพื้นบ้าน

2. ไหมพันธุ์ไทยลูกผสม หมายถึง พันธุ์ไหมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ไทยกับพันธุ์ต่างประเทศ (จีน/ญี่ปุ่น) รังไหมสีเหลือง ขนาดรังใหญ่กว่าพันธุ์ไทย ให้ผลผลิตรังไหมสูงกว่าแต่ต้านทานต่อสภาพแวดล้อมน้อยกว่าพันธุ์ไทย พันธุ์ที่ส่งเสริมได้แก่ พันธุ์ กสก.2 กสก.6 และดอกบัว

3. ไหมพันธุ์ผสมต่างประเทศ หมายถึง พันธุ์ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ต่างประเทศ สายพันธุ์จีนกับสายพันธุ์ญี่ปุ่น รังไหมสีขาว ขนาดรังใหญ่เปอร์เซ็นต์เปลือกรังสูง ความยาวของเส้นไหมเฉลี่ยต่อรังมากกว่า 1,000 เมตร เหมาะในการสาวด้วยเครื่องจักรโดยสาวเป็นเส้นยืน พันธุ์ที่ส่งเสริมได้แก่ กสก.1 และ กสก.5

ชีพจักรและการเจริญเติบโต

ชีพจักรของไหม แบ่งออกเป็นขั้นตอนสำคัญได้ 4 ขั้นคือ (ชำนาญ, 2546)

1. ระยะที่เป็นไข่ (eggs) ในระยะนี้จะใช้เวลามากน้อยแตกต่างกันไปตามพันธุ์ กล่าวคือถ้าเป็นไหมพวกที่ฟักออกหลายครั้งต่อปีตามธรรมชาติ (polyvoltine) ช่วงเวลาที่แม่ไหมวางไข่จนถึงตัวอ่อนฟักออกจากไข่ก็จะใช้เวลา 9-12 วัน แต่ถ้าเป็นไหมพวกที่ฟักออก 1-2 ครั้งในรอบปี (univoltine or bivoltine) และในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติเดิมของไหม แล้วจะใช้เวลาในช่วงดังกล่าว 4-10 เดือน

2. ระยะที่เป็นตัวหนอน (larvae) ระยะนี้เป็นระยะที่ใช้เวลามากที่สุดในชีพจักรของไหมและมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางขนาดและน้ำหนักมากที่สุด กล่าวคือหนอนไหมโตเต็มที่จะมีน้ำหนักเป็น 10,000 เท่า ของไหมที่ฟักตัวออกจากไข่ใหม่ๆ หนอนไหมมีการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก เมื่อเจริญเติบโตไปได้ระยะหนึ่งผิวหนังซึ่งมีขีดจำกัดการขยายตัว เนื่องจากประกอบด้วยสาร chitin ก็ไม่สามารถที่จะขยายตัวออกอีกต่อไป หนอนไหมจึงต้องมีการลอกคราบเพื่อเพิ่มขนาดลำตัวขึ้นไปอีกหนอนไหมโดยทั่วไปจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง

2.1 หนอนไหมที่ฟักออกจากไข่ใหม่ๆ (new-born larvae) หนอนไหมที่ฟักออกใหม่ๆจะมีลำตัวเป็นสีดำหรือสีน้ำตาลไหม้ ทั้งนี้ เนื่องจากมีขน (bristle) ปกคลุมอย่างหนาแน่น ขนนี้จะค่อยๆ บางลงเนื่องด้วยผิวหนังมีการขยายตัว หลังจากที่ออกจากไข่และกินอาหารเต็มที่ประมาณ 3-4 วัน ก็จะหยุดกินอาหารเตรียมตัวลอกคราบ

2.2 การลอกคราบ (moulting) การเจริญเติบโตของหนอนไหมจะได้รับอิทธิพลจากฮอร์โมน ซึ่งได้จาก corpus alata และเมื่อมีการเจริญเติบโตถึงจุดหนึ่ง ซึ่งผิวหนังไม่สามารถขยายตัวได้อีกต่อไป ฮอร์โมนจาก corpus alata ก็จะหยุดทำงานและในขณะเดียวกันนี้ ฮอร์โมนจาก prothoracic gland จะเริ่มมีบทบาทกำหนดให้ไหมทำการลอกคราบ ในการลอกคราบของหนอนไหม ต่อม exuvial ซึ่งอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณโคนของขาส่วนอก จะผลิตของเหลวออกมาช่วยให้การลอกคราบเป็นไปได้ง่าย นอกจากนี้ก่อนจะมีการลอกคราบ mulpighian tube ก็จะสร้างสารลักษณะคล้ายแป้งออกมาแทรกซึมอยู่ระหว่างผิวหนังเก่าและใหม่อีกด้วย

การลอกคราบในระยะที่เป็นตัวหนอน จะกระทำซ้ำอยู่เช่นนี้จนครบ 4 ครั้ง ซึ่งจะทำให้เกิดไหมวัย 1 (จากระยะที่ออกจากไข่จนถึงลอกคราบครั้งที่ 1) วัย 2,3,4 และ 5 ตามลำดับ

2.3 ไหมสุก (mature larvae) ในระยะปลายของวัย 5 ไหมจะหยุดกินอาหาร ลำตัวค่อนข้างโปร่งใส และคลานหาสถานที่เหมาะสมต่อการทำรัง ในระยะนี้เรียกว่าไหมสุก ช่วงเวลาจากระยะฟักตัวออกจากไข่จนถึงระยะไหมสุกนี้จะใช้เวลา 20-25 วัน เมื่อได้ที่เหมาะสมแล้วก็จะเริ่มลงมือทำรัง โดยในตอนแรกเส้นใยที่คายออกมาทำรังจะเป็นตัวหยุดอยู่กับสิ่งต่างๆ และในตอนนี้ไหมจะทำการถ่ายมูลครั้งสุดท้ายโดยไม่เปรอะเปื้อนรังส่วนนอกของมันเลย หลังจากนั้นไหมก็จะเริ่มทำรังส่วนในซึ่งถือว่าเป็นรังแท้ ไหมจะทำรังเสร็จหลังจากเริ่มทำรังแล้ว 2-3 วัน เมื่อทำรังเสร็จแล้วอีก 1-2 วัน หนอนไหมจะลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรัง อันเป็นการสิ้นสุดสภาพของการเป็นตัวหนอน

3. ระยะที่เป็นดักแด้ (pupae) หลังจากหนอนไหมลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรังแล้วดักแด้นี้จะนอนอยู่ในรังเฉยๆ จนกระทั่งอีก 6-7 วัน หลังจากที่ลอกคราบเปลี่ยนสภาพจากตัวหนอนดักแด้ก็จะลอกคราบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมักจะเป็นเวลาเช้ากลายเป็นผีเสื้อ (moths)

4. ระยะที่เป็นผีเสื้อ (moths) เมื่อดักแด้ได้ลอกคราบกลายเป็นผีเสื้ออยู่ภายในรังแล้ว ผีเสื้อจะพ่นน้ำลายซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง เพื่อละลายรังไหมแล้วดันตัวเองออกสู่ภายนอก หลังจากที่ได้ออกมาจากรังแล้วพักอยู่สักครู่หนึ่งตัวของผีเสื้อจะแห้ง ปีกจะกางออกพร้อมที่จะทำการผสมพันธุ์ และวางไข่ต่อไป หลังจากที่เปลี่ยนสภาพไปเป็นผีเสื้อออกมาสู่ภายนอกแล้ว 7-9 วัน ผีเสื้อเหล่านี้ก็จะตาย

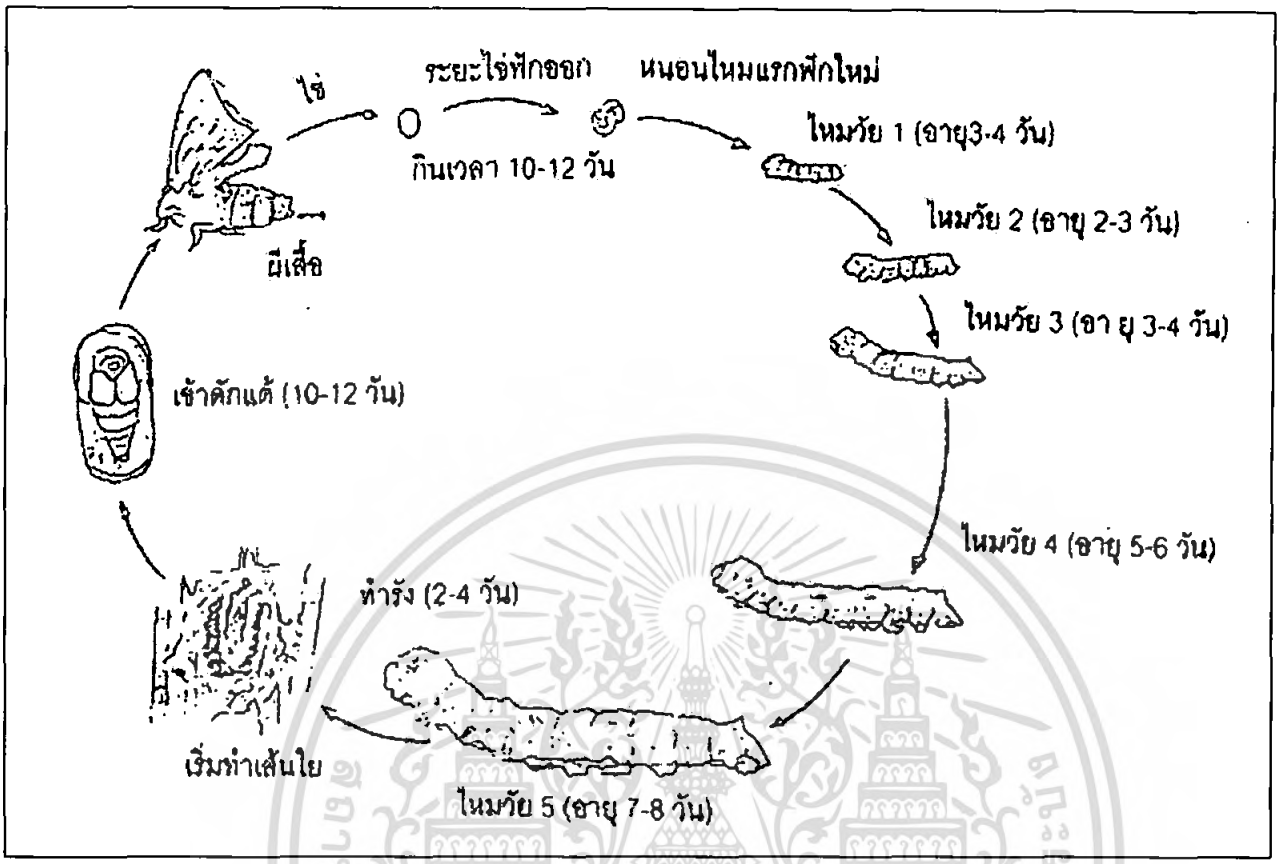
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชีวิตของไหม

ระยะไข่	10-12 วัน
ระยะตัวหนอน (5วัย)	20-25 วัน
ไหมวัย 1	3-4 วัน
ไหมวัย 2	2-3 วัน
ไหมวัย 3	3-4 วัน
ไหมวัย 4	5-6 วัน
ไหมวัย 5	7-8 วัน
ระยะทำรัง	2-4 วัน
ระยะดักแด้	10-12 วัน
ระยะผีเสื้อ	3 -4 วัน

วงจรชีวิตของไหม (ภาพที่ 1) เริ่มต้นตั้งแต่แม่ผีเสื้อวางไข่ หลังจากวางไข่แล้วประมาณ 10-12 วัน ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนในไข่ไหมชนิดฟักออกธรรมชาติ สำหรับไข่ไหมชนิดฟักออกปีละครั้งจะต้องนำออกมาฟักเทียม เมื่อไข่ฟักออกเป็นตัวหนอน ตัวหนอนจะเริ่มต้นกินใบหม่อน ซึ่งตัวหนอนจะมี 5 วัย ใช้เวลาประมาณ 20-25 วัน จากนั้นหนอนไหมจะเริ่มสุก และทำรังห่อหุ้มตัวเอง หนอนไหมจะทำรังเสร็จภายใน 2-4 วัน เมื่อทำรังเสร็จจะกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรังไหมประมาณ 10-12 วัน ก็กลายเป็นผีเสื้อเจาะทะลุรังออกมา หลังจากนั้นผีเสื้อผสมพันธุ์ ตัวเต็มวัยจะเริ่มวางไข่ทันที หลังจากวางไข่เสร็จแล้ว 2-3 วัน จะตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของไหม (สุทธิ, 2545)

สัณฐานวิทยาภายนอกของไหมในระยะที่เป็นหนอน

หนอนไหมมีส่วนประกอบภายนอกและภายในดังนี้

1. หนอนไหมประกอบด้วยส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) นอกจากนี้ ผิวหนังของหนอนไหมประกอบด้วย chitin ซึ่งเป็นสารประกอบพวกแคลเซียม หนอนไหมมีรูหายใจอยู่ข้างลำตัวมีลักษณะบ่งชี้เพศอยู่ทางด้านท้อง (ชำนาญ, 2546)

1.1 ส่วนหัว (head) หัวของไหมเป็นสีน้ำตาลปนดำ ประกอบด้วยปากซึ่งมี labrum, mandibles, maxillae และ labium นอกจากนี้ยังมีหนวด (antenna) สั้นๆ ท่อคล้ายเส้นไหม (spinneret) และตาซึ่งเป็นตาเดี่ยว (ocelli) มีอยู่ 6 คู่ โดยอยู่ทางด้านข้างของส่วนหัว

จากส่วนหัวจะเป็นส่วนลำตัวของหนอนไหม ประกอบไปด้วยปล้อง 14 ปล้องติดต่อกันโดย 3 ปล้องแรกเป็นส่วนอก (thorax) และอีก 11 ปล้องต่อมาเป็นส่วนท้อง (abdomen) ส่วนลำตัวของหนอนไหมนี้จะมีขน bristle ปกคลุมอยู่โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ส่วนอก (thorax) ซึ่งประกอบไปด้วยปล้อง 3 ปล้อง แต่ละปล้องมีขาแท้อยู่ปล้องละ 1 คู่ ดังนั้นส่วนอกซึ่งมีขาแท้อยู่ 3 คู่ (thoracic legs)

1.3 ส่วนท้อง (abdomen) ส่วนท้องประกอบด้วยปล้อง 11 ปล้อง และเริ่มจากปล้องท้องที่ 3 จนถึงปล้องท้องที่ 6 แต่ละปล้องจะมีขาของส่วนท้อง (abdominal legs) อยู่ 1 คู่ ดังนั้นส่วนท้องจึงมีขาอยู่ 4 คู่ ขาของส่วนท้องนี้ไม่แบ่งออกเป็นปล้องแต่มีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อตอนปลายขามีลักษณะคล้ายๆ ถ้วย และมีแผ่น chitin สีคล้ำๆ อยู่ตามขอบในลักษณะครึ่งวงกลมภายในอุ้งเท้าจะประกอบด้วยขน ซึ่งมีลักษณะคล้ายตะขออยู่หนาแน่น ขนนี้ใช้ประโยชน์ในการเกาะยึดกับพื้นที่

ส่วนปลายสุดของลำตัวมีอวัยวะลักษณะเป็นกล้ามเนื้อ และมีส่วนประกอบเช่นเดียวกับขาของส่วนท้องอยู่ 1 คู่ ซึ่งเรียกว่า ขาส่วนท้ายของลำตัว (caudual legs)

1.4 ผิวหนัง (body wall) ผิวหนังของหนอนไหมประกอบด้วยผิวชั้นนอกหรือหนังกำพร้า (cuticle) และหนังแท้ (hypodermis) ในส่วนของหนังกำพร้ายังแบ่งออกเป็น primary และ secondary cuticle สาร chitin ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผิวหนังหนอนไหมจะอยู่ในชั้นของหนังกำพร้านี้เอง ในชั้นของ primary cuticle จะมีสารขี้ผึ้งเคลือบอยู่บางๆ และมีปุ่ม (nodules) กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพันธุ์ไหม ซึ่งหากพันธุ์ใดมีผิวหนังเป็นมัน เช่น ไหมสายเลือดจีน และไหมพวกที่ฟักออกหลายครั้งต่อปีจะมีปุ่มดังกล่าวอยู่น้อย ปุ่มดังกล่าวนี้จะมีมากตามบริเวณแต้มหรือจุด (marking or spots) สารที่ทำให้เกิดสีจะอยู่บนชั้น primarycuticle และในส่วนของหนังแท้เท่านั้นไม่ปรากฏใน secondary cuticle

หนังแท้ที่อยู่ถัดจากหนังกำพร้าลงไป ประกอบด้วยเซลล์ซึ่งมีต่อมเล็กๆ อันประกอบด้วย กรดยูริก และสาร pterin ซึ่งสารทั้งสองนี้จะทำให้เกิดลักษณะคล้ายๆ กับผิวหนังแตกในไหม พวกที่มีผิวหนังเป็นมันจะมีต่อมเหล่านี้อยู่เป็นจำนวนมากต่อมเหล่านี้สลายตัวไปเมื่อไหมสุก (matured larvae) สาร chitin ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผิวหนังนั้น ยังพบว่ามีกระจายอยู่ตามบริเวณส่วนหัว และตามบริเวณช่องปากตลอดไปจนถึงลำไส้ตอนต้น และตอนปลายอีกด้วย

1.5 รูหายใจ (spiracles) หนอนไหมใช้รูหายใจเป็นอวัยวะสำหรับหายใจ รูหายใจนี้อยู่ด้านข้างลำตัวหนอนไหมทั้ง 2 ข้าง เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นเป็นจุดสีดำๆ รูหายใจมีทั้งหมด 9 คู่ โดยรูหายใจคู่แรกอยู่ที่ปล้องที่ 1 ของส่วนนอกนั้นจะมี chitin ring ยื่นออกมา สำหรับรูหายใจคู่ต่อมาจะอยู่ที่ปล้องที่ 1-8 ของส่วนท้อง รูหายใจของปล้องส่วนท้องจะมีขนาดเล็กที่สุดในปล้องท้องแรกและจะมีขนาดโตขึ้นตามลำดับของปล้องท้อง ปากช่องของรูหายใจนี้จะถูกปิดไว้ด้วยเนื้อเยื่อบางๆ เรียกว่า sieve plate

1.6 ลักษณะบ่งชี้เพศ ลักษณะบ่งชี้เพศจะปรากฏชัดเจนเมื่อหนอนไหมอยู่ในระยะวัย 4-5 ลักษณะเพศเมียจะปรากฏที่ส่วนล่างของปล้องท้องที่ 8-9 โดยจะมีจุดขาวคล้ายสีน้ำนมอยู่ 2 คู่ อยู่ที่ส่วนด้านล่างปล้องท้องที่ 8 และ 9 ปล้องละ 1 คู่ ซึ่งจุดทั้งสองคู่นี้มีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า Ishiwata's fore and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hind glands ส่วนในเพศผู้ลักษณะบ่งชี้เพศจะปรากฏเป็นจุดสีขาวน้ำนมเพียงหนึ่งจุดอยู่ทางด้านล่างของปล้องท้อง ระหว่างปล้องท้องที่ 8 กับปล้องท้องที่ 9 จุดดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า Herold's gland.

2. ส่วนประกอบภายในของหนอนไหม หนอนไหมมีส่วนประกอบภายในที่สำคัญคือ

2.1 ท่อทางเดินอาหาร (alimentary canal) ท่อทางเดินอาหารแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

ลำไส้ตอนต้น (fore intestine) นับจากช่องปาก (oral cavity) คอหอย (pharynx) หลอดอาหาร (oesophagus) และไปสิ้นสุดที่ cardiac valve ภายในช่องปากจะมีต่อมน้ำลายสีเหลืองผลิตน้ำลายมีฤทธิ์เป็นด่างประกอบด้วย diastasic enzyme หรือ amylase ที่ส่วน pharynx จะมีกล้ามเนื้อ 1 คู่ คอยบีบตัวส่งอาหารจากคอหอยเข้าไปสู่หลอดอาหาร อาหารที่เข้าสู่หลอดอาหารแล้วนี้จะถูกเก็บกักไว้ ณ ส่วนนี้ระยะหนึ่ง โดยอวัยวะที่เรียกว่า cardiac valve

ลำไส้ตอนกลาง (mid intestine) เป็นส่วนที่ใหญ่ที่สุดของท่อทางเดินอาหาร อยู่ระหว่างปล้องที่ 2 ถึงปล้องที่ 9

ลำไส้ตอนปลาย (hind intestine) ลำไส้ส่วนนี้ต่อจากส่วนกลาง เป็นส่วนที่จะออกสู่ทวารหนัก ประกอบด้วยลำไส้เล็ก (mid intestine) colon rectum และทวารหนัก (anus)

จุดที่ลำไส้ส่วนปลายต่อกับลำไส้เล็กนั้นมี pylorus valve คอยปิด-เปิด รับอาหารที่จะเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้เล็ก

2.2 ต่อมสร้างเส้นไหม (silk gland) ต่อมสร้างเส้นไหมมีอยู่ 1 คู่ แต่ละข้างแบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนหน้าผลิตสาร fibroin ตอนกลางผลิต fibroin และ sericin ส่วนตอนปลายผลิตเฉพาะ sericin ซึ่งในเส้นใยไหมจะประกอบด้วย sericin 20-30% และ fibroin 70-80%

Sericin มีส่วนประกอบดังนี้

Glysin	42.8%
Alanin	72.4%
Serin	14.7%
Chirosin	11.8%

และสารอื่นๆ อีก 14 ชนิด

Fibroin มีส่วนประกอบดังนี้

Serin	30.1%
Sleomin	9.5%
Asporagin (acid)	16.8%
Glutamin (acid)	10.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ เช่น

Alugin, Histizin, Rigin

ต่อมสร้างเส้นไหมที่มีขนาดโตขึ้น ก็จะเข้าไปดันท่อทางเดินอาหารให้ไปอยู่ทางส่วนท้ายของลำตัวหนอนไหม เส้นไหมถือได้ว่ามิใช่โปรตีนที่มาจากใบหม่อนโดยตรง แต่เป็นโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงมาจากร่างกายของหนอนไหมเอง ต่อมสร้างเส้นไหมจะส่งสารที่อยู่ในรูปของเหลวไปยังท่อคายเส้นไหม จากนั้นหนอนไหมก็จะเริ่มคายเส้นไหมออกทำรังต่อไป ซึ่งในระยะนี้ของเหลวที่ถูกส่งมาจากต่อมสร้างเส้นไหมจะแข็งตัวกลายเป็นเส้นใย และเป็นรูปรังในที่สุด จากการที่หนอนไหมสร้างรังขึ้นมานี้โดยเหตุผลทางนิเวศน์วิทยา ถือว่าเป็นการป้องกันตัวของมันเองในระยะที่กลายเป็นดักแด้ ซึ่งเคลื่อนไหวไปมาไม่ได้

ในการทำรังของหนอนไหม หนอนไหมจะพ่นใยออกมาเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. พ่นใยลักษณะตัวเอส (S type) การพ่นใยลักษณะนี้มักจะพ่นออกมาในช่วงการสร้างรังระยะแรก ส่วนนอกของรังไหม ซึ่งถ้ารังไหมมีการเรียงตัวของเส้นใยในลักษณะนี้จะสาวไหมง่าย

ข. พ่นใยลักษณะเลขแปด (8 type) การพ่นใยลักษณะนี้ พบว่าช่วงตอนในของรังไหม ซึ่งมักจะสาวยาก จากการสังเกตพบว่ารังไหมส่วนในจะเส้นเล็ก ขาดบ่อย ทั้งนี้เพราะการทับกันของเส้นไหมมีลักษณะเป็นเลข 8 ดังกล่าว

ภายในเปลือกรังไหมรังหนึ่งๆ มีรูเล็กๆ ที่เป็นทางผ่านของอากาศ และน้ำอยู่ถึง 50,0000-60,0000 รู

2.3 อวัยวะที่ใช้ในการไหลเวียนโลหิต (circular organ)

การไหลเวียนของโลหิตภายในตัวไหม เกิดจากการบีบตัวโดยอัตโนมัติของปลายเส้นเลือดที่มีอยู่ทางตอนปลายของลำตัว เส้นเลือดนี้จะวางพาดอยู่ทางด้านบน (dorsal) ของลำตัว มีรูปร่างเป็นท่อยาว (dorsal vessel) มีช่องเปิดทางปลายหัว และมี ostia เป็นคู่ๆ อยู่บนปล้องที่ 2 ตลอดไปจนถึงปล้องที่ 12 โลหิตของไหมจะไหลเข้าทาง ostia ของปล้องที่ 1 หรือ 2 ส่วนล่างของ dorsal vessel และไหลออกทาง ostia ทางด้านของปล้องที่ 1 หรือ 2 เช่นกัน การไหลเวียนของโลหิตจะไหลผ่านไปยังเนื้อเยื่อทั้งหมดของลำตัว

โลหิตของไหมประกอบไปด้วย blood corpuscles สำหรับ blood corpuscles ยังจำแนกออกเป็น proleucocyte, phagocyte globulated-leucocyte และ oenocytoide ซึ่งมีในระยะที่เป็นตัวหนอน แต่จะไม่พบในดักแด้ น้ำในเลือดมี 90-95% ซึ่งจะสูงสุดในระยะวัย 4 และจะต่ำลงเมื่อไหมสุก ทั้งนี้ก็เนื่องด้วยมีการเปลี่ยนแปลง (physiological change) เกิดขึ้นในกระแสโลหิต enzyme ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ เช่น tyrosinase, catalase, amylase, oxidase และ maltase เป็นต้น การเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนมากซึ่งเข้าใจว่าเป็นผลจากการเจริญเติบโตของไหมเอง และอิทธิพลของฤดูกาลมาประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 อวัยวะที่ใช้ในการหายใจ (respiratory organ)

ภายในรูหายใจต่ำจาก sieve plate ลงไปจะมีเยื่อบางๆ 2 ชิ้น ซึ่งเคลื่อนไหวได้ต่อจากเยื่อบางนี้จะมีช่องต่อกับท่ออากาศ (tracheae) ขนาดใหญ่หลายเส้น ท่ออากาศเหล่านี้ท่อหนึ่งจะไปด้านหน้าติดกับปล้องของลำตัว และจะมีท่อหนึ่งไปทางด้านหลัง เพื่อไปเชื่อมกับรูหายใจของปล้องถัดไป ส่วนท่ออากาศอื่นๆ ก็จะติดกับเนื้อเยื่อต่างๆ การหายใจของไหมจะหายใจผ่านท่ออากาศเหล่านี้

2.5 อวัยวะที่ใช้ในการขับถ่าย

Malpighian tube เป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการขับถ่ายของเหลวของไหม นอกจากจะช่วยในการขับถ่ายของเหลวแล้ว Malpighian tube ยังมีส่วนช่วยในการลอกคราบ โดยเป็นตัวผลิตสารสีเหลืองคล้ายแป้ง ให้ไปแทรกซึมอยู่ระหว่างผิวหนังเก่ากับใหม่ ในระยะที่จะมีการลอกคราบสารดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของ calcium oxalate, vitamin B_2 กรดยูริก ซึ่งได้มาจากการเผาผลาญไนโตรเจน (nitrogen metabolism)

2.6 ไขมัน (fat body)

มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อขาวๆอยู่ใต้ผิวหนังโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นแผ่นบางแต่ละเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน glucogen และสารชนิดอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับขบวนการเผาผลาญ (metabolism process)

2.7 กล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว

ตัวหนอนไหมประกอบด้วยกล้ามเนื้อมากมายหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นการเดิน การคายเส้นไหม ทำรัง ฯลฯ ล้วนแต่เป็นผลที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสิ้น

2.8 อวัยวะเพศ (sexual organ)

ในระยะที่เป็นตัวหนอน อวัยวะเพศไม่มีการพัฒนามากนัก อวัยวะเพศจะเริ่มพัฒนาอย่างเห็นได้ชัดในระยะที่เป็นดักแด้

2.8.1 อวัยวะเพศผู้ ประกอบด้วยอัณฑะ (testis) 2 ข้าง มีลักษณะคล้ายไตอยู่ใต้ผิวหนังปล้องที่ 8 ภายในแต่ละข้างแบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่ละข้างดังกล่าวติดต่อกับ Herold gland ซึ่งอยู่ตรงส่วนกลางของช่องท้อง

2.8.2 อวัยวะเพศเมีย ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ในลักษณะสี่เหลี่ยมคางหมู ขนาดเล็กกว่าอัณฑะในเพศผู้ มีอยู่ 2 ข้าง และอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกันกับอัณฑะ ภายในรังไข่แต่ละอันแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งต่อไปจะพัฒนาไปเป็นท่อไข่ จากส่วนยอดของรังไข่แต่ละข้างจะมีแผ่นบางๆติดต่อกับ Ishiwata's glands ในปล้องที่ 10 และ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศัตรูไหมที่สำคัญและการป้องกันกำจัด

1. โรคมัสคาดินและโรคแอสเปอร์จิลลัส

เกิดจากเชื้อราเข้าทำลายหนอนไหม ป้องกันกำจัดโดยทำความสะอาดอุปกรณ์และฉีดพ่นฟอร์มาลีน 3% ก่อนและหลังการเลี้ยงไหม แยกหนอนไหมที่มีอาการผิดปกติออกทำลายโรยสารเคมีจำพวกฟอร์มาดีไฮด์ป้องกันเชื้อราบนตัวหนอนไหมตามคำแนะนำ

2. โรคเพบริน

เกิดจากเชื้อโปรโตซัว ติดต่อโดยการถ่ายทอดจากแม่ผีเสื้อที่เป็นโรค ป้องกันกำจัดโดยตรวจโรคแม่ผีเสื้อที่วางไข่ ถ้าพบโรคให้ทำลายไข่ไหมทันที ฉีดพ่นอุปกรณ์และโรงเลี้ยงด้วยฟอร์มาลีน 3% ก่อนและหลังการเลี้ยงไหมทุกครั้ง

3. แมลงวันลาย มด และจิ้งจก ควรทำห้องเลี้ยงไหมให้สามารถป้องกันศัตรูเหล่านี้ได้

หม่อน

หม่อนเป็นพืชยืนต้นประเภทไม้พุ่ม เนื้ออ่อน เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่นปลายใบแหลม ขอบใบอาจหยักเว้ามาก คล้ายใบมะละกอ หรือหยักน้อยคล้ายใบโพธิ์ บางชนิดมีขนเล็กใต้ใบ ลำต้นมีลักษณะกลม ผิวลำต้นเรียบ ไม่มีหนาม มียางสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม บางพันธุ์ติดผลดกและโตรับประทานได้คล้ายผลสตรอเบอร์รี่ ต้นหม่อนที่ได้รับการบำรุงรักษาโดยถูกต้องอาจมีอายุยืนให้ปริมาณใบมากถึง 25 ปี ในสมัยโบราณหม่อนเป็นพืชที่ขึ้นได้เองตามธรรมชาติ แต่เมื่อมีการเลี้ยงไหมกันมากขึ้นต้องนำมาปลูกเพื่อให้ได้ใบมากพอแก่ความต้องการ

ตามธรรมชาติหม่อนมีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกัน บางพันธุ์มนุษย์ผสมพันธุ์ขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ได้พันธุ์ซึ่งมีใบใหญ่และข้อถี่ พันธุ์หม่อนที่ปลูกกันมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีไม่น้อยกว่า 20 พันธุ์ เช่น หม่อนน้อย หม่อนตาดำ หม่อนจาก หม่อนมี่ หม่อนไผ่ หม่อนส้ม หม่อนส้มใหญ่ หม่อนสร้อย หม่อนใบโพธิ์ หม่อนแก้วชนบท หม่อนแก้วอุบล หม่อนหยวก หม่อนแม่ลูกอ่อน หม่อนใบมน หม่อนจระเข้ หม่อนสา หม่อนใหญ่บุรีรัมย์ หม่อนตาแดง หม่อนแก้วสตึก ฯลฯ

ส่วนพันธุ์หม่อนที่ทางราชการส่งเสริมให้ปลูก ได้แก่ หม่อนน้อยและหม่อนตาดำ เพราะเป็นพันธุ์ที่มีใบใหญ่ ไม่มีแฉก หรือมีแฉกน้อยมาก ให้ผลผลิตสูง โตเร็ว สามารถนำไปปลูกได้ดีในท้องที่แทบทุกแห่ง บางพันธุ์มีลักษณะใบเป็นแฉกๆมาก เนื้อใบน้อย ผลผลิตใบต่ำ แต่ก็สามารถทนทานต่อโรครากเน่าได้ดีกว่าพันธุ์หม่อนน้อย ซึ่งได้แก่พันธุ์หม่อนไผ่ หม่อนส้ม และหม่อนส้มใหญ่ เป็นต้น
(สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสำคัญของคุณค่าอาหารต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหม

หนอนไหมเป็นแมลงที่กินใบหม่อนเพียงอย่างเดียวเป็นอาหาร (Horie and Watanabe, 1980 : Chauhan and Singh, 1992) ดังนั้น คุณภาพของใบหม่อนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคของไหม โดยเฉพาะส่วนประกอบของสารอาหาร ภายในใบหม่อนซึ่งเป็นตัวให้สารอาหารแก่หนอนไหมนั้น จะมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์หม่อน ฤดูกาล อุณหภูมิ ความยาวของแสง ธาตุอาหารในดิน ชนิดปุ๋ย ระดับน้ำใต้ดินและวิธีการเลี้ยง เป็นต้น (Ito and Kobayashi, 1975) ดังนั้นในการนำใบหม่อนไปเลี้ยงหนอนไหมควรเลือกใช้ใบหม่อนให้เหมาะสมกับอายุหรือวัยของหนอนไหม เนื่องจากใบหม่อนอายุต่างกันจะมีปริมาณสารอาหารในใบแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสารอาหารภายในใบหม่อน (Ito and Kobayashi,1975)

Leave for	Water content in fresh leave (%)	Dry leave (%)					
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	Nitrogen free extracts	Carbo-hydrates
1st instar	82.07	36.35	3.17	9.27	8.11	43.1	12.23
2nd instar	79.99	31.04	3.1	9.52	7.23	49.11	18.71
3rd instar	77.49	28.29	2.82	10.15	7.33	51.41	18.67
4th instar	78.4	27.35	3.15	10.79	7.97	50.74	18.02
5th instar	75.65	24.16	3.49	10.71	7.2	54.44	20.21

หม่อนเป็นพืชยืนต้นปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายปีและปีละหลายครั้งจึงจำเป็นต้องให้สารอาหารในการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตและคุณภาพใบ ดังนั้น จึงควรใส่ปุ๋ยให้เพียงพอกับความต้องการของต้นหม่อน โดยเฉพาะปุ๋ย N ซึ่งมีบทบาทมากในการเพิ่มผลผลิตหม่อนเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตหม่อน โดยการใส่ปุ๋ย N-P-K และขาด Nหรือ P หรือ K พบว่าหม่อนจะให้ผลผลิตต่างกันคือ ดินที่ขาดปุ๋ย N มีผลผลิตเพียง 41% และถ้าดินขาด P ให้ผลผลิต 91% และถ้าขาด K ให้ผลผลิตสูงถึง 97% (JOCV, 1975) นอกจากนี้การนำใบหม่อนที่ปลูกในดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส ไปใช้เลี้ยงไหม ปรากฏผลว่าการเจริญเติบโตของหนอนลดลง ไม่มีการสร้างรังและมีอาการของโรค Flacherie

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำใบหม่อนต่างพันธุ์มาใช้เลี้ยงไหมพบว่า หนอนไหมมีการเจริญเติบโตต่างกัน ดังการทดลองของพรรณนภา และ เลิศลักษณ์ (2535) เปรียบเทียบทางอ้อมถึงคุณค่าทางอาหารของใบหม่อนพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 7 พันธุ์ โดยวัดการเจริญเติบโต และลักษณะทางเศรษฐกิจของหนอนไหมพันธุ์ลูกผสมต่างประเทศ ปรากฏว่า หม่อนปล้องและหางปลาหลด มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับหม่อนน้อย แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโต การเข้าจ่อ น้ำหนักเปลือกรัง ปรากฏว่า พันธุ์หางปลาหลดและปล้องดีกว่าพันธุ์หม่อนน้อย ตามลำดับ

การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียม

1. วิธีการเลี้ยงและการให้อาหาร สำหรับการเลี้ยงในงานทดลองซึ่งมักปฏิบัติในห้องเลี้ยงไหมที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก ไม่ค่อยมีปัญหากับวิธีการให้อาหาร เพียงแต่ใช้มีดที่สะอาดตัดอาหารเทียมที่มีขนาดพอเหมาะก็จะใช้เลี้ยงไหมได้เลย แต่การเลี้ยงไหมในระดับใหญ่ ซึ่งมีระบบการให้อาหารด้วยเครื่องจักรเข้ามาเกี่ยวข้อง ควรพิจารณาเลี้ยงไหมในปริมาณมาก ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรสูงสุด แต่การจะให้อาหารด้วยวิธีการใดนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการทำงานของเครื่องจักร เพราะมีเครื่องจักรให้อาหารได้หลายแบบด้วยกัน บางแบบจะตัดอาหารให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วโปรยลงบนภาชนะที่ใช้เลี้ยงไหม บางแบบจะตัดอาหารให้อยู่ในรูปแท่งนอกจากวิธีการให้อาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดหรือลักษณะของอาหารเทียมนั้นด้วย อาหารเทียมบางชนิดมีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่ ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องตัดให้เป็นชิ้นเล็ก หรือบางชนิดเป็นก้อนแข็งและแห้งเพียงแต่ได้รับการเติมน้ำก็จะอยู่ในรูปที่นำไปใช้เลี้ยงไหมได้ทันที

การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมจะต้องมีการเตรียมการให้ได้มาตรฐาน พื้นที่สำหรับการเลี้ยงต้องกำหนดแน่นอน ปริมาณอาหารที่ใช้กับไหมแต่ละวัยจะอยู่ในพิกัดมาตรฐาน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมในสถานที่เลี้ยงไหม ก็ควรได้รับการปรับปรุงให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดด้วยแต่ทั้งนี้หากมีการใช้พันธุ์ไหมหรืออาหารเทียมที่แตกต่างกันไปจากเดิมก็จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานต่างๆตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดจึงควรมีมาตรฐานสำหรับอาหารแต่ละชนิดและไหมแต่ละพันธุ์แสดงไว้โดยเฉพาะ

2. การเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมและเลี้ยงไหมวัยแก่ด้วยใบหม่อน เท่าที่มีการปฏิบัติกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเป็นการเลี้ยงไหมวัยอ่อน (วัย 1-3) ด้วยอาหารเทียมจากนั้นก็จะเลี้ยงไหมวัยแก่ด้วยใบหม่อนตามปกติ ระยะเวลาของการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมจะมากกว่าระยะเวลาการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยใบหม่อน 1 วัน แต่น้ำหนักตัวของหนอนไหมไม่มีความแตกต่างกัน และการเจริญเติบโตของหนอนไหมก็จะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความชำนาญและทักษะของผู้ดำเนินการด้วย ในด้านผลผลิตนับว่าไม่มีความแตดต่างกันไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือใบหม่อน ในการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียม ปกติในแต่ละวัยจะให้อาหารเพียง 1-2 ครั้ง ซึ่งนับว่าเกิดประสิทธิภาพในการทำงานอย่างยิ่ง นอกจากนี้ตลอดการเลี้ยงไหมตั้งแต่วัย 1 จนถึงวัย 3 อาจไม่ต้องทำการถ่ายกากเลยก็ได้ โดยทั่วๆ ไปไหมวัย 1-3 จำนวน 1 กล่อง จะต้องการอาหารไม่เกิน 15 กิโลกรัม (น้ำหนักสด)

3. การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมตลอดระยะเวลาการเป็นตัวหนอน ได้มีการทดลองเลี้ยงไหมตลอดระยะเวลาที่เป็นหนอนด้วยอาหารเทียมทั้งชนิดที่มีส่วนผสมของใบหม่อนและไม่มีส่วนผสมของใบหม่อน และจากการที่ได้มีการปรับปรุงส่วนผสมของอาหารเทียมให้ดีขันกว่าเดิมปรากฏว่าสามารถเลี้ยงไหมได้ และไหมที่ลี้ยงให้รังที่มีขนาดใหญ่ แต่ในด้านน้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังนั้นยังต่ำกว่าปกติ ส่วนผสมของอาหารเทียมจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตรังไหมเป็นอย่างมาก จึงควรพิจารณาให้อาหารเทียมซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมที่มีคุณค่าทางอาหารสูงในการเลี้ยงไหมวัย 5 นอกจากนี้การใช้ juvenile hormone ในการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียม ก็ทำให้ผลผลิตรังไหมเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากการวิเคราะห์สารโปรตีนต่างๆ ที่ประกอบอยู่ในเปลือกรังไหมที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมตลอดระยะเวลาการเป็นตัวหนอน กับส่วนที่ได้จากการเลี้ยงด้วยหม่อนปกติ ปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกันแต่ประการใด แต่คุณสมบัติในด้านการสาวเอาเส้นใยออกมา ด้อยกว่ารังที่ได้จากการเลี้ยงหนอนไหมด้วยอาหารแต่ละชนิดดังกล่าวไม่มีความแตดต่างกัน ซึ่งการค้นคว้าวิจัยในด้านนี้คงต้องดำเนินต่อไปอีกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่ยังได้ผลไม่สมบูรณ์

4. การเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ด้วยอาหารเทียม การใช้อาหารเทียมกับไหมพันธุ์แท้จะมีปัญหามากกว่าการเลี้ยงไหมลูกผสม ในระยะวัยอ่อนของไหมพันธุ์แท้สายพันธุ์ญี่ปุ่น หรือไหมลูกผสมสามารถใช้อาหารเทียมได้อย่างดี ส่วนในไหมวัยอ่อนของสายพันธุ์จีนมักจะไม่มีการยอมรับอาหารเทียม แต่ครั้นเมื่ออยู่ในระยะวัยแก่เป็นไปในทางกลับกัน กล่าวคือ ไหมสายพันธุ์จีนจะมีการยอมรับอาหารเทียมได้ดีกว่าสายพันธุ์ญี่ปุ่น พ่อ-แม่พันธุ์ (จีนกับญี่ปุ่น) ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารเทียม เมื่อนำไปผลิตเป็นไหมลูกผสม ปรากฏว่าลูกผสมที่ได้เมื่อนำไปเลี้ยงด้วยใบหม่อนจะทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างจากลูกผสมที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงมาด้วยใบหม่อน จากผลดังกล่าวจึงเกิดแนวความคิดในการที่จะเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ เพื่อการผลิตไข่ไหม เพราะการเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ด้วยอาหารเทียม สามารถที่จะหลีกเลี่ยงการติดเชื้อโรคเพบบรินจากใบหม่อนได้ อย่างไรก็ตามต้องคำนึงเสมอว่าอาหารเทียมที่ใช้ในการเลี้ยงไหมพันธุ์แท้กับลูกผสมนั้นย่อมมีส่วนผสมหรือส่วนประกอบของสารอาหารแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของอาหารเทียม อาหารเทียมสำหรับใช้เลี้ยงแมลงจัดแบ่งตามส่วนประกอบในสูตรอาหารเทียมได้ 3 ชนิด คือ

1.Oligidic diet เป็นอาหารเทียมที่เกิดจากส่วนผสมที่ได้จากธรรมชาติ

2.Holidic diet เป็นอาหารเทียมที่เกิดจากสารเคมีบริสุทธิ์ล้วนๆ

3.Meridic diet เป็นอาหารเทียมที่เกิดจากส่วนผสมที่ได้จากธรรมชาติและสารเคมีบริสุทธิ์ตั้งแต่ 1 ชนิด หรืออยู่ในรูปสารประกอบอื่นและอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหมวัยอ่อนชนิดที่ไม่มีใบหม่อนป่นผสมอยู่เลย มีชื่อเรียกเฉพาะว่า อาหารกึ่งสังเคราะห์ (semi-synthetic diet) จัดอยู่ในอาหารเทียมชนิดนี้ (Ito, 1979)

อาหารเทียมกับพันธุ์ไหมไทย

1. อาหารเทียมกับไหมลูกผสม ปัจจุบันได้มีการอนุญาตให้ผลผลิตไข่ไหมลูกผสมที่จะใช้เลี้ยงด้วยอาหารเทียมแล้ว แต่ในหมู่ของไหมลูกผสมเหล่านี้ก็จะมีความแตกต่างกันในความเหมาะสมที่จะเลี้ยงด้วยอาหารเทียม ซึ่งมีสาเหตุจากกรรมพันธุ์ พ่อ-แม่พันธุ์ที่เหมาะกับการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมก็จะให้ลูกผสมที่ไม่มีความเหมาะสมกับการใช้อาหารเทียมเลี้ยงไปด้วย ซึ่งความเหมาะสมของการใช้อาหารเทียมเพื่อเลี้ยงไหมนั้นจะสังเกตได้จากพฤติกรรมกินอาหารของหนอนไหม

2. อาหารเทียมกับไหมพันธุ์แท้ ปัญหาของการเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ด้วยอาหารเทียมนั้นจะอยู่ที่ไหมวัยอ่อนของสายพันธุ์จีนมักจะไม่ยอมรับอาหารเทียม ไหมพันธุ์จีนบางพันธุ์ในระยะที่เป็นวัยอ่อนจะไม่มีการยอมรับอาหารเทียมโดยสิ้นเชิง ซึ่งจากเหตุการณ์นี้พอจะอนุมานได้ว่าไหมสายพันธุ์จีนและสายพันธุ์ญี่ปุ่นมีความต้องการสารอาหารที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังมิได้มีการศึกษาในเรื่องดังกล่าวนี้อย่างละเอียด

3. การสร้างพันธุ์ไหมให้เหมาะกับการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม ความพยายามในอันที่จะสร้างพันธุ์ไหมให้เหมาะสมกับวิธีการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม อาจกระทำได้โดยวิธีการคัดเลือกหรืออาจด้วยวิธีการผสมข้ามพันธุ์ (cross breeding) แต่ทั้งนี้นอกจากจะพิจารณาถึงลักษณะในด้านความเหมาะสมที่จะใช้เลี้ยงด้วยอาหารเทียมแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะในด้านอื่นด้วย

การศึกษาพันธุกรรมต่อพฤติกรรมการกินอาหารของหนอนไหม โดยใช้อาหารเทียมต้นทุนต่ำที่ออกแบบโดยวิธี linear programming method ร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งเป็นการพัฒนาอาหารเทียมต้นทุนต่ำสำหรับใช้เลี้ยงหนอนไหม โดยอาหารเทียมชนิดใหม่นี้ประกอบด้วย วัตถุดิบ อาหารสัตว์ และอาหารสัตว์ปีก และมีแป้งหม่อนเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลยขึ้นอยู่กับความต้องการสารอาหารของหนอนไหมที่นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและราคาวัตถุดิบในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ส่วนประกอบของอาหารที่เลือกใช้มีหลายชนิด เช่น soybean meal rice bran fishmeal gluten meal yeast เป็นต้น การเลือกขึ้นอยู่กับราคา จึงเลือกตัวที่มีราคาต่ำสุดมาใช้ ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า

1. สามารถคัดเลือกได้อย่างรวดเร็ว จากหนอนที่มีความสามารถในการกินอาหารเทียมชนิดใหม่ได้สูง

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่คอยควบคุมการกินอาหารชนิดต้นทุนต่ำ ถูกควบคุมโดย major recessive gene ซึ่งตั้งอยู่บน chromosome ที่ 3 และยังมี modifier gene อยู่ด้วย

3. การปรับปรุงพันธุ์หนอนชนิดที่ใช้เลี้ยง เพื่อการค้าที่มีความสามารถในการกินอาหารได้สูง ซึ่งอาจเป็นไปได้ในทางทฤษฎี ในทางปฏิบัติ ยังต้องหาวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากลูกผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ที่กินอาหารได้สูง โดยการคัดเลือกและเลี้ยงหลายๆ ชั่วเพิ่มผลิตหนอนไหมสายพันธุ์เพื่อการค้าที่กินอาหารเทียม เพื่อให้เกิดการคัดเลือก และการกลายพันธุ์ของยีนส์ และมีการปรับตัวได้ตามธรรมชาติ

เหตุผลการพัฒนาอาหารเทียมเพื่อใช้เลี้ยงหนอนไหมวัยอ่อน

เหตุผลในการเลี้ยงไหมวัยอ่อน 1-3 ด้วยอาหารเทียมเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนหม่อนวัยอ่อนที่ใช้เลี้ยงหนอนไหมวัยอ่อน และการตายของหนอนไหมเนื่องจากโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเพบบรินจากแมลงในธรรมชาติ โดยหนอนไหมได้รับเข้าทางปาก จากการกินสปอร์ที่ติดมากับใบหม่อนเข้าไป ทำให้แสดงอาการเป็นโรคในวัย 4 และ 5 หนอนจะเริ่มตายมากในวัย 5 อันเป็นวัยที่ ได้กินอาหารเข้าไปกว่า 80 เปอร์เซ็ตน์ (พรรณี, 2530; ชาญชัย, 2537) การใช้อาหารเทียมก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่สามารถลดการเกิดโรคเพบบรินได้ โดยการเลี้ยงในสภาพที่ปลอดเชื้อ และการใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหม ทำให้หนอนไหมได้รับโภชนะครบถ้วนเพิ่มความแข็งแรงให้กับไหมเพิ่มขึ้น เนื่องจากไหมวัยอ่อนเริ่มตั้งแต่หนอนไหมแรกฟักออกจากไข่ไหมไปจนหนอนไหมนอนครั้งที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 10-11 วัน ช่วงนี้หนอนไหมจะอ่อนแอและมีความต้านทานโรคน้อย จึงมีโอกาสติดเชื้อและตายได้ง่าย (พรรณี, 2530) และหากมีการขาดแคลนหม่อนวัยอ่อนในช่วงที่มีการเลี้ยงไหม ก็สามารถใช้อาหารเทียมทดแทนได้ และการพัฒนาอาหารเทียมสำหรับใช้เลี้ยงไหมในประเทศไทย จึงควรจะได้มีการคัดเลือกพันธุ์ไหมที่สามารถยอมรับ และใช้ประโยชน์จากส่วนประกอบของอาหารที่ผลิตขึ้นควบคู่ไปด้วย เนื่องจากพันธุ์ไหมต่างกันมีความสามารถในการยอมรับอาหารต่างกัน (Shinbo and Yanakawa, 1994)

102926

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาอาหารเทียมในญี่ปุ่นและการพัฒนาอาหารเทียมราคาถูก

ประเทศญี่ปุ่นเริ่มมีการพัฒนาอาหารเทียม เพื่อใช้เลี้ยงไหมครั้งแรกในปี ค.ศ. 1929 โดย Yakana (Ito, 1980 : Ito and Tanaka, 1961) ต่อมา Fukuda *et.al.* (1960) ได้ทดลองศึกษาเพิ่มเติมพบว่าการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมต้องมีใบหม่อนปนผสมอยู่อย่างน้อย 50% หนอนไหมจึงจะยอมกินอาหารเทียม

Ito and Horie (1962) ได้ทดลองเลี้ยงหนอนไหมในอาหารเทียมที่ไม่มีใบหม่อนปนผสมอยู่เลย พบว่า หนอนไหมวัยที่ 1 จะมีอัตราการตายสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมที่เติมใบหม่อนป่น 8% พบว่าในกลุ่มหลังหนอนไหมมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า และมีอัตราการตายต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการเลี้ยงหนอนไหมด้วยอาหารเทียมครั้งแรกนั้นยังไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากมีจำนวนหนอนตายสูง หนอนโตช้าและเล็ก ต่อมา มีผู้ทำการทดลองค้นคว้าศึกษาในด้านโภชนะ ที่ใช้ในการประกอบอาหาร ความต้องการอาหาร ระบบที่ใช้เลี้ยง การควบคุมโรคและมีการพัฒนาวิธีการเลี้ยงจนกระทั่งในปี ค.ศ.1977 ได้มีการผลิตอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหมวัยอ่อนภายในโรงเรือนแบบสหกรณ์ (cooperative rearing houses) (Shinbo and Yanakawa, 1994) และในปี ค.ศ. 1979 สามารถเลี้ยงไหมวัยอ่อน ภายในโรงเรือนสหกรณ์ได้ถึง 120,000 กล่อง จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1980 ประเทศญี่ปุ่นสามารถเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมได้ถึง 50%(Ito, 1980)

การใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหม จากวัย 1-3 ซึ่งเป็นระยะที่สำคัญมากแต่ยังมีข้อจำกัดทางการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมคือ ขนาดลำตัวของหนอนจะแตกต่างกันและต้นทุนค่าอาหารเทียมสูง ในการเลี้ยงไหมวัยอ่อนนั้นคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารเทียมประมาณ 35% และอีก 50% เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการเลี้ยง ดังนั้นจึงได้มีการคิดพัฒนาอาหารเทียมให้มีต้นทุนต่ำลง โดยการหาวัตถุดิบที่มีราคาถูกมาทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาแพง เช่น การใช้เลือดป่นและอาหารไก่ทดแทนโปรตีนจากแป้งถั่วเหลือง (Matsura, 1994) การใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์พวกปลาป่น รำข้าว ยีสต์ เพื่อลดปริมาณหม่อนป่นและวุ้น ซึ่งมีราคาสูงประมาณ 60% ของต้นทุน ในส่วนประกอบทั้งหมดของอาหาร (Shinbo and Yanakawa, 1994) การทดลองเลี้ยงหนอนไหมวัย 1-4 โดยใช้อาหารเทียมที่ไม่มีวุ้นผสมในสูตรอาหาร (Yanakawa and Suzuki, 1991)

ประเทศญี่ปุ่น มีความสำเร็จในการเลี้ยงไหมโดยใช้อาหารเทียมและได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลเป็นอย่างดี มีการทำขายเป็นการค้าหลายชื่อ เช่น Silkmate Mayumisilk Vitasilk และ Morus เป็นต้น (Benchamin, 1986) จนกระทั่งปัจจุบันนี้ประเทศญี่ปุ่นใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหมมากกว่าใบหม่อนถึง 50% และใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหมตั้งแต่วัย 1-5 และมีการพัฒนาอาหารเทียมแห้งอัดเม็ด สามารถนำมาใช้ได้ง่ายสะดวก โดยการนำอาหารเม็ดจุ่มน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้เลี้ยงไหม ซึ่งอาหารชนิดนี้มีชื่อว่า Yuneri diet (Shinbo and Yanakawa, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบัน ประเทศญี่ปุ่นก็สามารถผลิตอาหารเทียมที่สามารถนำไปใช้เลี้ยงไหมได้ โดยที่ผลผลิตรังไหมจากการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม ไม่มีความแตกต่างกับผลผลิตรังไหมที่ได้จากการเลี้ยงด้วยใบหม่อนแต่อย่างไร

เหตุผลการพัฒนาอาหารเทียมเพื่อใช้เลี้ยงหนอนไหมในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว ข้าวโพด กากถั่วเหลือง และปลาป่น เป็นต้น สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นอาหารให้กับสัตว์เลี้ยงต่างๆ เช่น สุกร ไก่ กุ้ง และปลา ดังนั้น ถ้าหากได้มีการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์มาใช้ในการผลิตอาหารเทียมให้กับหนอนไหมและมีการพัฒนาต่อเนื่องอย่างจริงจัง ก็จะสามารถทำให้มีอาหารเทียมใช้ทดแทนใบหม่อนได้ในบางช่วง เช่น หน้าแล้ง ประเทศไทยจะมีปัญหาการขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ที่ปลูกหม่อน ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเลี้ยงไหมได้ นอกจากนี้ใบหม่อนที่เกษตรกรปลูกได้ ยังมีคุณภาพไม่สูงเพียงพอกับความต้องการของไหมพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสมต่างประเทศ ทำให้หนอนไหมเป็นโรค ประเทศไทยในเขตภาคเหนือตอนบน มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงไหมพันธุ์ต่างประเทศเป็นอย่างดี เกษตรกรส่วนใหญ่ ใช้หม่อนพันธุ์น้อยปลูกเป็นอาหารของหนอนไหม แต่หม่อนพันธุ์น้อย เมื่อปลูกในเขตภาคเหนือ จะประสบปัญหาหม่อนมีการพักตัวในขณะที่มีอากาศหนาวเย็น ซึ่งเริ่มจากเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ ทั้งที่อุณหภูมิในช่วงนี้เหมาะแก่การเลี้ยงไหมเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะไหมลูกผสมต่างประเทศที่ให้ผลผลิตสูง แต่กลับประสบปัญหาขาดแคลนใบหม่อนอ่อนเพื่อเลี้ยงไหมวัยอ่อน (สมบูรณ์ และคณะ, 2533)

การพัฒนาอาหารเทียมเพื่อใช้เลี้ยงไหมในประเทศไทย เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 โดยฉวีวรรณ (2524) ได้ทดลองเลี้ยงไหมวัยอ่อน *Bombyx mori* L. ด้วยอาหารเทียมตั้งแต่เริ่มฟักจากไข่ พบว่าได้ผลน้ำหนักดักแด้ต่ำกว่าการใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหมในช่วงวัย 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ และไหมวัย 5 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียม จะให้เปอร์เซ็นต์เส้นใยสูงใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์เส้นใยของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ ต่อมา กรรณิการ์ (2525) ได้มีการทดลองปรับปรุงสูตรอาหารเทียม เพื่อเลี้ยงไหมป่าอีรี่ พบว่าสูตรที่ปรับปรุงให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่าสูตรเบื้องต้น และใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ อายุหนอนนานกว่า 2 วัน แต่น้ำหนักดักแด้ น้ำหนักเปลือกรังและจำนวนไข่มากกว่า อย่างไรก็ดี ยังไม่มีการใช้อาหารเทียมเพื่อการเลี้ยงหลังจากนั้น พรทิพย์ และธีระ (2533) พบว่า สามารถใช้อาหารเทียมที่มีใบหม่อนเป็นส่วนประกอบเลี้ยงไหมวัย 5 ได้ผลดีใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยหม่อน โดยมีเปอร์เซ็นต์เปลือกรังจากการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม เท่ากับ 18.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์เปลือกรังที่ได้จากการเลี้ยงด้วยหม่อน (20.20) เปอร์เซ็นต์ และจากการพัฒนาอาหารเทียมโดยทดแทนสารอาหารบางชนิด พบว่าการใช้ถั่วเขียวเป็นแหล่งโปรตีน ในอาหารเทียมนำมาเลี้ยงไหมมีผลให้อัตราการอยู่รอดสูงกว่า แต่ให้เปอร์เซ็นต์เปลือกรังต่ำกว่าอาหารเทียมที่ใช้โปรตีนจากถั่วเหลือง โดยมีอัตราการอยู่รอดวัย 1-5 จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลี้ยงด้วยถั่วเขียว เท่ากับ 78 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เปลือกรังเท่ากับ 12.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ถั่วเหลืองมีอัตราการอยู่รอด 34 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง เท่ากับ 12.8% (พรทิพย์ และธีระ, 2534)

เหตุผลในการเลี้ยงไหมวัยอ่อน 1-3 ด้วยอาหารเทียมเพื่อลดปัญหาการตายของหนอนไหมเนื่องจากโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเพบบรินจากแมลงในธรรมชาติ โดยหนอนไหมได้รับเข้าทางปาก จากการกินสปอร์ที่ติดมากับใบหม่อนเข้าไป ทำให้แสดงอาการเป็นโรคในวัย 4 และ 5 หนอนจะเริ่มตายมากในวัย 5 อันเป็นวัยที่ได้กินอาหารเข้าไปกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (พรรณี, 2530 : ชาญชัย, 2537) การใช้อาหารเทียมก็เป็นเหตุผลหนึ่ง ที่สามารถลดการเกิดโรคเพบบรินได้ (Ito, 1979) โดยการเลี้ยงในสภาพที่ปลอดเชื้อ และการใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหม ทำให้หนอนไหมได้รับโภชนะครบถ้วนเพิ่มความแข็งแรงให้กับไหมเพิ่มขึ้น เนื่องจากไหมวัยอ่อนเริ่มตั้งแต่หนอนไหมแรกฟักออกจากไข่ไหมไปจนหนอนไหมนอนครั้งที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 10-11 วัน ช่วงนี้หนอนไหมจะอ่อนแอและมีความต้านทานโรคน้อย จึงมีโอกาสติดเชื้อและตายได้ง่าย (พรรณี, 2530) และหากมีการขาดแคลนหม่อนวัยอ่อนในช่วงที่มีการเลี้ยงไหม ก็สามารถใช้อาหารเทียมทดแทนได้ และการพัฒนาอาหารเทียมสำหรับใช้เลี้ยงไหมในประเทศไทย จึงควรจะได้มีการคัดเลือกพันธุ์ไหมที่สามารถยอมรับ และใช้ประโยชน์จากส่วนประกอบของอาหารที่ผลิตขึ้นควบคู่ไปด้วย เนื่องจากพันธุ์ไหมต่างกันมีความสามารถในการยอมรับอาหารต่างกัน (Shinbo and Yanakawa, 1994)

คุณสมบัติของอาหารเทียม

อาหารเทียมที่ใช้เลี้ยงไหมมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของรังไหม ดังนั้น ควรจะต้องมีสารอาหารต่างๆที่หนอนไหมต้องการครบถ้วน และอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการโภชนะต่างๆของหนอนไหมโดย (Ito, 1960) ดังนี้

1. คาร์โบไฮเดรต โภชนะพวก คาร์โบไฮเดรตมีส่วนในการกระตุ้นให้หนอนไหมอยากกินอาหาร โดยเฉพาะน้ำตาลซูโครส กระตุ้นการกินอาหารของหนอนไหมมากที่สุด ตามด้วยน้ำตาลฟรุคโตส ส่วนน้ำตาลกลูโคส เป็นตัวกระตุ้นที่ดีที่สุด (Ito, 1960) ส่วนอาหารพวกแป้งและ dextrin นั้นเมื่อหนอนไหมได้รับเข้าทางปาก ก็จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส ในเนื้อเยื่อท่ออาหารและน้ำย่อยในหลอดอาหาร นอกจากหนอนใช้เป็นแหล่งพลังงานแล้วยังเก็บสะสมไว้ในรูปทรีฮาโลส (trehalose) เยื่อไขมัน (fat body) ไกลโคเจน (glycogen) ไขมันและกรดอะมิโน (lipids and amino acid) (Yanakawa, 1973) ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นในหนอนไหมวัย 5 จะมีการสะสมเยื่อไขมันในเลือด หลังจากได้รับคาร์โบไฮเดรต 6 ชั่วโมง และมีปริมาณทรีฮาโลส 20-35 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสะสมทั้งหมด

Ito and Tanaka (1961) ทดลองใช้สารละลายน้ำตาลซูโครส ในระดับ 5-20 เปอร์เซ็นต์ แล้วให้หนอนไหมลอกคราบใหม่ขึ้นวัย 5 กินทางปาก ปริมาตร 1.0 ไมโครเมตร พบว่า สารละลายน้ำตาลที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรตีน หนอนไหมได้รับโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากนิยมใช้เป็นส่วนผสมอาหารสูตรอาหารเทียม (Ito, 1960) ได้ศึกษาระดับโปรตีนในอาหารโดยใช้แป้งถั่วเหลืองที่ระดับ 40 30 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ หนอนไหมจะให้ผลผลิตน้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังสูงกว่ามีระดับ 30 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณของแป้งถั่วเหลืองในอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตของเนื้อไหมเพิ่มขึ้นด้วย

Hamano (1989) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของโปรตีนร่วมกับ pyridoxine (B6) กับหนอนไหมวัยอ่อน พบว่า หนอนลูกผสมเจริญเติบโตในอาหารที่ประกอบด้วยโปรตีน 20-30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีวิตามินบี 6 ประกอบอยู่ 1.5-10 กรัม น้ำหนักตัวหนอนสูงมากเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ B6 10 กรัม และน้ำหนักหนอนต่ำเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีโปรตีน 10-20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ B6 1 กรัม นอกจากนี้หนอนไหมยังได้รับโปรตีนจากใบหม่อนปน และสามารถสะสมโปรตีนจากใบหม่อนย่อย เก็บเป็นองค์ประกอบของร่างกายได้ถึงร้อยละ 91 และยังสามารถเปลี่ยนโปรตีนให้อยู่ในรูปไกลโคเจน เพื่อเก็บไว้ใช้เป็นพลังงาน (Roeder, 1953)

การเติมกรดอะมิโนในอาหารเทียมเพื่อให้หนอนไหมใช้กรดอะมิโนเป็นอาหาร ได้อย่างมีระสิทธิภาพ แต่ถ้าเติมเข้าไปมากเกินความต้องการ ทำให้เกิดความเสียหายแก่หนอน ระดับกรดอะมิโนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหม คือที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารและที่ระดับกรดอะมิโน 25 หรือ 30 เปอร์เซ็นต์ ของอาหาร อัตราการผลิตเส้นไหมสูงกว่าระดับกรดอะมิโน 20 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารหนอนต้องการกรดอะมิโนที่จัดว่าเป็นโภชนะที่จำเป็น (essential amino acid) อยู่ 10 เปอร์เซ็นต์ คือarginine histidtne isoleucine leucine lysine methionine phenylalanine tryptophane threonine และ valine (Tanaka, 1975)

3. ไขมัน หนอนไหมได้รับไขมันจากแป้งถั่วเหลือง ซึ่งสกัดไขมันออกด้วย ethet1 และในใบหม่อนมีไขมันเป็นองค์ประกอบใน dry matter ประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในการย่อยได้ของ crude lipid จากใบหม่อนประมาณ 58.5 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยใบหม่อนวัย 1 ถึงวัย 5 และจะสะสมไขมันในร่างกายมากกว่าปริมาณการย่อยได้ของหนอนส่วน sterol เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของหนอนไหมซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงถ้ามีกรดไขมันอยู่ด้วย น้ำมันจากพืชหลายชนิด สามารถเติมลงไปในอาหารเทียมได้ เพื่อให้หนอนไหมได้รับไขมันที่เพียงพอ (Tanaka, 1975)

4. วิตามิน หนอนไหมต้องการวิตามินบีทุกชนิด ที่ต้องการมากเป็นพิเศษคือ choline inositol และกรดแอสคอร์บิก ส่วนวิตามินบี อื่นๆก็มีความสำคัญเช่นกัน เช่น การเจริญเติบโตของหนอนจะต่ำลงเมื่อขาด folic acid ในใบหม่อนมี choline อยู่ในรูปของเอสเทอร์และมี acetyl choline อยู่เพียงเล็กน้อย สารทั้งสองชนิดเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตของหนอนวัย 1 และสามารถทดแทนได้ด้วย choline chloride ซึ่งเป็นสารที่ควรเติมให้กับอาหารเทียม หนอนไหมต้องการวิตามินเพื่อนำไปใช้เป็น cofactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ enzyme ส่วน Hamano (1989) พบว่า อัตราการตายของหนอนก่อนเข้าดักแด้สูงเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มี วิตามินบี 6 ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัม และหนอนเพศเมียต้องการวิตามินบี 6 สูงกว่าหนอนเพศผู้

5. แร่ธาตุ แร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับหนอนไหมได้แก่ K, P, Mg, Ca, Zn และ Fe ปกติในใบหม่อนประกอบด้วยแร่ธาตุประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งหนอนทุกวัยสามารถดูดซึมแร่ธาตุไปใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ แต่ในอาหารเทียมมักมีส่วนประกอบของใบหม่อนผสมอยู่น้อยจึงมีการเติมแร่ธาตุที่จำเป็นในรูปสารเคมี เช่น K สามารถทดแทนโดย K_2HPO_4 และ $MgSO_4$ ทดแทนโดย $MgHPO_4$ หรือ $MgCl_2$ ส่วน $FePO_4$ ทดแทนโดย $FeCl_3$ เป็นต้น การทดแทนแร่ธาตุในอาหารเทียมนั้นที่นิยมใช้ทั่วไปคือ Wasson'salt mixture ส่วนใหญ่อยู่ในรูปเกลือแร่

ส่วนประกอบของเกลือแร่มีดังนี้

สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
CH_3COOK	32.00
$NaH_2PO_42H_2O_2$	10.92
$MgSO_4$	3.60
$CaCO_3$	8.40
$MnCl_24H_2O$	0.08
$FeCl_26H_20$	0.74
$ZnCl_2$	0.21
รวม	55.95

คุณสมบัติของส่วนประกอบในสูตรอาหารเทียม

หม่อนป่น ได้จากการนำใบหม่อนสดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วบดละเอียดเป็นผง (Ito, 1980) ใบม่อนที่เหมาะสมควรจะเป็นใบม่อนที่เติบโตมาพร้อมๆกันหรืออายุเท่ากัน รุ่นเดียวกัน มีการเจริญเติบโตเหมือนๆกัน (Shinbo and Yanakawa, 1994) การเติมหม่อนป่นในอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหมวัยอ่อนควรเติบในระดับไม่ต่ำกว่า 20-25 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (Ito, 1980) พบว่า ถ้าปริมาณหม่อนป่นในอาหารลดลงจากเกณฑ์นี้ มีผลทำให้ลดอัตราการอยู่รอดของหม่อน

ใบหม่อนมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหนอนไหมเช่น Chlorogenic acid จัดเป็น Gustatory stimulating โดยการ Active ในโมเลกุลของ Chlorogenic acid นี้ จะมีสารตัวอื่นร่วมอยู่ด้วย เช่น Caffeic acid propocatchuric acid และ DOPA ช่วยให้ปฏิกิริยาของ Chlorogenic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้นหรือน้อยลงได้ และ Chloromycetin ยังเป็นตัวชักนำให้โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และออกซิเจนของท่ออาหาร (gut) เพิ่มขึ้น (Ito, 1978)

โปรตีนจากแป้งถั่วเหลือง (defated soybeam meal) เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่งเหลืองใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสำหรับหนอนไหม มีสีเหลืองอ่อนนวล ค่อนไปทางสีเหลืองขาว มี crude propein 42 เปอร์เซ็นต์ (Matsura, 1994)

คาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้งข้าวโพด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุของเจือปนอาหารในอุตสาหกรรมอาหารและใช้ในอุตสาหกรรมยา (อรพิน, 2532) ซึ่งได้จากเมล็ดของข้าวโพดที่มีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า *Zea mays* Linn ผ่านกรรมวิธีการบดเปียก (wet miling) แยกโปรตีนและไขมันออกแล้วอบแห้ง มีส่วนประกอบดังนี้คือ ความชื้น 13.5 ไขมัน 1.0 โปรตีน 0.3 และคาร์โบไฮเดรต 81.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ศิริลักษณ์, 2519)

แป้งสาลี ชนิดทำขนมปังได้จากการสีและบดเมล็ดข้าวสาลีชนิดคอมมอน (common wheat) ปราศจากสิ่งแปลกปลอมเป็นผงละเอียดสีขาว ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ ในแป้ง 100 กรัม ดังนี้ คือ ไทอะมีน 0.55 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.33 มิลลิกรัม ไนอะซีน 4.40 มิลลิกรัม เหล็ก 8.80 มิลลิกรัม แคลเซียม 211.2 มิลลิกรัม และ มีไลซีน 180 มิลลิกรัม (อรพิน, 2532) มีส่วนประกอบในแป้งดังนี้ ความชื้น 13.3 ไขมัน 0.9 โปรตีน 71.0 คาร์โบไฮเดรต 74.0 และกาก 0.3 กรัม ด้วยน้ำหนัก ตามลำดับ (ศิริลักษณ์, 2519)

แป้งข้าวกล้อง เป็นแป้งที่ได้จากส่วนของ endosperm ของข้าว และยังคงมีเยื่อหุ้มผลอยู่และข้าวกล้องนี้เป็นผลที่ได้จากการนำข้าวเปลือกมาสีเอาเปลือกออก มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวโพด เมื่อใช้เลี้ยงสุกร

อุทัย (2527) กล่าวว่า ข้าวแดง (ข้าวกล้อง) ที่บดละเอียดจะสามารถใช้ผสมในสูตรอาหารได้โดยข้าวกล้องจะมีคุณภาพพอๆกับปลายข้าวและสามารถใช้ผสมในสูตรอาหารเลี้ยงสุกรได้เป็นอย่างดีและไม่มีขีดจำกัดในการใช้ด้วย คุณค่าทางอาหารสัตว์ของข้าวกล้องเหนียวซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Proximate analysis ที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน พบว่า มีความชื้น 11.66 โปรตีน 7.31 ไขมัน 2.57 เยื่อใย 0.86 เถ้า 1.24 และคาร์โบไฮเดรต 76.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ดวงสมร และ อังคณา , 2527)

กรดซิตริก เป็นกรดประเภท Tricarboxylic มีการใช้มากกว่ากรดชนิดอื่นๆ โดยมีการใช้กับอาหารถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดทั้งหมด มีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่นๆ คือ สามารถละลายน้ำได้ดีจึงนิยมใส่ในอาหารประเภทน้ำผลไม้และน้ำหวานชนิดต่างๆ เพื่อช่วยปรับปรุงกลิ่น รส และความเป็นกรดด่างให้พอเหมาะ เป็นวัตถุกันเสียและจะช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะที่อาจปนเปื้อนมาในวัตถุดิบ เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น ทำให้กรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักหรือผลไม้คงตัวขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องไปถึงความคงตัวของสี กลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะกรดแอสคอร์บิก จัดเป็นวัตถุกันหืนตามธรรมชาติ การใช้กรดซิตริกร่วมกับกรดอะมิโนในบางชนิดจะช่วยให้การอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน กรดซิตริกจะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลและป้องกันการเกิด oxidations ของส่วนประกอบอื่นๆด้วย นอกจากนี้ยังใช้สารเสริมฤทธิ์ วัสดุกันหืนชนิดอื่นๆในผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมัน หรืออาจมีไขมัน หรือน้ำมันของพืชหรือสัตว์ เช่น เป็นส่วนประกอบของนมผง และอาหารทะเล เป็นต้น (ศิวาพร, 2529)

กรดซอร์บิก เป็นวัสดุกันเสียที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและไม่ทำให้กลิ่นและรสของอาหารเปลี่ยนแปลง และยังสามารถถูกย่อยสลายไปได้แบบเดียวกับกรดไขมันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ อันตรายจากการได้รับวัสดุกันเสียชนิดนี้ ค่อนข้างน้อยเมื่อความเป็นกรดของอาหารลดลง ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกจะลดลงด้วย การเติมเกลือลงในน้ำตาลและอาหารจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของกรดซอร์บิก แต่การมีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมคลอไรด์ในอาหาร จะทำให้ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกลดลง และกรดซอร์บิกช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารประเภทเนยเทียม เนยแข็ง เครื่องดื่มต่างๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์ปลาต่างๆ เป็นต้น

กลไกของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเกิดขึ้นจากการที่กรดซอร์บิกไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ dehydrogenase เมื่อใส่กรดซอร์บิกในอาหารจะเกิดปฏิกิริยา oxidation ขึ้น (ศิวาพร, 2529)

กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี เป็นตัวกระตุ้นการกินอาหารของหนอนเมื่อเติมในอาหารสังเคราะห์ (Ito, 1960) และเมื่อสเปรย์กรดแอสคอร์บิก ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ บนใบหม่อนที่ใช้เลี้ยงไหมวัย 3, 4 และ 5 จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางไข่ของแม่ผีเสื้อไหมเพศเมีย (Chauhan and Singh, 1992)

กรดแอสคอร์บิก ที่มีอยู่ในใบหม่อนสด มีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับปริมาณอาหารของ ใบและปริมาณกรดแอสคอร์บิก ในตัวหนอนขึ้นอยู่กับใบหม่อน เนื่องจากกรดแอสคอร์บิก ไม่ได้สังเคราะห์ขึ้นในตัวหนอน (Ito and Arai, 1965) นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิก ยังมีผลเพิ่มอัตราการอยู่รอดของหนอน (Murthy, 1953)

Dadd (1957) กล่าวว่า การใส่กรดแอสคอร์บิก ในอาหารสังเคราะห์เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาของตัวเต็มวัยในตั๊กแตนหนวดสั้น (locust) 2 species โดยระดับที่เหมาะสมกับการเจริญของหนอนมากที่สุด คือระดับ 4-10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้งของอาหาร ส่วนอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนไหมนั้นควรเติมในอาหารไม่ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม ต่อกรัมของน้ำหนักแห้งของอาหาร (Ito and Kobayashi, 1975) นอกจากช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารแล้ว ยังทำให้ความเป็นกรดด่างของ ผลิตภัณฑ์เอาหารลดลง และเป็นวัสดุกันหืนด้วย (ศิวาพร, 2529)

การทดสอบอิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกต่อหนอนไหม พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนักดักแด้ของหนอนไหม และหนอนไหมที่ลอกคราบวัย 5 จะให้รังที่น้ำหนักสูงขึ้น ซึ่งที่ระดับกรดแอสคอร์บิก 2 เปอร์เซ็นต์ จะให้น้ำหนักรังมากที่สุด ผลผลิตไหมเพิ่มขึ้น 29.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมกรดกรดแอสคอร์บิกลงไปจะทำให้ตัวเมียมีลูกดกขึ้นนอกจากนี้ยังมีการศึกษาลักษณะทางฟิสิกส์เพื่ออธิบายผลกระทบของ กรดแอสคอร์บิก ซึ่งก็พบว่ากรดแอสคอร์บิก จะทำให้การกินอาหารและการเจริญเติบโตของหนอนดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มระดับฮอร์โมนในตัวอ่อนด้วย (Karaksy and Idriss, 1990)

เซลลูโลส ช่วยกระตุ้นการกินอาหารของหนอน ช่วยให้หนอนมีการเจริญเติบโตและพัฒนาเร็วขึ้น ปรับปรุงลักษณะโครงสร้างทางฟิสิกส์ของอาหาร และช่วยรักษาความชื้นในอาหาร (Ito, 1960) นอกจากนี้การเติมเซลลูโลสจากกิ่งหม่อนที่ใช้ความร้อนหรือการนึ่งแทน purified cellulose power เหมาะต่อการเจริญและพัฒนาของหนอนไหม เนื่องจากเซลลูโลสที่ได้จากกิ่งหม่อน ไม่ยับยั้งการกินอาหารของหนอนและราคาถูกด้วย (Yanakawa and Suzuki, 1991)

Ito and Kobayashi (1975) กล่าวว่าหนอนไหมไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ เช่นเดียวกับแมลงที่กินพืชเป็นอาหารเนื่องจากไม่มี enzyme สำหรับย่อย (Friend, 1958) แต่การเพิ่มขึ้นของระดับเซลลูโลสทำให้การกินอาหารของหนอนมีประสิทธิภาพและระดับความเข้มข้นของเซลลูโลสสูง 30 เปอร์เซ็นต์ จะกระตุ้นการกินอาหารได้มากกว่าที่ความเข้มข้น 14 เปอร์เซ็นต์

วุ้น เป็นสารสกัดได้จากสาหร่ายทะเลแดง ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำและไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส แต่ละลายในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส นำมาใช้ในอาหารเพื่อให้เกิดเจล นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบและขนมหวาน ในผลิตภัณฑ์เนื้อและปลา เพื่อช่วยให้เนื้อปลาจับกันได้ดีขึ้น (ศิวาพร, 2529) และ วุ้นช่วยรักษาความชื้นในอาหารเทียม และรักษาลักษณะทางฟิสิกส์ของอาหาร (Matsura, 1994)

β sitosteral เป็นสารดึงดูดหนอนไหมให้เกิดพฤติกรรมการกัดและกินติดต่อกันไปซึ่งสามารถแยกได้จากใบหม่อน และเป็นสารที่จำเป็นต้องใส่ในอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหม (Hamamura *et.al.*, 1961 : Ito, 1961)

น้ำ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของอาหารเทียม อาหารที่อ่อนหรือแข็งจะมีผลต่อปริมาณการกินอาหารของหนอนไหม ปริมาณน้ำที่เติมลงในส่วนผสมมีผลให้คุณค่าทางอาหารแตกต่าง และมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบของอาหาร อาหารเทียมสำหรับสำหรับไหมวัยอ่อนควรเติมน้ำในระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารแห้ง ส่วนไหมวัยแก่ควรใช้น้ำผสมในอัตราที่น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์
    - ถาดเลี้ยงหนอนไหม
    - ขนไก่หรือพู่กัน
    - ถาดใส่อาหาร
    - Hot plate
    - อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
    - บีกเกอร์ (beaker)
    - แท่งแก้ว (stirring rod)
    - เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง กล้องจุลทรรศน์
    - ไม้บรรทัด
    - กระดาษฟอยด์
    - ใบหม่อนสด

2. สารเคมี
    - อาหารเทียมสูตรทางการค้า (ญี่ปุ่น)
    - น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1.การเตรียมอาหารเทียมและการเลี้ยงหนอนไหมใบอ่อนด้วยอาหารเทียม และใบหม่อน

1.1 การเตรียมอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนไหม

1.1.1 การเตรียมอาหารเทียมญี่ปุ่นที่ผลิตเป็นการค้า ชั่งอาหารสำเร็จชนิดผง 500 กรัม ผสมน้ำ 1500 มิลลิลิตร บรรจุในถาดสำหรับใส่อาหารเทียม คนให้เข้ากันแล้วนำไปนึ่ง ที่อุณหภูมิองศาเซลเซียสประมาณ 98 องศาเซลเซียส จนอาหารสุกประมาณ 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

1.2 การเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียม นำไข่ของหนอนไหมพันธุ์นางลาย จำนวน 4 แม่(1 แม่ ประมาณ 300 – 350 ฟอง) มาฟักที่อุณหภูมิ 29 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในถาดเลี้ยงหนอนไหม ถาดละ 1 แม่ โดยแบ่งเป็น 2 วิธีการ แต่ละวิธีการทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำหนอนวัยแรกมาแยกลงกล่องด้วยขนนก

การให้อาหาร ให้อาหารเทียมแก่หนอนวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ส่วนใบหม่อนสดสับละเอียดให้เลี้ยงเวลา 7.00 น., 12.00 น.และ 16.00 น. ทำการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 29 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ จนถึงวัย 3 เมื่อหนอนเริ่มวัย 4 ให้เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดตามปกติจนเข้าดักแด้

1.3 การเลี้ยงไหมวัย 4 เมื่อหนอนไหมเริ่มเข้าวัย 4 ให้เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดตามปกติจนเข้าดักแด้

1.4 การบันทึกผล

1.4.1 การยอมรับอาหาร โดยสังเกตจำนวนหนีอาหารหลังจากให้อาหาร 12 และ 24 ชั่วโมง

1.4.2 จำนวนหนอนรอดชีวิตในวัย 4 โดยนับจำนวนหนอนรอดชีวิตหลังจากลอกคราบ แล้วคิดเป็นอัตราการอยู่รอด

1.4.3 น้ำหนักของหนอนไหมในวัย 3 และ วัย 5 (สุ่มชั่งครั้งละ 10 ตัว) โดยชั่งน้ำหนักก่อนให้อาหารมื้อแรกในแต่ละวัย

1.4.4 น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง (สุ่มชั่งครั้งละ 10 ตัว)

- น้ำหนักเปลือกรัง ชั่งวันที่ 6 หลังจากหนอนเข้าจ่อสมบูรณ์
- เปอร์เซ็นต์เปลือกรังคำนวณจาก = น้ำหนักเปลือกรังเดี่ยวx100/น้ำหนักรังสด

สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติชุมพร จ.ชุมพร และ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

ตั้งแต่ ธันวาคม 2550 จนถึง กุมภาพันธ์ 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. การเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมและอาหารธรรมชาติ (ใบหม่อน)

1.1 การยอมรับอาหารของหนอนไหมพันธุ์นางลายต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า หลังจากที่หนอนไหมได้รับอาหาร 12 ชั่วโมง หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนและ อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 100 และ 100 ตามลำดับ และหลังจาก 24 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารของหนอนไหมเฉลี่ยเท่ากับ 100 และ 100 ตามลำดับ

1.2 อัตราการอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางลายที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อน

จากการศึกษาอัตราการรอดของหนอนไหม วัยที่ 1 และ 4 ที่เลี้ยงบนใบหม่อน อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

หนอนไหมวัยที่ 1 ที่เลี้ยงบนใบหม่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดมากที่สุดที่ 98.89 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเทียมมีเปอร์เซ็นต์การรอดที่ 92.49 เปอร์เซ็นต์

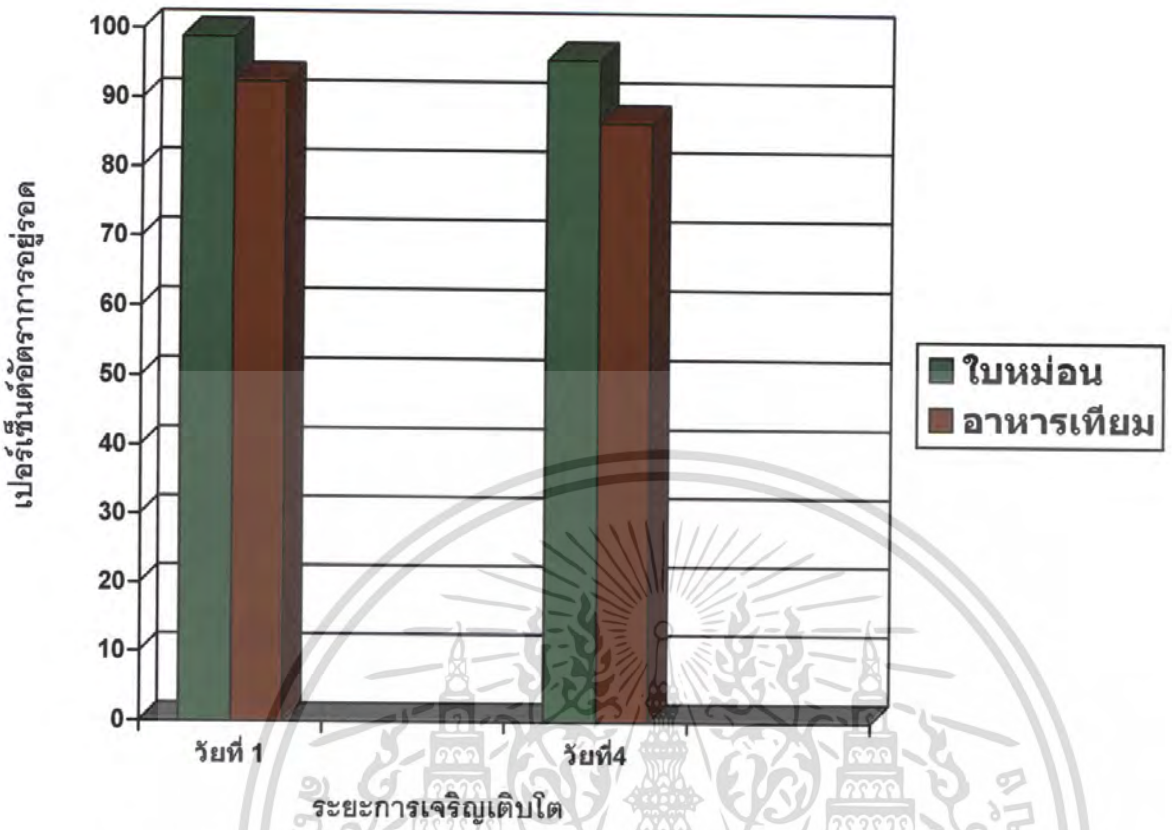
หนอนไหมวัยที่ 4 ที่เลี้ยงบนใบหม่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดมากที่สุดที่ 95.79 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเทียมมีเปอร์เซ็นต์การรอดที่ 86.72 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

ตารางที่2 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางลายที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน

สูตรอาหาร	การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางลาย (เปอร์เซ็นต์)	
	วัยที่ 1	วัยที่ 4
ใบหม่อน	98.89 a[1/]	95.79 a
อาหารเทียม	92.49 b	86.72 b

1/ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทดสอบโดยวิธี Duncan's new multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางลายที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 อายุของหนอนไหมพันธุ์นางลายตั้งแต่วัย 1-3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

จากการศึกษา พบว่า หนอนไหมที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและอาหารเทียม มีอายุของหนอนวัย 1-3 เฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน คือ 11.00 วัน และ 11.19 วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อายุของหนอนไหมพันธุ์นางลายวัย 1-3 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อน

สูตรอาหาร	อายุของหนอนไหมวัย 1-3 (วัน)
ใบหม่อน	11.00 a[1/]
อาหารเทียม	11.19 a

1/ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทดสอบโดยวิธี Duncan's new multiple range test

1.4 อัตราการเจริญเติบโตของหนอนไหมวัย 3 และ 5 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อน

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต โดยศึกษาน้ำหนักตัวของหนอนไหมวัย 3 และ 5 พบว่า หนอนไหมทั้ง 2 วัย มีอัตราการเจริญเติบโต ดังนี้ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 3)

หนอนไหมวัยที่ 3 หนอนไหมที่เลี้ยงบนอาหารเทียม มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่าหนอนไหมที่เลี้ยงบนใบหม่อน คือ 0.41 และ 0.38 กรัมต่อตัว ตามลำดับ

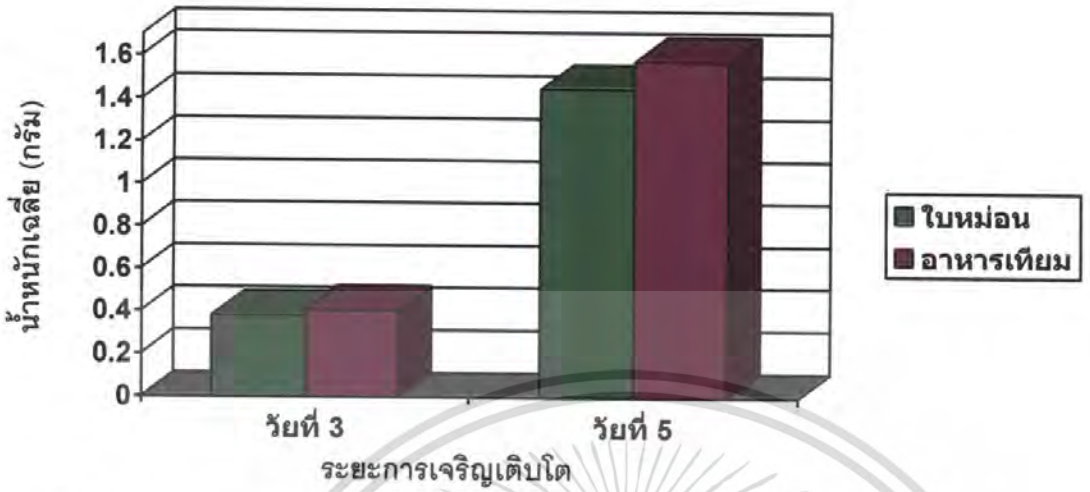
หนอนไหมวัยที่ 5 หนอนไหมที่เลี้ยงบนอาหารเทียม มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่าหนอนไหมที่เลี้ยงบนใบหม่อน คือ 1.58 และ 1.45 กรัมต่อตัว ตามลำดับ

ตารางที่ 4 น้ำหนักของหนอนไหมพันธุ์นางลายวัยที่ 3 และ 5 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน

สูตรอาหาร	น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม)	
	วัยที่ 3	วัยที่ 5
ใบหม่อน	0.38 a[1/]	1.45 a
อาหารเทียม	0.41 a	1.58 a

1/ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อทดสอบโดยวิธี Duncan's new multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 น้ำหนักของหนอนไหมพันธุ์นางลายวัยที่ 3 และ 5 ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน

1.5 ผลผลิตรังไหมของหนอนไหมที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อน

จากการศึกษา พบว่า หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมจะมีผลผลิตรังไหมที่มีคุณภาพสูงกว่าหนอนไหมที่เลี้ยงบนใบหม่อน (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 4)

โดยน้ำหนักรังสดของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมเฉลี่ยอยู่ที่ 1.23 กรัม และหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.13 กรัม

น้ำหนักเปลือกรังของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.16 กรัม และหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.13 กรัม

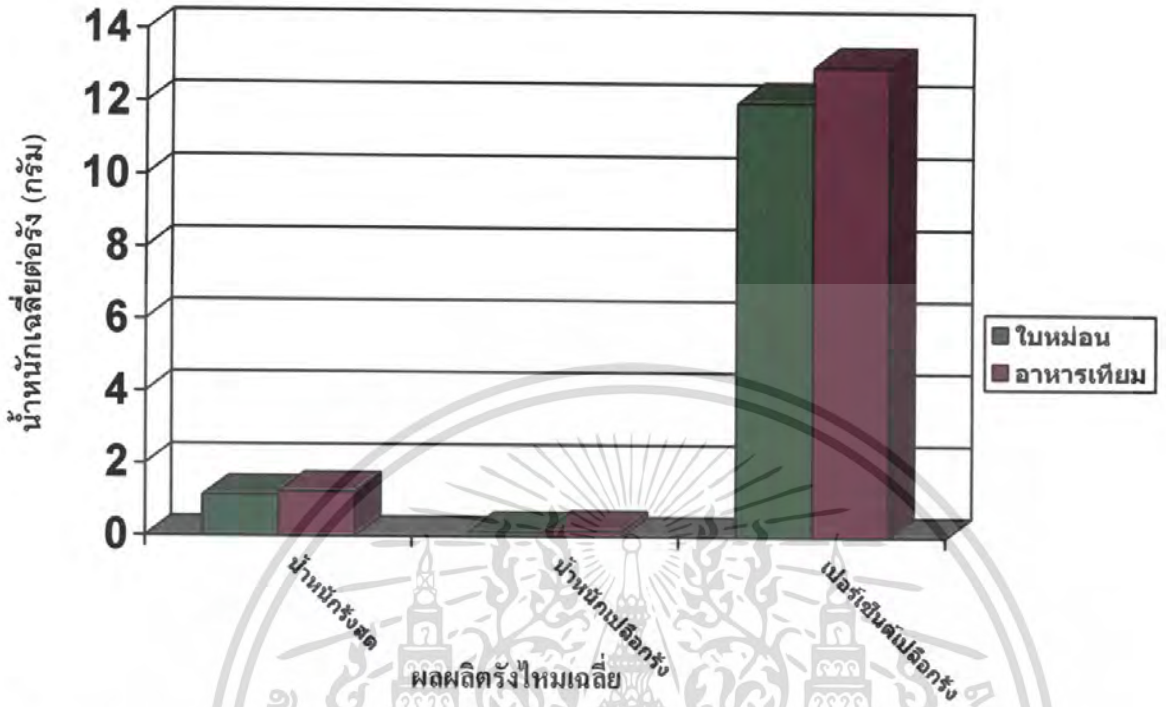
เปอร์เซ็นต์ที่เปลือกรังของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมเฉลี่ยอยู่ที่ 13.01 กรัม และหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 12.02 กรัม

ตารางที่ 5 น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังของหนอนไหม ที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน

สูตรอาหาร	น้ำหนักรังสด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกรัง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง (กรัม)
ใบหม่อน	1.13 b[1/]	0.13 a	12.02 a
อาหารเทียม	1.23 a	0.16 a	13.01 a

1/ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อทดสอบโดยวิธี Duncan's new multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ผลผลิตรังไหมของหนอนไหมที่เลี้ยงบนอาหารเทียมและใบหม่อนในวัยอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

ความสามารถในการยอมรับอาหาร อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการอยู่รอดของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นพบว่าดีกว่าใบหม่อน โดยมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการอยู่รอดใกล้เคียงกัน

หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่นและใบหม่อนมีอายุของหนอนไหมวัยที่ 1-3 ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ Ito (1980) กล่าวว่า หนอนไหมมีระยะเวลาการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมมากกว่าระยะเวลาการเลี้ยงไหมด้วยใบหม่อน อาจเกิดจากการที่เป็นการเลี้ยงในสภาพจริงที่มีจำนวนหนอนมากจึงที่ให้มีหนอนแย่งกินอาหารหรือจำหนวนใบหม่อนมีไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนในช่วงอายุของหนอนไหมได้

จากการศึกษาผลผลิตรังไหมของไหม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมมีคุณภาพรังไหมดีกว่าการเลี้ยงด้วยใบหม่อน ทั้งในด้านน้ำหนักเปลือกรัง และน้ำหนักรังสด ซึ่งสอดคล้องกับ วันทนีย์ (2539) ที่มีรายงานว่า น้ำหนักเปลือกรังและน้ำหนักรังสดของหนอนไหม จากการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียม มีคุณภาพของรังดีกว่าการเลี้ยงด้วยใบหม่อน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

การพัฒนาอาหารเทียมควรนำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับใช้ต่อไปเพื่อให้ได้สูตรอาหารเทียมสูตรใหม่ที่ดีที่สุด เพื่อให้มีอัตราการอยู่รอดสูงในไหมวัยอ่อนเท่ากับการเลี้ยงด้วยใบหม่อนและให้ผลผลิตรังไหมมากที่สุด มาปรับปรุงและพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับหนอนไหมวัยแก่ได้อีกด้วย และยังหาแหล่งอาหารเทียมชนิดอื่นๆมาใช้แทนเพื่อช่วยในการลดต้นทุนในการผลิตอาหารเทียม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานให้มีคุณภาพทัดเทียมสูตรที่ขายเป็นการค้าอีกทางหนึ่งด้วย ในอนาคตที่ดินอาจมีราคาสูงขึ้นไม่คุ้มค่ากับการลงทุนซื้อที่ดินมาทำการเกษตร ดังนั้นถ้าสามารถดำเนินการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมได้จะสามารถแก้ปัญหาเกษตรกรไม่มีที่ดินปลูกหม่อนได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาการขาดแคลนใบหม่อนในฤดูหนาวอีก และยังช่วยลดปัญหาการเกิดโรคไหมวัยอ่อนได้อีกด้วย จึงจำเป็นต้องสร้างความรู้เพื่อพัฒนาประสบการณ์ในด้านการพัฒนาอาหารเทียมต่อไป โดยเฉพาะเทคโนโลยีการผลิตอาหารเทียมให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการเลี้ยงไหมในประเทศไทยในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาชีววิทยาโดยการเลี้ยงไหมพันธุ์นางลายด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่นที่ผลิตเป็นการค้าเปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ พบว่าการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมญี่ปุ่น หนอนไหมมีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 100.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีอัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1 และ 4 มากที่สุด คือ 92.49 และ 86.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัววัยที่ 3 และ 5 เฉลี่ย 0.41 และ 1.58 กรัมต่อตัว ตามลำดับ มีผลผลิตรังไหม โดยมีน้ำหนักรังสด คือ 1.23 กรัมต่อรัง น้ำหนักเปลือกรัง 0.16 กรัมต่อรัง เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง 13.01 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุเฉลี่ยของหนอนไหมวัยที่ 1-3 อยู่ที่ 11.19 วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับใบหม่อน โดยมีอัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1 และ 4 มากที่สุด คือ 98.89 และ 95.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัววัยที่ 3 และ 5 เฉลี่ย 0.38 และ 1.45 กรัมต่อตัว ตามลำดับ มีผลผลิตรังไหม โดยมีน้ำหนักรังสด คือ 1.13 กรัมต่อรัง น้ำหนักเปลือกรัง 0.13 กรัมต่อรัง เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง 12.02 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุเฉลี่ยของหนอนไหมวัยที่ 1-3 อยู่ที่ 11.00 วัน จึงให้ผลดีกว่าการเลี้ยงด้วยใบหม่อน ถึงแม้ว่าอาหารเทียมจะมีอัตราอยู่รอดน้อยกว่าใบหม่อนแต่โดยผลที่ออกมาอาหารเทียมจะมีผลผลิตของรังไหมที่ออกมาดีกว่าใบหม่อน จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ จ้อยเจริญ. 2525. การปรับปรุงสูตรอาหารเทียมเพื่อเลี้ยงไหมป่าอีรี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ จารุกาญน์. 2524. การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย ถาวรอนุกูลกิจ. 2537. การผลิตหม่อนไหม. ภาควิชากีฏวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 351 น.

ชำนาญ โกศัยศาสตร์,หลวง. 2546. การเลี้ยงไหมทำไหม. สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 39 น.

ดวงสมร สินเจิมศิริ และ อังคนา หาญบรรจง. 2527. การศึกษาส่วนประกอบของโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีในประเทศไทย.กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิพย์ เพชรมนต์ และ ธีระ งามประสิทธิ์. 2533. ศึกษาวิธีการทำอาหารเทียมใช้ในการเลี้ยงไหม, น. 188-193. ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัยไหมต่างประเทศลูกผสม ประจำปี 2533. สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ เพชรมนต์ และ ธีระ งามประสิทธิ์. 2534. ศึกษาปรับปรุงส่วนผสมของอาหารเทียมให้มีประสิทธิภาพ, น. 193-196. ใน รายงานผลการวิจัยไหมต่างประเทศลูกผสม ประจำปี 2534. สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

พรรณี ศรีบรรเทา. 2530. เทคนิคการเลี้ยงไหมสำหรับประเทศไทย. กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ,กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 103 น.

พรรณภา ศักดิ์สูง และ เลิศลักษณ์ เงินศิริ. 2535. ผลของการใช้หม่อนพันธุ์พื้นเมืองเลี้ยงไหมในด้านการเจริญเติบโต และคุณลักษณะทางเศรษฐกิจของหนอนไหม (*Bombyx mori* L.).; วิทยาศาสตร์เกษตร 25. (4-6) : 89-96.

รุจิพร จารุพงษ์. 2548. พันธุ์ไหมส่งเสริม.[Online].Avaliable: www2.does.go.th/www/work/web/wanna3/silk.htm

วันทนีย์ เจริญการ. 2539.การตอบสนองของหนอนไหมวัยอ่อนต่ออาหารเทียม.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 20 หน้า.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ 2540. เล่ม 7. การปลูกหม่อนเลี้ยงไหม. [Online].Avaliable: www.Kanchanapisak.or.th/kp6/Book7/chapter3/t7-3-s.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุทธิ ทองขาว. 2545. สิ่งประดิษฐ์จากรังไหม. ภาควิชากีฏวิทยา. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

สมบูรณ์ โกมลนาค, มาโนช ปัญญาวนิช และ บัวแก้ว โกมลนาค. 2533. ศึกษาอิทธิพลของสาร Thiouria ต่อการเพิ่มผลผลิตใบหม่อนที่ใช้เลี้ยงไหมวัยอ่อน, น.51. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยไหมต่างประเทศลูกผสม ปี 2533. สถาบันวิจันหม่อนไหม. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2519. ทฤษฎีอาหารเล่ม2. หลักการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพอาหาร. บีเอฟไอ, กรุงเทพฯ. 130น.

ศิวาพร ศิวเวช. 2529. วัตถุเจือปนอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 182 น.

อุทัย คันโท. 2527. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 187 น.

อรพิน ภูมิภมร. 2532. รายงานสถานการณ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์จากแป้ง. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 96 น.

Benchamin, K.V. 1986. Silkworm rearing on synthetic diets. Lectures on Sericultures. Bangalore. 240 p.

Chauhan, T.P.S. and K. Singh. 1992. Studies on the effect of ascorbic acid (vitamin C) on fecundity in the mulberry silkworm *Bombyx mori* L. Sericologia 32 (4) : 567-574.

Dadd, R.H. 1957. Ascorbic acid and carotene in the nutrition of the desert locust *Schistocerca gregaria* Forsk. Nature 179 : 427-428.

Friend, W.G. 1958. Nutrition requirements of phytophagous insects. Annu. Rev.En. 3:57-74.

Fukuda, T.M. Suto and Y. Higuchi. 1960. Silkworm raising on artificial food. Nature 187: 669-670.

Hamamura, Y.K.,K. Hayashiya and K. Naito. 1961. β-sitosterol as one of the biting factors. Nature 190 : 880-881.

Hamano, K. 1989. Effect of dietary pyridoxine content on efficiency of the silkworm larvae, *Bombyx mori* L. J. Seri. Sci. Japan. 61 (3) : 245-253.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horie, Y. and H. Watanabe. 1980 Recent advances in sericulture. Annu Rev. Ent. 25 : 47-71.

Ito, T. 1960. Effect of sugar on feeding of larvae of the silkworm, *Bombyx mori* L.J. Ins. Physiol, 5 : 95-107.

Ito, T. 1961. Effect of dietary ascorbic acid on the silkworm, *bombyx mori.* Nature 192 : 951.

Ito, T. 1978. Silkworm nutrition, pp. 121-157. Y. Tazima(ed). In The Silkworm an Important Laboratory Tool, by Kodansha LTD., Tokyo, 307 p.

Ito, T. and M. Kobayashi. 1975. Rearing of the silkworm ,pp. 85-101. *In* Y. Tazima (ed) The Silkworm an Important Laboratory Tool. Kodansha, Tokyo, Japan. 307 p.

Ito, T. and M. Tanaka. 1961. Effect of administration of various sugars and their nutritive value. Bull. Sreicul. EExp. Sta. 16 (5) : 267-285.

Ito, T. and N. Aria. 1965. Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori* L.,IX Further studies on the nutritive effects of ascorbic acid, pp. 16-19. *In* T.P.S. Chauhan, and Singh. (ed). Studies on the Effect of Ascorbic Acid (Vitamin C) on the Fecundity in the Mulberry Silkworm *Bombyx mori* L. Sericologia 32 (4) : 567-574.

Ito, T. 1979. Artificial diet, pp. 271-281. *Cited by* สาน วิไล. อาหารเทียมเพื่อหนอนไหม. แก่นเกษตร 14 (3) : 119-127.

Ito, T. 1980. Application of artificial diets in sericulture. JATQ. Japan. 14 (13) : 163-168.

Ito, T. and Y. Horie. 1962. Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori* L. VIII. An aseptic culture of larvae on semi-synthetic diets.
J. Ins. Physiol.8 : 569-578'

J.O.C.V. 1975. Japan Overseas Cooperation Volunteers. Textbook of Tropical Sericuture. Tokyo. Japan. 321 p.

Karaksy, El. And M. Idriss. 1990. Ascorbic acid enhances the silk yield of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. J. Appli. Entomol. 109 (1) : 81-86.

Matsura, Y. 1994. 1 Blood meal used as dietary protein for the silkworm, *Bombyx mori* L. JARQ. 28 : 133-137.

Murthy, M.R.V. 1953. Studies on the nutrition of silkworm, *Bombyx mori* L. Cited by W.G. Friend. Nutrition Requirement of Phytophagous Ins. Annu. Rev. Ent. 3 : 57-74.

Roeder, D.K. 1953. Insectphysiology. Chapman and Hall. Ltd, London. 1100 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shinbo, H. and Yanakawa. 1994. Low-cost artificial diet for polyphagous silkworm. JARQ. 28: 262-267.

Tanaka, S. 1975. Textbook of Tropical Sericulture. Tokyo. Japan. 600 p.

Yanakawa, H. 1973. Effects of dietary levels of glucose on the amounts of trehalose, glycogen, lipids, and free aminoacid in the silkworm, *Bomby mori* L. Bull. Sreicul. Exp. Sta. 25 (5) : 267-283.

Yanakawa, H. and K. Suzuki. 1991. Development of a low-cost artificial diet-development of artificial diet by applying a linear programming method for strain of the silkworm *Bomby mori* L. Bull. Inst. Seric. Sci. Entomol. Sci. 3 : 57-75.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้