20911

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

T099087

เรื่อง

ชีววิทยาของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยที่เลี้ยงในอาหารเทียมชนิดต่างๆ

Biology of Silkworm (*Bombyx mori* L.), Nang – Noi Variety Reared in Various Artificial Diets.

โดย

นางสาวศิวภา ปิติสุรเดช
Miss Siwapa Pitisuradech

ปพ.
QL54.9?
2548
เลขหมู่............
เลขทะเบียน 99082
วัน,เดือน,ปี 15 JUN 2009

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

ชีววิทยาของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยที่เลี้ยงในอาหารเทียมชนิดต่างๆ

Biology of Silkworm (*Bombyx mori* L.), Nang – Noi Variety Reared in Various Artificial Diets.

โดย

นางสาวศิวภา ปิติสุรเดช

Miss Siwapa Pitisuradech

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

....

(ผศ.ดร.อำมร อินทร์สังข์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์ ชวาลา บุรณศิริ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่.......เดือน...............พ.ศ. ....

ชื่อเรื่อง : ชีววิทยาของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยที่เลี้ยงในอาหารเทียมชนิดต่างๆ

โดย : นางสาวศิวภา ปิติสุรเดช

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขา : สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : .... 23 / พค / 49

(ผศ.ดร. อำมร อินทร์สังข์)

บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากถั่วเหลืองและกระถิน ในการเลี้ยงหนอนไหม (*Bombyx mori* L.) พันธุ์นางน้อย เปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ (ใบหม่อน) และอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น พบว่า การเลี้ยงหนอนไหมด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง หนอนไหมมีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 90 และ 91.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1, 2, 3 และ 5 คือ 82, 80.66, 75.33 และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำหนักตัว วัยที่ 1, 2 และ3 เฉลี่ย 0.0035, 0.0257, 0.0904 กรัมต่อตัว ตามลำดับ และผลผลิตรังไหม โดยมีน้ำหนักรังสดเพศผู้และเพศเมีย เท่ากับ 0.8986 และ 1.1517 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง 0.1164 และ 0.1224 กรัม และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง 12.9540 และ 10.6278 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น โดยที่อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น มีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 96 และ 94.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1, 2, 3 และ 5 คือ 92.66, 90.66, 86.66 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำหนักตัว วัยที่ 1, 2 และ3 เฉลี่ย 0.0037, 0.0264, 0.0962 กรัมต่อตัว ตามลำดับ และผลผลิตรังไหม โดยมีน้ำหนักรังสดเพศผู้และเพศเมีย เท่ากับ 0.8986 และ 1.1508 กรัม น้ำหนักเปลือกรัง 0.1158 และ 0.1218 กรัม และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง 12.8866 และ 10.5838 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่อาหารเทียมสูตรกระถิน ไม่มีประสิทธิภาพในการใช้เลี้ยงหนอนไหม เนื่องจาก หนอนไหมการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 93.3 และ 96.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ต่อมาหนอนไหมไม่ยอมรับอาหาร หนีอาหารและไม่ยอมกินอาหาร ทำให้หนอนไหมเริ่มตายในวันที่ 2 ของการทดลอง และตายหมดในวันที่ 5 ของการทดลอง สำหรับการศึกษาชีววิทยาของหนอนไหม พบว่า ขนาดลำตัวของหนอนไหม ตัวเต็มวัยและอัตราการวางไข่ของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน มีขนาดโตกว่าและจำนวนมากกว่าหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียม แต่หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมมีขนาดดักแด้และวงจรชีวิตยาวกว่าหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน

Title : Biology of Silkworm (*Bombyx mori* L.), Nang – Noi Variety Reared in Various Artificial Diets.

By : Miss Siwapa Pitisuradech

Degree :Bechelor of Science (Agriculture)

Major :Plant Pest Management Technology

Advisor : ..../........../..........

(Assist.Prof.Dr. Ammorn Insung)

Abstract

A study of artificial diets developed from different protein sources, soybean and leucaena leaf for rearing silkworms (*Bombyx mori* L.), Nang-Noi variety compared with natural food (mulberry) and commercially artificial diet was indicated. It was found that the silkworm reared with soybean artificial diet showed food acceptable at 12 and 24 hours of 90 and 91.3 %, respectively. The survival rates of 1, 2, 3 and 5 instar larvae were 82, 80.66, 75.33 and 62 %, respectively. The weights of 1, 2 and 3 instar larvae were 0.0035, 0.0257 and 0.0904 g, respectively and the weights of pupa with cocoon of male and female were 0.8986 and 1.1517 g, the weights of cocoon were 0.1164 and 0.1224 g and cocoon percentages were12.9540 and 10.6278 %, respectively. Similar result was obtained when silkworm was reared on mulberry leaves and artificial diet for commercial use which showed food acceptable at 12 and 24 hours of 96 and 94.6 %, respectively. The survival rates of 1, 2, 3 and 5 instar larvae were 92.66, 90.66, 86.66 and 70 %, respectively. The weights of 1, 2 and 3 instar larvae were 0.0037, 0.0264, and 0.0962g, respectively and the weights of pupa with cocoon of male and female were 0.8986 and 1.1508 g, the weights of cocoon were 0.1158 and 0.1218 g and cocoon percentages were 12.8866 and 10.5838 %, respectively. However, leucaena leaf artificial diet did not show any efficiency for rearing silkworm. There for, it presented food acceptable at 12 and 24 hours of 90 and 91.3 %, respectively. Then it was not eaten by silkworm and caused the first instar larva die in 2 to 5 days after experiment. Biology of silkworm was also conducted. It revealed that the size of larvae, adult and fecundity of silkworm reared on mulberry leaves were bigger than those reared on the

artificial diets. But the larvae reared on the artificial diets showed a bigger size of pupa and longer life cycle than those reared on mulberry leaves.

คำนิยม

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณหลายท่าน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำมร อินทร์สังข์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ อนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการปฏิบัติงานเป็นอย่างดี และขอขอบคุณพี่ ๆ นักศึกษาปริญญาโท และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์ ทั้งคอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจเสมอมา

ศิวภา ปีติสุรเดช
เมษายน 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญภาพ	viii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	23
ผลการทดลอง	30
วิจารณ์ผลการทดลอง	54
สรุปผลการทดลอง	55
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ส่วนประกอบของสารอาหารภายในใบหม่อน....10
2. ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐาน....25
3. ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง....26
4. สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง....28
5. การยอมรับอาหารของหนอนไหมไหมพันธุ์นางน้อย หลังจากการให้อาหารไปแล้ว 12 และ 24 ชั่วโมง....30
6. เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในแต่ละวัย....35
7. การเจริญเติบโตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัย 1 ถึง วัย 3....37
8. น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง ของเพศผู้และ เพศเมียต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....40
9. อายุของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยตั้งแต่วัย 1 จนถึงวัย 3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....44
10. ขนาดลำตัวเฉลี่ยของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย....46
11. ขนาดเฉลี่ยของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อย....48
12. ขนาดเฉลี่ยผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อย....49
13. อัตราการวางไข่ของผีเสื้อพันธุ์นางน้อยในแต่ละวัน....50

ตารางผนวกที่ หน้า

1. การยอมรับอาหารมื้อแรกหลังจาก 12 ชั่วโมง....61
2. การยอมรับอาหารมื้อแรกหลังจาก 24 ชั่วโมง....61
3. อายุของหนอนวัยที่1- วัยที่3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....61
4. เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 1....62
5. เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 2....62
6. เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 3....63
7. เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 5....63
8. น้ำหนักของหนอนวัยที่1 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....63
9. น้ำหนักของหนอนวัยที่2 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....64

ตารางผนวกที่(ต่อ)

หน้า

10. น้ำหนักของหนอนวัยที่3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน.....64
11. น้ำหนักรังสดเพศผู้.....65
12. น้ำหนักรังสดเพศเมีย.....65
13. น้ำหนักเปลือกรังเพศผู้.....65
14. น้ำหนักเปลือกรังเพศเมีย.....66
15. เปอร์เซ็นต์เปลือกรังเพศผู้.....66
16. เปอร์เซ็นต์เปลือกรังเพศเมีย.....67
17. ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 1.....67
18. ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 1.....67
19. ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 2.....68
20. ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 2.....68
21. ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 3.....69
22. ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 3.....69
23. ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 4.....69
24. ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 4.....70
25. ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 5.....70
26. ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 5.....71
27. ขนาดความกว้างของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้.....71
28. ขนาดความยาวของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้.....71
29. ขนาดความกว้างของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย.....72
30. ขนาดความยาวของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย.....72
31. ขนาดความกว้างของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้.....73
32. ขนาดความยาวของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้.....73
33. ขนาดความกว้างของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย.....73
34. ขนาดความยาวของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย.....74
35. อัตราการวางไข่ของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในวันที่ 1.....74
36. อัตราการวางไข่ของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในวันที่ 2.....75
37. อัตราการวางไข่ของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในวันที่ 3.....75

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. เปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย หลังจากให้อาหารมื้อแรก ที่ 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง....31
2. ภาพ A) อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น ภาพ B) การยอมรับอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น....32
3. ภาพ A) อาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง ภาพ B) การยอมรับอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง....33
4. ภาพ A) อาหารเทียมสูตรใบกระถิน ภาพ B) การยอมรับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน....34
5. เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....36
6. การเจริญเติบโตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย ตั้งแต่วัย 1 ถึง วัย 3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....38
7. น้ำหนักรังสดเฉลี่ยต่อรังของหนอนไหมเพศผู้และเพศเมีย ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....41
8. น้ำหนักเปลือกรังเฉลี่ยต่อรังของหนอนไหมเพศผู้และเพศเมีย ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....42
9. เปอร์เซ็นต์เปลือกรังของหนอนไหมเพศผู้และเพศเมีย ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน....43
10. ลักษณะไข่ของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) ไข่แรกฟัก B) ไข่เมื่อใกล้ฟัก ที่กำลังขยาย 400 เท่า....51
11. ลักษณะของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) วัย 1 B) วัย 2 ที่กำลังขยาย 400 เท่า C) วัย 3 D) วัย 4 E) วัย 5....51
12. ลักษณะดักแด้ของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) เพศเมีย B) เพศผู้ ที่กำลังขยาย 400 เท่า....52
13. ลักษณะตัวเต็มวัยของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) เพศเมีย B) เพศผู้ ที่กำลังขยาย 400 เท่า....52
14. วงจรชีวิตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย....53

คำนำ

การผลิตไหมในประเทศไทยเป็นการสร้างอาชีพและรายได้ให้กับประชากรของประเทศ จนเป็นสินค้าเอกลักษณ์ส่งออกติดตลาดโลก เป็นอาชีพที่รัฐบาลให้ความสำคัญตลอดมา เพราะเป็นอาชีพที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่าอาชีพการเกษตรอื่นๆ มีรายได้ดีและสม่ำเสมอตลอดปี เปรียบเสมือนหนึ่งเป็นเงินเดือนของเกษตรกร เกษตรกรมีการใช้แรงงานอย่างเต็มที่ ลดปัญหาด้านสังคมให้แก่ชนบท และยังเป็นการเกษตรที่ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและสมดุลทางธรรมชาติเพราะไม่มีการใช้สารเคมี แต่ในบางช่วง เช่น หน้าแล้ง ประเทศไทยจะมีปัญหาการขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ที่ปลูกหม่อนและการขาดพื้นที่ทำกินก็เป็นอุปสรรคในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมทำให้เกษตรกรไม่สามารถเลี้ยงไหมได้ เนื่องจากใบหม่อนเป็นอาหารเพียงชนิดเดียวของหนอนไหม (*Bombyx mori* L.) ดังนั้นคุณภาพด้านคุณค่าทางอาหารของใบหม่อนมีความสำคัญในการกำหนดความสำเร็จของการเลี้ยงไหม และเนื่องจากไหมวัยอ่อน เริ่มตั้งแต่หนอนไหมแรกฟักออกจากไข่ไหมไปจนหนอนไหมนอนครั้งที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 10-11 วัน ช่วงนี้หนอนไหมจะอ่อนแอและมีความต้านทานโรคน้อย การกินใบหม่อนที่มีโรคเข้าไปจะทำให้หนอนแสดงอาการเป็นโรคในวัย 4 และ 5 หนอนจะเริ่มตายมากในวัย 5 ซึ่งเป็นวัยที่กินอาหารเข้าไปกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ การใช้อาหารเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดปัญหาการเกิดโรคและการตายของหนอนไหม ทั้งยังทำให้หนอนไหมได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนและเพิ่มความแข็งแรงให้กับหนอนไหมอีกด้วย

ประเทศญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในการผลิตอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนไหมและทำการผสมเป็นการค้าเพื่อให้เกษตรกรใช้เลี้ยงไหม ตั้งแต่วัย 1-5 แต่อาหารเทียมมีราคาแพงมากจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในประเทศไทย แต่มีข้อดีคือ ลดการเป็นโรคและสามารถประหยัดแรงงานในการเลี้ยงได้ ดังนั้นจึงน่าจะมีการพัฒนาผลิตอาหารเทียมขึ้นใช้เองภายในประเทศ และถ้าหากผลิตได้เองก็จะประหยัดต้นทุนได้มาก เนื่องจากวัตถุดิบภายในประเทศไทยสามารถหาได้ง่ายและราคาไม่แพง

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรอาหารเทียมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของหนอนไหมและศึกษาถึงชีววิทยาของหนอนไหม เพื่อให้เป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและผู้สนใจศึกษาและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปสู่การพัฒนาการทำอาหารเทียมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรอาหารเทียมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของหนอนไหมวัย 1-3 เปรียบเทียบกับอาหารเทียมที่เป็นการค้า และอาหารธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาชีววิทยาของหนอนไหม(*Bombyx mori* L.) พันธุ์นางน้อย ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมและอาหารธรรมชาติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตรวจเอกสาร

ไหมเป็นสัตว์อยู่ใน Phylum Arthropoda มีการเจริญเติบโตเป็นแบบ complete metamorphosis คือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแต่ละขั้นตอนของการเจริญเติบโต แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สำหรับลำดับการจัดหมวดหมู่ของไหมมีดังนี้

Phylum Arthropoda

Class Hexapoda or Insecta

Sub – Class 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

ชีพจักรและการเจริญเติบโต

ชีพจักรของไหม แบ่งออกเป็นขั้นตอนสำคัญได้ 4 ขั้นคือ (ชำนาญ, 2546)

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

2. ระยะที่เป็นตัวหนอน (larvae) ระยะนี้เป็นระยะที่ใช้เวลามากที่สุดในชีพจักรของไหม และมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางขนาดและน้ำหนักมากที่สุด กล่าวคือหนอนไหมโตเต็มที่จะมีน้ำหนักเป็น 10,000 เท่า ของไหมที่ฟักตัวออกจากไข่ใหม่ๆ หนอนไหมมีการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก เมื่อเจริญเติบโตไปได้ระยะหนึ่งผิวหนังซึ่งมีขีดจำกัดการขยายตัว เนื่องจากประกอบด้วยสาร chitin ก็ไม่

สามารถที่จะขยายตัวออกอีกต่อไป หนอนไหมจึงต้องมีการลอกคราบเพื่อเพิ่มขนาดลำตัวขึ้นไปอีก หนอนไหมโดยทั่วไปจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง

2.1 หนอนไหมที่ฟักออกจากไข่ใหม่ๆ (new – born larvae) หนอนไหมที่ฟักออกใหม่ ๆ จะมีลำตัวเป็นสีดำหรือสีน้ำตาลไหม้ ทั้งนี้ เนื่องจากมีขน (bristle) ปกคลุมอย่างหนาแน่น ขนนี้จะค่อย ๆ บางลงเนื่องด้วยผิวหนังมีการขยายตัว หลังจากที่ออกจากไข่และกินอาหารเต็มที่ประมาณ 3 – 4 วัน ก็จะหยุดกินอาหารเตรียมตัวลอกคราบ

2.2 การลอกคราบ (moulting) การเจริญเติบโตของหนอนไหมจะได้รับอิทธิพลจากฮอร์โมน ซึ่งได้จาก corpus alata และเมื่อมีการเจริญเติบโตถึงจุดหนึ่ง ซึ่งผิวหนังไม่สามารถขยายตัวได้อีกต่อไป ฮอร์โมนจาก corpus alata ก็จะหยุดทำงานและในจังหวะเดียวกันนี้ ฮอร์โมนจาก protho racic gland จะเริ่มมีบทบาทกำหนดให้ไหมทำการลอกคราบ ในการลอกคราบของหนอนไหม ต่อม exuvial ซึ่งอยู่ในบริเวณโคนของขาส่วนอก 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 ลำตัวค่อนข้างโปร่งแสง และคลานหาสถานที่เหมาะสมต่อการทำรัง ในระยะนี้เรียกว่าไหมสุก ช่วงเวลาจากระยะฟักตัวออกจากไข่จนถึงระยะไหมสุกนี้จะใช้เวลา 20 – 25 วัน เมื่อได้ที่เหมาะสมแล้วก็จะเริ่มลงมือทำรัง โดยในตอนแรกเส้นใยที่คายออกมาทำรังจะเป็นตัวหยุดอยู่กับสิ่งต่าง ๆ และในตอนนี้ไหมจะทำการถ่ายมูลครั้งสุดท้ายโดยไม่เปรอะเปื้อนรังส่วนนอกของมันเลย หลังจากนั้นไหมก็จะเริ่มทำรังส่วนในซึ่งถือว่าเป็นรังแท้ ไหมจะทำรังเสร็จหลังจากเริ่มทำรังแล้ว 2 – 3 วัน เมื่อทำรังเสร็จแล้วอีก 1 – 2 วัน หนอนไหมจะลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรัง อันเป็นการสิ้นสุดสภาพของการเป็นตัวหนอน

3. ระยะที่เป็นดักแด้ (pupae) หลังจากหนอนไหมลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรังแล้ว ดักแด้นี้จะนอนอยู่ในรังเฉย ๆ จนกระทั่งอีก 6 – 7 วัน หลังจากที่ลอกคราบเปลี่ยนสภาพจากตัวหนอนดักแด้ก็จะลอกคราบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมักจะเป็นเวลาเช้ากลายเป็นผีเสื้อ (moths)

4. ระยะที่เป็นผีเสื้อ (moths) เมื่อดักแด้ได้ลอกคราบกลายเป็นผีเสื้ออยู่ภายในรังแล้ว ผีเสื้อจะพ่นน้ำลายซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง เพื่อละลายรังไหมแล้วดันตัวเองออกสู่ภายนอก หลังจากที่ได้ออกมาจากรังแล้วพักอยู่สักครู่หนึ่งตัวของผีเสื้อจะแห้ง ปีกจะกางออกพร้อมที่จะทำการผสมพันธุ์ และ

วางไข่ต่อไป หลังจากที่เปลี่ยนสภาพไปเป็นผีเสื้อออกมาสู่ภายนอกแล้ว 7 – 9 วันผีเสื้อเหล่านี้ก็จะตาย

สัณฐานวิทยาของไหมในระยะที่เป็นหนอน

หนอนไหมมีส่วนประกอบภายนอกและภายในดังนี้

1. ส่วนประกอบภายนอกของหนอนไหม

หนอนไหมประกอบด้วยส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) นอกจากนี้ ผิวหนังของหนอนไหมประกอบด้วย chitin ซึ่งเป็นสารประกอบพวกแคลเซียม หนอนไหมมีรูหายใจอยู่ข้างลำตัวมีลักษณะบ่งชี้เพศอยู่ทางด้านท้อง

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

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

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 ขาของส่วนท้องนี้ไม่แบ่งออกเป็นปล้องแต่มีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อตอนปลายขามีลักษณะคล้าย ๆ ถ้วย และมีแผ่น chitin สีคล้ำ ๆ อยู่ตามขอบในลักษณะครึ่งวงกลมภายในอุ้งเท้าจะประกอบด้วยขน ซึ่งมีลักษณะคล้ายตะขออยู่หนาแน่น ขนนี้ใช้ประโยชน์ในการเกาะยึดกับพื้นที่

ส่วนปลายสุดของลำตัวมีอวัยวะลักษณะเป็นกล้ามเนื้อ และมีส่วนประกอบเช่นเดียวกับขาของส่วนท้องอยู่ 1 คู่ ซึ่งเรียกว่า ขาส่วนท้ายของลำตัว (caudual legs)

1.4 ผิวหนัง (body wall) ผิวหนังของหนอนไหมประกอบด้วยผิวหนังชั้นนอกหรือหนังกำพร้า (cuticle) และหนังแท้ (hypodermis) ในส่วนของหนังกำพร้ายังแบ่งออกเป็น primary และ secondary cuticle สาร chitin ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผิวหนังหนอนไหมจะอยู่ในชั้นของหนังกำพร้านี้เอง ในชั้นของ primary cuticle จะมีสารขี้ผึ้งเคลือบอยู่บาง ๆ และมีปุ่ม (nodules) กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพันธุ์ไหม ซึ่งหากพันธุ์ใดมีผิวหนังเป็นมัน เช่น ไหมสายเลือดจีน และไหมพวกที่ฟักออกหลายครั้งต่อปีจะมีปุ่มดังกล่าวอยู่น้อย ปุ่มดังกล่าวนี้จะมีมาก

ตามบริเวณแต้มหรือจุด (marking or spots) สารที่ทำให้เกิดสีจะอยู่บนชั้น primary cuticle และในส่วนของหนังแท้เท่านั้นไม่ปรากฏใน secondary cuticle

หนังแท้ที่อยู่ถัดจากหนังกำพร้าลงไป ประกอบด้วยเซลล์ซึ่งมีต่อมเล็ก ๆ อันประกอบด้วย กรดยูริก และสาร pterin ซึ่งสารทั้งสองนี้จะทำให้เกิดลักษณะคล้าย ๆ กับผิวหนังแตกในไหม พวกที่มีผิวหนังเป็นมันจะมีต่อมเหล่านี้อยู่เป็นจำนวนมากต่อมเหล่านี้สลายตัวไปเมื่อไหมสุก (matured larvae) สาร chitin ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผิวหนังนั้น ยังพบว่ามีกระจายอยู่ตามบริเวณส่วนหัว และตามบริเวณช่องปากตลอดไปจนถึงลำไส้ตอนต้น และตอนปลายอีกด้วย

1.5 รูหายใจ (spiracles) หนอนไหมใช้รูหายใจเป็นอวัยวะสำหรับหายใจ รูหายใจนี้อยู่ด้านข้างลำตัวหนอนไหมทั้ง 2 ข้าง เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นเป็นจุดสีดำ ๆ รูหายใจมีทั้งหมด 9 คู่ โดยรูหายใจคู่แรกอยู่ที่ปล้องที่ 1 ของส่วนอกนั้นจะมี chitin ring ยื่นออกมา สำหรับรูหายใจคู่ต่อมาจะอยู่ที่ปล้องที่ 1 – 8 ของส่วนท้อง รูหายใจของปล้องส่วนท้องจะมีขนาดเล็กที่สุดในปล้องท้องแรก และจะมีขนาดโตขึ้นตามลำดับของปล้องท้อง 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 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 ภายในช่องปากจะมีต่อมน้ำลายสีเหลือง ผลิตน้ำลายมีฤทธิ์เป็นด่างประกอบด้วย 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 %

และสารอื่น ๆ อีก 14 ชนิด

Fibroin มีส่วนประกอบดังนี้

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

นอกจากนี้ยังมีสารอื่น ๆ เช่น

Alugin, Histizin, Rigin

ต่อมสร้างเส้นไหมที่มีขนาดโตขึ้น ก็จะเข้าไปดันท่อทางเดินอาหารให้ไปอยู่ทางส่วนท้ายของลำตัวหนอนไหม เส้นไหมถือได้ว่ามิใช่โปรตีนที่มาจากใบหม่อนโดยตรง แต่เป็นโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงมาจากร่างกายขิงหนอนไหมเอง ต่อมสร้างเส้นไหมจะส่งสารที่อยู่ในรูปของเหลวไปยังท่อคายเส้นไหม จากนั้นหนอนไหมก็จะเริ่มคายเส้นไหมออกทำรังต่อไป ซึ่งในระยะนี้ของเหลวที่ถูกส่งมาจากต่อมสร้างเส้นไหมจะแข็งตัวกลายเป็นเส้นใย และเป็นรูปรังในที่สุด จากการที่หนอนไหมสร้างรังขึ้นมานี้โดยเหตุผลทางนิเวศน์วิทยา ถือว่าเป็นการป้องกันตัวของมันเองในระยะที่กลายเป็นดักแด้ ซึ่งเคลื่อนไหวไปมาไม่ได้

ในการทำรังของหนอนไหม หนอนไหมจะพ่นใยออกมาเป็น 2 ลักษณะ คือ

ก. พ่นใยลักษณะตัวเอส (S type) การพ่นใยลักษณะนี้มักจะพ่นออกมาในช่วงการสร้างรังระยะแรก ส่วนนอกของรังไหม ซึ่งถ้ารังไหมมีการเรียงตัวของเส้นใยในลักษณะนี้จะสาวไหมง่าย

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

ภายในเปลือกรังไหมรังหนึ่ง ๆ มีรูเล็ก ๆ ที่เป็นทางผ่านของอากาศ และน้ำอยู่ถึง 50,000 – 60,000 รู

2.3 อวัยวะที่ใช้ในการไหลเวียนโลหิต (circular organ)

การไหลเวียนของโลหิตภายในตัวไหม เกิดจากการบีบตัวโดยอัตโนมัติของปลายเส้นเลือดที่มีอยู่ทางตอนปลายของลำตัว เส้นเลือดนี้จะวางพาดอยู่ทางด้านบน (dorsal) ของลำตัว มีรูปร่างเป็นท่อยาว (dorsal vessel) มีช่องเปิดทางปลายหัว และมี ostia เป็นคู่ ๆ 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

2.4 อวัยวะที่ใช้ในการหายใจ (respiratory organ)

ภายในรูหายใจต่ำจาก sieve plate ลงไปจะมีเยื่อบาง ๆ 2 ชิ้น ซึ่งเคลื่อนไหวได้ต่อจากเยื่อบางนี้จะมีช่องต่อกับท่ออากาศ (tracheae) ขนาดใหญ่หลายเส้น ท่ออากาศเหล่านี้ท่อหนึ่งจะไปด้านหน้าติดกับปล้องของลำตัว และจะมีท่อหนึ่งไปทางด้านหลัง เพื่อไปเชื่อมกับรูหายใจของปล้องถัดไป ส่วนท่ออากาศอื่น ๆ ก็จะติดกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ การหายใจของไหมจะหายใจผ่านท่ออากาศเหล่านี้

2.5 อวัยวะที่ใช้ในการขับถ่าย

malpighian tube เป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการขับถ่ายของเหลวของไหม นอกจากจะช่วยในการขับถ่ายของเหลวแล้ว malpighian tube ยังมีส่วนช่วยในการลอกคราบ โดยเป็นตัวผลิตสารสีเหลืองคล้ายแป้ง ให้ไปแทรกซึมอยู่ระหว่างผิวหนังเก่ากับใหม่ ในระยะที่จะมีการลอกคราบสาร

ดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของ calcium oxalate, vitamin B_2 กรดยูริก ซึ่งได้มาจากการเผาผลาญไนโตรเจน (nitrogen metabolism)

2.6 ไขมัน (fat body)

มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อขาว ๆ อยู่ใต้ผิวหนัง โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นแผ่นบาง แต่ละเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน glucogen และสารชนิดอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับขบวนการเผาผลาญ (metabolism process)

2.7 กล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว

ตัวหนอนไหมประกอบด้วยกล้ามเนื้อมากมายหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นการเดิน การคายเส้นไหมทำรัง 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 จากส่วนยอดของรังไข่แต่ละข้างจะมีแผ่นบางๆ ติดต่อกับ Ishiwata ' s glands ในปล้องที่ 10 และ 11

ความสำคัญของคุณค่าอาหารต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหม

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

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสารอาหารภายในใบหม่อน (Ito and Kobayashi,1975)

Leaves for	Water content in fresh leaves(%)	Dry leaves (%)					
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	Nitrogen free extracts	Carbo-hydrates
1st instar	82.07	36.35	3.17	9.27	8.11	43.10	12.23
2nd instar	79.99	31.04	3.10	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	78.40	27.35	3.15	10.79	7.97	50.74	18.02
5th instar	75.65	24.16	3.49	10.71	7.20	54.44	20.21

หม่อนเป็นพืชยืนต้นปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายปี และปีละหลายครั้ง จึงจำเป็นต้องให้สารอาหารในการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตและคุณภาพใบ ดังนั้น จึงควรใส่ปุ๋ยให้เพียงพอกับความต้องการของต้นหม่อน โดยเฉพาะปุ๋ย N ซึ่งมีบทบาทมากในการเพิ่มผลผลิตหม่อน เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตหม่อน โดยการใส่ปุ๋ย N-P-K และขาด N หรือ P หรือ K พบว่าหม่อนจะให้ผลผลิตต่างกันคือ ดินที่ขาดปุ๋ย N มีผลผลิตเพียง 41% และถ้าดินขาด P ให้ผลผลิต 91% และถ้าขาด K ให้ผลผลิตสูงถึง 97% (JOCV, 1975) นอกจากนี้การนำใบหม่อนที่ปลูกในดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส ไปใช้เลี้ยงไหม ปรากฏผลว่า การเจริญเติบโตของหนอนลดลง ไม่มีการสร้างรังและมีอาการของโรค Flacherie การนำใบหม่อนต่างพันธุ์มาใช้เลี้ยงไหมพบว่า หนอนไหนมีการเจริญเติบโตต่างกัน ดังการทดลองของ พรรณนภา และ เลิศลักษณ์ (2535) เปรียบเทียบทางอ้อมถึงคุณค่าทางอาหารของใบหม่อนพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 7 พันธุ์ โดยวัดการเจริญเติบโต และลักษณะทางเศรษฐกิจของหนอนไหมพันธุ์ลูกผสมต่างประเทศ ปรากฏว่า หม่อนปล้องและหางปลาหลด มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับหม่อนน้อย แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโต การเข้าจ่อน้ำหนักเปลือกรัง ปรากฏว่า พันธุ์หางปลาหลดและปล้อง ดีกว่าพันธุ์หม่อนน้อย ตามลำดับ

การพัฒนาอาหารเทียมในญี่ปุ่นและการพัฒนาอาหารเทียมราคาถูก

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

Ito and Horie (1962)ได้ทดลองเลี้ยงหนอนไหมในอาหารเทียมที่ไม่มีในหม่อนป่นผสมอยู่เลย พบว่า หนอนไหมวัยที่ 1 จะมีอัตราการตายสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมที่เติมใบหม่อนป่น 8% พบว่าในกลุ่มหลังหนอนไหนมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า และมีอัตราการตายต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการเลี้ยงหนอนไหมด้วยอาหารเทียมครั้งแรกนั้นยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากมีจำนวนหนอนตายสูง หนอนโตช้าและรังเล็ก ต่อมา มีผู้ทำการทดลองค้นคว้าศึกษาในด้านโภชนะ ที่ใช้ในการประกอบอาหาร ความต้องการอาหาร ระบบที่ใช้เลี้ยง การควบคุมโรคและมีการพัฒนาวิธีการเลี้ยง จนกระทั่งในปี 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 ซึ่งเป็นระยะที่สำคัญมากแต่ยังมีข้อจำกัดของการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมคือ 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 สามารถนำมาใช้ได้ง่าย สะดวก โดยการนำอาหารเม็ดจุ่มน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 80

องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้เลี้ยงไหม ซึ่งอาหารชนิดนี้มีชื่อว่า Yuneri diet (Shinbo and Yanakawa, 1994)

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 โดยฉวีวรรณได้ทดลองเลี้ยงไหมวัยอ่อน *Bombyx mori* L. ด้วยอาหารเทียมตั้งแต่เริ่มฟักจากไข่ พบว่าได้ผลน้ำหนักดักแด้ต่ำกว่าการใช้อาหารเทียมเลี้ยงไหมในช่วงวัย 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ และไหมวัย 5 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียม จะให้เปอร์เซ็นต์เส้นใยสูงใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์เส้นใยของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ ต่อมา กรรณิการ์ (2525) ได้มีการทดลองปรับปรุงสูตรอาหารเทียม เพื่อเลี้ยงไหมป่าอีรี่ พบว่า สูตรที่ปรับปรุงให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่าสูตรเบื้องต้น และใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ อายุหนอนนานกว่า 2 วัน แต่น้ำหนักดักแด้ น้ำหนักเปลือกรังและจำนวนไข่มากกว่า อย่างไรก็ดี ยังไม่มีการใช้อาหารเทียมเพื่อการเลี้ยงหลังจากนั้น พรทิพย์ และธีระ (2533) พบว่า สามารถใช้อาหารเทียมที่มีใบหม่อนเป็นส่วนประกอบเลี้ยงไหมวัย 5 ได้ผลดีใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยหม่อน โดยมีเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง จากการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม เท่ากับ 18.9% ซึ่งต่ำกว่า

เปอร์เซ็นต์เปลือกรังที่ได้จากการเลี้ยงด้วยหม่อน (20.20) เปอร์เซ็นต์ และจากการพัฒนาอาหารเทียมโดยทดแทนสารอาหารบางชนิด พบว่า การใช้ถั่วเขียวเป็นแหล่งโปรตีน ในอาหารเทียมนำมาเลี้ยงไหมมีผลให้อัตราการอยู่รอดสูงกว่า แต่ให้เปอร์เซ็นต์เปลือกรังต่ำกว่าอาหารเทียมที่ใช้โปรตีนจากถั่วเหลือง โดยมีอัตราการอยู่รอดวัย 1-5 จากการเลี้ยงด้วยถั่วเขียว เท่ากับ 78% และเปอร์เซ็นต์เปลือกรังเท่ากับ 12.7% ส่วนการใช้ถั่วเหลืองมีอัตราการอยู่รอด 34% และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง เท่ากับ 12.8% (พรทิพย์ และธีระ, 2534)

เหตุผลในการเลี้ยงไหมวัยอ่อน 1-3 ด้วยอาหารเทียมเพื่อลดปัญหาการตายของหนอนไหมเนื่องจากโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเพบบรินจากแมลงในธรรมชาติ โดยหนอนไหมได้รับเข้าทางปาก จากการกินสปอร์ที่ติดมากับใบหม่อนเข้าไป ทำให้แสดงอาการเป็นโรคในวัย 4 และ 5 หนอนจะเริ่มตายมากในวัย 5 อันเป็นวัยที่ได้กินอาหารเข้าไปกว่า 80% (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 โภชนะพวกคาร์โบไฮเดรตมีส่วนในการกระตุ้นให้หนอนไหมอยากกินอาหารโดยเฉพาะน้ำตาลซูโครส กระตุ้นการกินอาหารของหนอนไหมมากที่สุด ตามด้วยน้ำตาลฟรุคโตส ส่วนน้ำตาลกลูโคส เป็นตัวกระตุ้นที่ดีที่สุด (Ito, 1960) ส่วนอาหารพวกแป้งและ dextrin นั้นเมื่อหนอนไหมได้รับเข้าทางปาก ก็จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส ในเนื้อเยื่อท่ออาหารและน้ำย่อยในหลอดอาหาร นอกจากหนอนใช้เป็นแหล่งพลังงานแล้วยังเก็บสะสมไว้ในรูปทรีฮาโลส (trehalose) เยื่อไขมัน (fat body) ไกลโคเจน (glycogen) ไขมันและกรดอะมิโน (lipids และ amino

acid) (Yanakawa, 1973) ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นในหนอนไหมวัย 5 จะมีการสะสมเยื่อไขมันในเลือด หลังจากได้รับคาร์โบไฮเดรต 6 ชั่วโมง และมีปริมาณทรีฮาโลส 20-35%ของคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสะสมทั้งหมด

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

2. โปรตีน หนอนไหมได้รับโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากนิยมใช้เป็นส่วนผสมอาหารสูตรอาหารเทียม Ito (1960) ได้ศึกษาระดับโปรตีนในอาหารโดยใช้แป้งถั่วเหลืองที่ระดับ 40 30 20 และ 10% พบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ระดับ 40 % หนอนไหมจะให้ผลผลิตน้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังสูงกว่าที่ระดับ 30 20 และ 10% ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณของแป้งถั่วเหลืองในอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตของแนื้อไหมเพิ่มขึ้นด้วย

Hamano (1989) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของโปรตีนร่วมกับ pyridoxin (B6) กับหนอนไหมวัยอ่อน พบว่า หนอนลูกผสมเจริญเติบโตในอาหารที่ประกอบด้วยโปรตีน 20-30% โดยมี วิตามินบี 6 ประกอบอยู่ 1.5-10 กรัม น้ำหนักตัวหนอนสูงมากเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีโปรตีน 30% ร่วมกับ B6 10 กรัม และน้ำหนักหนอนต่ำเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีโปรตีน10-20% ร่วมกับ B6 1กรัม นอกจากนี้หนอนไหมยังได้รับโปรตีนจากใบหม่อนป่น และสามารถสะสมโปรตีนจากใบหม่อนย่อย เก็บเป็นองค์ประกอบของร่างกายได้ถึงร้อยละ 91 และยังสามารถเปลี่ยนโปรตีนให้อยู่ในรูปไกลโคเจน เพื่อเก็บไว้ใช้เป็นพลังงาน (Roeder, 1953)

การเติมกรดอะมิโนในอาหารเทียมเพื่อให้หนอนไหมใช้กรดอะมิโนเป็นอาหาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าเติมเข้าไปมากเกินความต้องการ ทำให้เกิดความเสียหายแก่หนอน ระดับกรดอะมิโนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหม คือที่ระดับ 20% ของอาหารและที่ระดับกรดอะมิโน 25 หรือ 30%ของอาหาร อัตราการผลิตเส้นไหมสูงกว่าระดับกรดอะมิโน 20% ของอาหาร หนอนต้องการกรดอะมิโนที่จัดว่าเป็นโภชนะที่จำเป็น (essential amino acid) อยู่ 10% คือ arginine histidtne isoleucine leucine lysine methionine phenylalanine tryptophane threonine และ valine (Tanaka, 1975)

3. ไขมัน หนอนไหมได้รับไขมันจากแป้งถั่วเหลือง ซึ่งสกัดไขมันออกด้วย ethetl และในใบหม่อนมีไขมันเป็นองค์ประกอบใน dry matter ประมาณ 3-6% ประสิทธิภาพในการย่อยได้ของ crude lipid จากใบหม่อน ประมาณ 58.5 % โดยเฉลี่ยในหม่อนวัย 1 ถึงวัย 5 และจะสะสมไขมันในร่างกายมากกว่าปริมาณการย่อยได้ของหนอน ส่วน sterol เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของ

หนอนไหมซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงถ้ามีกรดไขมันอยู่ด้วย 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 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 ปกติในใบหม่อน ประกอบด้วยแร่ธาตุประมาณ 10% ของน้ำหนักแห้ง หนอนทุกวัยสามารถดูดซึมแร่ธาตุไปใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 28% แต่ในอาหารเทียมมักมีส่วนประกอบของใบหม่อนผสมอยู่น้อย จึงมีการเติมแร่ธาตุที่จำเป็นในรูปสารเคมี เช่น K สามารถทดแทนโดย K_2HPO_4 $MgSO_4$ ทดแทนโดย $MgHPO_4$ หรือ $MgCl_2$ ส่วน $FePO_4$ ทดแทนโดย $FeCl_3$ เป็นต้น การทดแทนแร่ธาตุในอาหารเทียมนั้นที่นิยมใช้ทั่วไป คือ Wasson'salt mixture ส่วนใหญ่อยู่ในรูปเกลือแร่

ส่วนประกอบของเกลือแร่ มีดังนี้

สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
CH_3COOK	32.00
$NaH_2PO_4 2H_2O_2$	10.92
$MgSO_4$	3.60
$CaCO_3$	8.40
$MnCl_2 4H_2O$	0.08
$FeCl_2 6H_2O$	0.74
$ZnCl_2$	0.209
รวม	55.949

คุณสมบัติของส่วนประกอบในสูตรอาหารเทียม

หม่อนป่น ได้จากการนำใบหม่อนสดไปอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส แล้วบดละเอียดเป็นผง (Ito, 1980) ใบหม่อนที่เหมาะสมควรจะเป็นหม่อนที่เติบโตมาพร้อมๆกันหรืออายุเท่ากัน รุ่นเดียวกัน มีการเจริญเติบโตเหมือนๆกัน (Shinbo and Yanakawa, 1994) การเติมหม่อนป่นในอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหมวัยอ่อนควรเติมในระดับไม่ต่ำกว่า 20-25% ในสูตรอาหาร Ito (1980) พบว่า ถ้าปริมาณหม่อนป่นในอาหารลดลงจากเกณฑ์นี้ มีผลทำให้ลดอัตราการอยู่รอดของหม่อน

ใบหม่อนมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหนอนไหมเช่น Chlorogenic acid จัดเป็น gustatory stimulating โดยการ active ในโมเลกุลของ chlorogenic acid นี้ จะมีสารตัวอื่นร่วมอยู่ด้วย เช่น caffeic acid protocatchuric acid และ DOPA ช่วยให้ปฏิกิริยาของ chlorogenic acid มากขึ้นหรือน้อยลงได้ และ Chloromycetin ยังเป็นตัวชักนำให้โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และออกซิเจน ของท่ออาหาร (gut) เพิ่มขึ้น (Ito, 1978)

โปรตีน จากแป้งถั่วเหลือง (defated soybean meal) เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสำหรับหนอนไหม มีสีเหลืองอ่อนนวล ค่อนไปทางสีเหลืองขาว มี crude protein 42% (Matsura, 1994)

คาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้งข้าวโพด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุของเจือปนอาหารในอุตสาหกรรมอาหารและใช้ในอุตสาหกรรมยา (อรพิน, 2532) ซึ่งได้จากเมล็ดของข้าวโพด ที่มีชื่อ ทางพฤกษศาสตร์ว่า *Zea mays* Linn ผ่านกรรมวิธีการบดเปียก (wet miling) แยกโปรตีนและไขมันออกแล้ว อบแห้ง มีส่วนประกอบดังนี้ คือ ความชื้น 13.5 ไขมัน 1.0 โปรตีน 0.3 และ คาร์โบไฮเดรต 82.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ศิริลักษณ์, 2519)

แป้งสาลี ชนิดทำขนมปัง ได้จากการสีและบดเมล็ดข้าวสาลีชนิด คอมมอน (common wheat) ปราศจากสิ่งแปลกปลอมเป็นผงละเอียดสีขาว ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ ในแป้ง 100 กรัม ดังนี้คือ ไทอะมีน 0.55 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.33 มิลลิกรัม ไนอะซิน 4.40 มิลลิกรัม เหล็ก 8.80 มิลลิกรัม แคลเซียม 211.2 มิลลิกรัม และมีไลซีน 180 มิลลิกรัม (อรพิน, 2532) มีส่วนประกอบในแป้งดังนี้ ความชื้น 13.3 ไขมัน 0.9 โปรตีน 71.0 คาร์โบไฮเดรต 74.0 และกาก 0.3 กรัมโดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ศิริลักษณ์, 2519)

แป้งข้าวกล้อง เป็นแป้งที่ได้จากส่วนของ endosperm ของข้าวและยังคงมีเยื่อหุ้มผลอยู่และข้าวกล้องนี้เป็นผลที่ได้จากการนำข้าวเปลือกมาสีเอาเปลือกออก มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวโพด เมื่อใช้เลี้ยงสุกร

อุทัย (2527) กล่าวว่า ข้าวแดง (ข้าวกล้อง) ที่บดละเอียดจะสามารถใช้ผสมในสูตรอาหารได้ โดยข้าวกล้องจะมีคุณภาพพอๆกับปลายข้าวและสามารถใช้ผสมในสูตรอาหารเลี้ยงสุกรได้เป็นอย่างดีและไม่มีขีดจำกัดในการใช้ด้วย คุณค่าทางอาหารสัตว์ของข้าวกล้องเหนียวซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี proximate analysis ที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน พบว่า มีความชื้น 11.66 โปรตีน 7.31 ไขมัน 2.57 เยื่อใย 0.86 เถ้า 1.24 และคาร์โบไฮเดรต 76.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ดวงสมร และ อังคณา, 2527)

กรดซิตริก เป็นกรดประเภท tricarboxylic มีการใช้มากกว่ากรดชนิดอื่นๆ โดยมีการใช้กับอาหารถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดทั้งหมด มีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่นๆคือ สามารถละลายน้ำได้ดีจึงนิยมใส่ในอาหาร ประเภทน้ำผลไม้และน้ำหวานชนิดต่างๆเพื่อช่วยปรับปรุงกลิ่น รส และความเป็นกรดด่างให้พอเหมาะ เป็นวัสดุกันเสีย และจะช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะที่อาจปนเปื้อนมาในวัตถุดิบ เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น ทำให้กรดแอสคอร์บิก ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักหรือผลไม้คงตัวขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องไปถึงความคงตัวของสี กลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะกรดแอสคอร์บิก จัดเป็นวัตถุกันหืนตามธรรมชาติ การใช้กรดซิตริกร่วมกับกรดอะมิโนบางชนิดจะช่วยให้การอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นและในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน กรดซิตริกจะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลและป้องกันการเกิด oxidations ของส่วนประกอบอื่นๆด้วย นอกจากนี้ยังใช้สารเสริมฤทธิ์ วัสดุกันหืนชนิดอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมัน หรืออาหารที่มีไขมัน หรือน้ำมันของพืชหรือสัตว์ เช่น เป็นส่วนประกอบนมผง และอาหารทะเล เป็นต้น (ศิวาพร, 2529)

กรดซอร์บิก เป็นวัสดุกันเสียที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่ทำให้กลิ่นและรสของอาหารเปลี่ยนแปลง และยังสามารถถูกย่อยสลายไปได้แบบเดียวกับกรดไขมันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ อันตรายจากการได้รับวัสดุกันเสียชนิดนี้ ค่อนข้างน้อยเมื่อความเป็นกรดของอาหารลดลง ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกจะลดลงด้วย การเติมเกลือลงในน้ำตาลและอาหารจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของกรดซอร์บิก แต่การมีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมคลอร์ไรด์ในอาหาร จะทำให้ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกลดลง และกรดซอร์บิกช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารประเภทเนยเทียม เนยแข็ง เครื่องดื่มต่างๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์ปลาต่างๆ เป็นต้น

กลไกของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเกิดขึ้นจากการที่กรดซอร์บิกไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ dehydrogenase เมื่อใส่กรดซอร์บิกในอาหารจะเกิดปฏิกิริยา oxidation ขึ้น (ศิวาพร, 2529)

กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี เป็นตัวกระตุ้นการกินอาหารของหนอนเมื่อเติมในอาหารสังเคราะห์ (Ito, 1960) และเมื่อสเปรย์กรด แอสคอร์บิก ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ บนใบหม่อน

99087

ที่ใช้เลี้ยงไหมวัย 3 4 และ 5 จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางไข่ของแม่ผีเสื้อไหมเพศเมีย (Chauhan and Singh, 1992)

กรดแอสคอร์บิก ที่มีอยู่ในในหม่อนสด มีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับปริมาณอาหารของใบและปริมาณกรดแอสคอร์บิก 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 ยังทำให้ความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์อาหารลดลง และเป็นวัสดุกันหืนด้วย (ศิวาพร, 2529)

การทดสอบอิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกต่อหนอนไหม พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนักและดักแด้ของหนอนไหม และหนอนไหมที่ลอกคราบวัย 5 จะให้รังที่มีน้ำหนักสูงขึ้น ซึ่งที่ระดับกรดแอสคอร์บิก 2 เปอร์เซ็นต์ จะให้น้ำหนักรังมากที่สุด ผลผลิตไหมเพิ่มขึ้น 29.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมกรดแอสคอร์บิกลงไปจะทำให้ตัวเมียมีลูกดกขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาลักษณะทางฟิสิกส์เพื่ออธิบายผลกระทบของ กรดแอสคอร์บิก ซึ่งก็พบว่า กรดแอสคอร์บิก จะทำให้การกินอาหารและการเจริญเติบโตของหนอนดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มระดับฮอร์โมนในตัวอ่อนด้วย (Karaksy and Idriss, 1990)

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

Ito and Kobayashi (1975) กล่าวว่าหนอนไหมไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ เช่นเดียวกับแมลงที่กินพืชเป็นอาหารเนื่องจากไม่มี enzyme สำหรับย่อย (Friend, 1958) แต่การเพิ่มขึ้นของระดับเซลลูโลส ทำให้การกินอาหารของหนอนมีประสิทธิภาพและระดับความเข้มข้นของเซลลูโลสสูง 30% จะกระตุ้นการกินอาหารได้มากกว่าที่ความเข้มข้น 14%

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

β sitosterol เป็นสารที่ดึงดูดหนอนไหมให้เกิดพฤติกรรมการกัดและกินติดต่อกันไปซึ่งสามารถแยกได้จากใบหม่อน และเป็นสารที่จำเป็นต้องใส่ในอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหม (Hamamura *et.al.*, 1961 : Ito, 1961)

น้ำ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของอาหารเทียม อาหารที่อ่อนหรือแข็งจะมีผลต่อปริมาณการกินอาหารของหนอนไหม ปริมาณน้ำที่เติมลงในส่วนผสมมีผลให้คุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน และมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบของอาหาร อาหารเทียมสำหรับไหมวัยอ่อนควรเติมน้ำในระดับ 75%ของอาหารแห้ง ส่วนไหมวัยแก่ควรใช้น้ำผสมในอัตราที่น้อยลง

ชนิดของอาหารเทียม อาหารเทียมสำหรับใช้เลี้ยงแมลงจัดแบ่งตามส่วนประกอบในสูตรอาหารเทียมได้ 3 ชนิด คือ

1. oligidic diet เป็นอาหารเทียมที่เกิดจากส่วนผสมที่ได้จากธรรมชาติ
2. holidic diet เป็นอาหารเทียมที่เกิดจากสารเคมีบริสุทธิ์ล้วนๆ
3. meridic diet เป็นอาหารเทียมที่เกิดจากส่วนผสมที่ได้จากธรรมชาติและสารเคมีบริสุทธิ์ตั้งแต่ 1 ชนิด หรืออยู่ในรูปสารประกอบอื่นและอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงไหมวัยอ่อนชนิดที่ไม่มีใบหม่อนปนผสมอยู่เลย มีชื่อเรียกเฉพาะว่า อาหารกึ่งสังเคราะห์ (semi-synthetic diet) จัดอยู่ในอาหารเทียมชนิดนี้ (Ito, 1979)

การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียม

1.วิธีการเลี้ยงและการให้อาหาร สำหรับการเลี้ยงในงานทดลองซึ่งมักปฏิบัติในห้องเลี้ยงไหมที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก ไม่ค่อยมีปัญหากับวิธีการให้อาหาร เพียงแต่ใช้มีดที่สะอาดตัดอาหารเทียมที่มีขนาดพอเหมาะก็จะใช้เลี้ยงไหมได้เลย แต่การเลี้ยงไหมในระดับใหญ่ ซึ่งมีระบบการให้อาหารด้วยเครื่องจักรเข้ามาเกี่ยวข้อง ควรพิจารณาเลี้ยงไหมในปริมาณมาก ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรสูงสุด แต่การจะให้อาหารด้วยวิธีการใดนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการทำงานของเครื่องจักร เพราะมีเครื่องจักรให้อาหารได้หลายแบบด้วยกัน บางแบบจะตัดอาหารให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วโปรยลงบนภาชนะที่ใช้เลี้ยงไหม บางแบบจะตัดอาหารให้อยู่ในรูปแท่ง นอกจากวิธีการ

ให้อาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดหรือลักษณะของอาหารเทียมนั้นด้วย อาหารเทียมบางชนิดมีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่ ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องตัดให้เป็นชิ้นเล็ก หรือบางชนิดเป็นก้อนแข็งและแห้งเพียงแต่ได้รับการเติมน้ำก็จะอยู่ในรูปที่นำไปใช้เลี้ยงไหมได้ทันที

การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมจะต้องมีการเตรียมการให้ได้มาตรฐาน พื้นที่สำหรับการเลี้ยงต้องกำหนดแน่นอน ปริมาณอาหารที่ใช้กับไหมแต่ละวัยจะอยู่ในพิกัดมาตรฐาน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมในสถานที่เลี้ยงไหม ก็ควรได้รับการปรับปรุงให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดด้วย แต่ทั้งนี้หากมีการใช้พันธุ์ไหมหรืออาหารเทียมที่แตกต่างกันไปจากเดิมก็จะต้องมีการเปลี่ยนมาตรฐานต่าง ๆ ตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดจึงควรมีมาตรฐานสำหรับอาหารแต่ละชนิด และไหมแต่ละพันธุ์แสดงไว้โดยเฉพาะ

2 การเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมและเลี้ยงไหมวัยแก่ด้วยใบหม่อน เท่าที่มีการปฏิบัติกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเป็นการเลี้ยงไหมวัยอ่อน (วัย 1-3) ด้วยอาหารเทียมจากนั้นก็จะเลี้ยงไหมวัยแก่ด้วยใบหม่อนตามปกติ ระยะเวลาของการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมจะมากกว่าระยะเวลาการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยใบหม่อน 1 วัน แต่น้ำหนักตัวของหนอนไหมไม่มีความแตกต่างกัน และการเจริญเติบโตของหนอนไหมก็จะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความชำนาญและทักษะของผู้ดำเนินการด้วย ในด้านผลผลิตนับว่าไม่มีความแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมหรือใบหม่อน ในการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียม ปกติในแต่ละวัยจะให้อาหารเพียง 1-2 ครั้ง ซึ่งนับว่าเกิดประสิทธิภาพในการทำงานอย่างยิ่ง นอกจากนี้ตลอดการเลี้ยงไหมตั้งแต่วัย 1 จนถึงวัย 3 อาจไม่ต้องทำการถ่ายกากเลยก็ได้ โดยทั่ว ๆ ไปไหมวัย 1-3 จำนวน 1กล่องจะต้องการอาหารไม่เกิน 15 กิโลกรัม (น้ำหนักสด)

3. การเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียมตลอดระยะเวลาการเป็นตัวหนอน ได้มีการทดลองเลี้ยงไหมตลอดระยะเวลาที่เป็นตัวหนอนด้วยอาหารเทียมทั้งชนิดที่มีส่วนผสมของใบหม่อนและไม่มีส่วนผสมของใบหม่อน และจากการที่ได้มีการปรับปรุงส่วนผสมของอาหารเทียมให้ดีขึ้นกว่าเดิมปรากฏว่าสามารถเลี้ยงไหมได้ และไหมที่เลี้ยงให้รังที่มีขนาดใหญ่ แต่ในด้านน้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังนั้นยังต่ำกว่าปกติ ส่วนผสมของอาหารเทียมจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตรังไหมเป็นอย่างมาก จึงควรพิจารณาให้อาหารเทียมซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมที่มีคุณค่าทางอาหารสูงในการเลี้ยงไหมวัย 5 นอกจากนี้การใช้ juvenile hormone ในการเลี้ยงไหมด้วยอาหารเทียม ก็ทำให้ผลผลิตรังไหมเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากการวิเคราะห์สารโปรตีนต่าง ๆ ที่ประกอบอยู่ในเปลือกรังไหมที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมตลอดระยะเวลาการเป็นตัวหนอน กับส่วนที่ได้จากการเลี้ยงด้วยหม่อนตามปกติ ปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกันแต่ประการใด แต่คุณสมบัติในด้านการสาวเอาเส้นใยออกมาด้อยกว่ารังที่ได้จากการใช้ใบหม่อนเป็นอาหารของหนอนไหมเล็กน้อย ทั้งนี้คุณสมบัติ

20911

ทางด้านกายภาพของเส้นไหมที่ได้จากการเลี้ยงหนอนไหมด้วยอาหารแต่ละชนิดดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการค้นคว้าวิจัยในด้านนี้คงต้องดำเนินต่อไปอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่ยังได้ผลไม่สมบูรณ์

4. การเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ด้วยอาหารเทียม การใช้อาหารเทียมกับไหมพันธุ์แท้จะมีปัญหามากกว่าการเลี้ยงไหมลูกผสม ในระยะวัยอ่อนของไหมพันธุ์แท้สายพันธุ์ญี่ปุ่น หรือไหมลูกผสมสามารถใช้อาหารเทียมได้อย่างดี ส่วนในไหมวัยอ่อนของสายพันธุ์จีนมักจะไม่มีการยอมรับอาหารเทียม แต่ครั้นเมื่ออยู่ในระยะวัยแก่การณ์กลับเป็นไปในทางกลับกันกล่าวคือ ไหมสายพันธุ์จีนจะมีการยอมรับอาหารเทียมได้ดีกว่าสายพันธุ์ญี่ปุ่น พ่อ-แม่พันธุ์ (จีนกับญี่ปุ่น) ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารเทียมเมื่อนำไปผลิตเป็นไหมลูกผสม ปรากฏว่า ลูกผสมที่ได้เมื่อนำไปเลี้ยงด้วยใบหม่อนจะทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างจากลูกผสมที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงมาด้วยใบหม่อน จากผลดังกล่าวจึงเกิดแนวความคิดในการที่จะเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ เพื่อการผลิตไข่ไหม เพราะการเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ด้วยอาหารเทียมสามารถที่จะหลีกเลี่ยงการติดเชื้อโรคเพบบรินจากใบหม่อนได้ อย่างไรก็ตามต้องคำนึงเสมอว่าอาหารเทียมที่ใช้ในการเลี้ยงไหมพันธุ์แท้กับลูกผสมนั้นย่อมมีส่วนผสมหรือส่วนประกอบของอาหารแตกต่างกัน

อาหารเทียมกับพันธุ์ไหม

1. อาหารเทียมกับไหมลูกผสม ปัจจุบันได้มีการอนุญาตให้ผลผลิตไข่ไหมลูกผสมที่จะใช้เลี้ยงด้วยอาหารเทียมแล้ว แต่ในหมู่ของไหมลูกผสมเหล่านี้ก็จะมีความแตกต่างกันในความเหมาะสมที่จะเลี้ยงด้วยอาหารเทียม ซึ่งมีสาเหตุจากกรรมพันธุ์ พ่อ-แม่พันธุ์ที่เหมาะกับการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมก็จะให้ลูกผสมที่ไม่มีความเหมาะสมกับการใช้อาหารเทียมเลี้ยงไปด้วย ซึ่งความเหมาะสมของการใช้อาหารเทียมเพื่อเลี้ยงไหมนั้นจะสังเกตได้จากพฤติกรรมกินอาหารของหนอนไหม

2. อาหารเทียมกับไหมพันธุ์แท้ ปัญหาของการเลี้ยงไหมพันธุ์แท้ด้วยอาหารเทียมนั้นจะอยู่ที่ไหมวัยอ่อนของสายพันธุ์จีนมักจะไม่ยอมรับอาหารเทียม ไหมพันธุ์จีนบางพันธุ์ในระยะที่เป็นวัยอ่อนจะไม่มีการยอมรับอาหารเทียมโดนสิ้นเชิง ซึ่งจากเหตุการณ์นี้พอจะอนุมานได้ว่าไหมสายพันธุ์จีนและสายพันธุ์ญี่ปุ่นมีความต้องการสารอาหารที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังมิได้มีการศึกษาในเรื่องดังกล่าวนี้อย่างละเอียด

3. การสร้างพันธุ์ไหมให้เหมาะกับการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม ความพยายามในอันที่จะสร้างพันธุ์ไหมให้เหมาะสมกับวิธีการเลี้ยงด้วยอาหารเทียม อาจกระทำได้โดยวิธีการคัดเลือกหรืออาจ

หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ด้วยวิธีการผสมข้ามพันธุ์ (cross breeding) แต่ทั้งนี้นอกจากจะพิจารณาถึงลักษณะในด้านความเหมาะสมที่จะใช้เลี้ยงด้วยอาหารเทียมแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะในด้านอื่นด้วย

การศึกษาพันธุกรรมต่อพฤติกรรมการกินอาหารของหนอนไหม โดยใช้อาหารเทียมต้นทุนต่ำที่ออกแบบโดยวิธี linear programming method ร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งเป็นการพัฒนาอาหารเทียมต้นทุนต่ำสำหรับใช้เลี้ยงหนอนไหม โดยอาหารเทียมชนิดใหม่นี้ประกอบด้วย วัตถุดิบอาหาสัตว์ และอาหารสัตว์ปีก และมีแป้งหม่อนเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลยขึ้นอยู่กับความต้องการสารอาหารของหนอนไหมที่นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและราคาวัตถุดิบในท้องตลาด
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 ยังต้องหาวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาจาก ลูกผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ที่กินอาหารได้สูง โดยการคัดเลือกและเลี้ยงหลาย ๆ ชั่วเพื่อผลิตหนอนไหมสายพันธุ์เพื่อการค้าที่กินอาหารเทียม เพื่อให้เกิดการคัดเลือก และการกลายพันธุ์ของยีนส์ และมีการปรับตัวได้ตามธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์
   - กล่องเลี้ยงแมลง
   - ขนนก
   - ถาดใส่อาหาร
   - บีกเกอร์ (beaker)
   - อ่างควบคุมอุณหภูมิ(water bath)
   - Hot plate
   - แท่งแก้ว(stirring rod)
   - เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
   - กล้องจุลทรรศน์
   - กระดาษฟอยด์
   - ไม้บรรทัด
   - ใบหม่อนสด
2. สารเคมี
   - อาหารเทียมสูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)
   - หม่อนป่น
   - ใบกระถินป่น
   - ถั่วเหลืองป่น
   - น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธ์
   - Citric acid
   - Ascorbic acid
   - Agar
   - น้ำตาล
   - แป้งมันฝรั่ง
   - Sorbic acid
   - ß-sitosterral
   - Saltmixture

- Cellulose powder
- Antisoptic
- K_4HPO_4
- KCl
- $MgHPO_4$
- $Ca_3(PO_4)_2$
- $FePO_4.2H_2O$
- $CaCO_3$
- $MgSO_4$
- NaCl
- Biotin
- Ca-pantothenate
- Choline chloride
- Inositol
- Nicottinic acid
- Foric acid
- Rivoflavin
- Thiamine
- Pyridoxine-HCl
- น้ำกลั่น

วิธีการ

1. การเตรียมอาหารเทียมและการเลี้ยงหนอนไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมละอาหารธรรมชาติ (ใบหม่อน)

1.1การเตรียมอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนไหม

1.1.1 การเตรียมอาหารเทียมที่ผลิตเป็นการค้า(ญี่ปุ่น) ชั่งอาหารผสมสำเร็จรูปชนิดผง 100 กรัม ผสมน้ำ 300 มิลลิลิตร บรรจุในถาดสำหรับใส่อาหารเทียม คนให้เข้ากันนำไปนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 98 องศาเซลเซียส จนอาหารสุก นานประมาณ 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

1.1.2 การเตรียมอาหารเทียมสูตรพื้นฐานและสูตรทดลอง ชั่งอาหารให้ได้สัดส่วนของสูตรอาหารที่ใช้ทดลอง (ตารางที่ 2 และ 3) จากนั้นนำส่วนผสมทุกชนิด (ยกเว้น ผงวุ้น วิตามิน เกลือแร่และกรดซิตริก) นำมาบดให้เข้ากันโดยใส่ทีละอย่าง เพื่อให้สารต่างๆคลุกเคล้ากันอย่างดีเทใส่ถาดสำหรับใส่อาหารเทียมเพื่อผสมกับน้ำ ต้มน้ำให้เดือดใส่ผงวุ้น เกลือแร่และกรดซิตริก คนจนวุ้นละลายหมด เติมวิตามินลงไปคนให้เข้ากันแล้วเทลงในถาดสำหรับใส่อาหารเทียมที่มีส่วนผสมของอาหารชนิดอื่นๆอยู่คนให้เข้ากัน ปิดถาดใส่อาหารเทียมด้วยกระดาษฟอยด์ นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส จนอาหารสุก วางทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อาหารที่เตรียมเสร็จใหม่ๆนี้จะต้องทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง จึงจะนำออกมาเลี้ยงไหมได้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐาน

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
หม่อนป่น	50
ถั่วเหลืองป่น	17
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธ์	1.5
Citric acid	1
Ascorbic acid	2
Agar	10
น้ำตาล	5
แป้งมันฝรั่ง	5
Sorbic acid	0.2
ß-sitosterral	0.2
Saltmixture	3
Cellulose powder	10
วิตามินบีรวม(มิลลิลิตร/น้ำหนักอาหารแห้ง 1 กรัม)	0.1
Antisoptic (มิลลิลิตร/น้ำหนักอาหารแห้ง 1 กรัม)	0.1
น้ำกลั่น (มิลลิลิตร/น้ำหนักอาหารแห้ง 1 กรัม)	3

ที่มา สูตรอาหารเทียมเลี้ยงไหมวัยอ่อนของประเทศเกาหลี และปรับปรุงจากสูตรของพรทิพย์ และเกษร (2542)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
หม่อนป่น	50
ใบกระถินป่น	26.42
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธ์	1.5
Citric acid	1
Ascorbic acid	2
Agar	10
น้ำตาล	5
แป้งมันฝรั่ง	5
Sorbic acid	0.2
ß-sitosterral	0.2
Saltmixture	3
Cellulose powder	10
วิตามินบีรวม(มิลลิลิตร/น้ำหนักอาหารแห้ง 1 กรัม)	0.1
Antisoptic (มิลลิลิตร/น้ำหนักอาหารแห้ง 1 กรัม)	0.1
น้ำกลั่น (มิลลิลิตร/น้ำหนักอาหารแห้ง 1 กรัม)	3

ที่มา สูตรอาหารเทียมเลี้ยงไหมวัยอ่อนของประเทศเกาหลี และปรับปรุงจากสูตรของพรทิพย์ และเกษร (2542) โดยคำนวณปริมาณโปรตีนที่ใช้ในสูตรจาก ข้อมูลที่รายงานโดย ดวงสมร และอังคณา (2527)

* <u>หมายเหตุ</u>

เกลือแร่ ประกอบด้วย

K_4HPO_4	41.5 กรัม
KCl	15.0 กรัม
$MgHPO_4$	15.0 กรัม
$Ca_3(PO_4)_2$	5.0 กรัม
$FePO_4.2H_2O$	2.0 กรัม
$CaCO_3$	20.0 กรัม
$MgSO_4$	0.5 กรัม
NaCl	1.0 กรัม
รวม	100.0 กรัม

วิตามินบีรวม ประกอบด้วย

Biotin	0.02 กรัม
Ca-pantothenate	1.50 กรัม
Choline Chloride	15.0 กรัม
Inositol	20.0 กรัม
Nicottinic acid	1.0 กรัม
Foric acid	0.02 กรัม
Rivoflavin	0.20 กรัม
Thiamine	0.20 กรัม
Pyridoxine-HCl	0.30 กรัม
รวม	38.24 กรัม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2 การเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียม นำไข่ของหนอนไหม *Bombyx mori* L. พันธุ์นางน้อย มาฟักที่อุณหภูมิ 29±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในกล่องๆละ 50 ฟองด้วยขนนก โดยแบ่งเป็น 4 การทดลอง (ตารางที่ 4) แต่ละการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่	สูตรอาหาร
1	ใบหม่อนสด
2	อาหารเทียมเพื่อใช้ในการค้า (ญี่ปุ่น)
3	อาหารเทียมสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 3)
4	อาหารเทียมสูตรพัฒนา (ตารางที่ 4)

การให้อาหาร ให้อาหารเทียมแก่หนอนวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ส่วนใบหม่อนสดสับละเอียดให้เลี้ยงเวลา 7.00 น. , 11.00 น. , 15.00 น. และ 18.00 น. ทำการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 29±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ จนถึงวัย 3

1.3 การเลี้ยงไหมวัย 4 เมื่อหนอนไหมเริ่มเข้าวัย 4 ให้เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดตามปกติจนเข้าดักแด้

1.4 การบันทึกผล

1.4.1 จำนวนหนอนรอดชีวิตในแต่ละวัย โดยนับจำนวนหนอนรอดชีวิตหลังจากลอกคราบในแต่ละวัย แล้วคิดเป็นอัตราการอยู่รอดในแต่ละวัย

1.4.2 อัตราการเจริญเติบโตของหนอนไหมในแต่ละวัย (สุ่มชั่งครั้งละ 10 ตัว) โดยชั่งน้ำหนักก่อนให้อาหารมื้อแรกในแต่ละวัย

1.4.3 การยอมรับอาหารหลังจากการให้อาหารไปแล้ว 12 และ 24 ชั่วโมง

1.4.4 น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง (สุ่มชั่งครั้งละ 10 ตัว)

- น้ำหนักเปลือกรัง ชั่งวันที่ 6 หลังจากหนอนเข้าจ่อสมบูรณ์
- เปอร์เซ็นต์เปลือกรังคำนวณจาก = น้ำหนักเปลือกรังเดี่ยว x 100 / น้ำหนักรังสด

2. ศึกษาชีววิทยาหนอนไหม (*Bombyx mori* L.) พันธุ์นางน้อย

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัย เก็บข้อมูลทุกระยะการเจริญเติบโต จากตัวอย่าง 50 ตัวอย่าง ทำในกล่อง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนและอาหารเทียม

2.1 ระยะไข่ สังเกต วิธีการไข่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของไข่ ขนาด อัตราการไข่ในแต่ละวัน และจำนวนวันที่ฟักเป็นหนอน โดยผีเสื้อที่ออกจากดักแด้ มีตัวผู้และตัวเมีย อย่างละ 10 ตัว ใส่ในกล่อง เพื่อให้ผีเสื้อวางไข่ จดบันทึกข้อมูลดังนี้

2.1.1 วันที่ผีเสื้อเริ่มไข่ และจำนวนไข่ในแต่ละวัน รวมทั้งวันที่สิ้นสุดการไข่

2.1.2 วิธีการไข่ การเปลี่ยนแปลงของไข่ จนกระทั่งฟักเป็นตัวหนอนไหม

2.1.3 วัดขนาดไข่ ความกว้าง ความยาว โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งใช้เลนส์ใกล้ตา ที่กำลังขยาย 40 เท่า โดยใช้ไข่ 10 ฟอง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2 ระยะหนอน สังเกตระยะเวลาในการลอกคราบ ขนาดของหนอน สี ลักษณะการกินใบหม่อน ของหนอนไหมในแต่ละวัย นำหนอนที่ฟักออกจากไข่มาวัดขนาดโดยใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของลำตัว โดยทำการสุ่มหนอนจำนวน 10 ตัว สังเกตระยะเวลาหนอนลอกคราบ ส่วนการวัดขนาดลำตัวจะทำการวัดหลังจากลอกคราบแล้ว 1 วันและทำแบบดังที่กล่าวมาข้างต้นอีกครั้งตั้งแต่วัยที่ 2 ไปจนกระทั่งหนอนเข้าระยะดักแด้

2.3 ระยะดักแด้ สังเกต วิธีการเข้าดักแด้ เวลาการเข้าดักแด้ ขนาด และสีของดักแด้ รวมทั้งวันที่เป็นผีเสื้อ โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความกว้างและความยาวของดักแด้ โดยสุ่มดักแด้ 10 ดักแด้ นำข้อมูลที่ได้หาค่าเฉลี่ย สังเกต ระยะที่เป็นดักแด้ การฟักของผีเสื้อออกจากดักแด้กี่วัน ทำการจดบันทึก

2.4 ระยะตัวเต็มวัย สังเกต วัดขนาด อายุของผีเสื้อเพศผู้ และเพศเมีย โดยสุ่มตัวอย่าง 10 ตัว โดยทำการสังเกตการตายตั้งแต่ออกจากดักแด้จนถึงตัวเต็มวัยในแต่ละเพศ ในการวัดขนาด ทำโดยการนำผีเสื้อเพศผู้ และเพศเมียมาทำการน็อค และเซต และนำไปอบให้แห้ง เพื่อวัดความกว้างของปีกโดยใช้ไม้บรรทัด นำข้อมูลที่ได้หาค่าเฉลี่ย รวมทั้งสังเกต สี และขนาดที่แตกต่างของผีเสื้อทั้ง 2 เพศช่วงเวลาที่ผสมพันธุ์และวางไข่ แล้วบันทึกข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

วันที่ 1 ตุลาคม 2548 ถึง วันที่ 31 มกราคม 2549

ผลการทดลอง

1. การเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมและอาหารธรรมชาติ (ใบหม่อน)

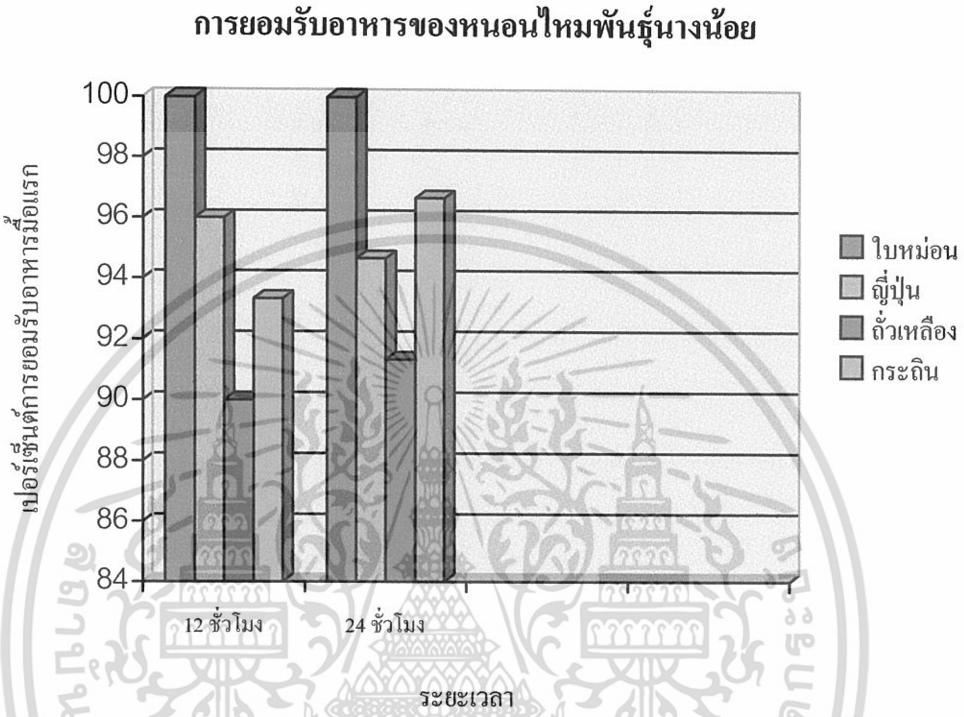
1.1 การยอมรับอาหารของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

หลังจากการให้อาหารไปแล้ว 12 และ 24 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ที่ 12 ชั่วโมง หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมทุกสูตร(ญี่ปุ่น, กระถินและถั่วเหลือง) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารเฉลี่ย เท่ากับ 100% , 96% , 93.3% และ 90% ตามลำดับ และที่ 24 ชั่วโมง หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมทุกสูตร(กระถิน,ญี่ปุ่นและถั่วเหลือง) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารเฉลี่ย เท่ากับ 100% , 96.6% , 94.6% และ 91.3% ตามลำดับ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 1) การยอมรับอาหารของหนอนไหมต่ออาหารเทียมสูตรต่างๆ ได้แสดงดังภาพที่ 2-4

ตารางที่ 5 การยอมรับอาหารของหนอนไหมไหมพันธุ์นางน้อยหลังจากการให้อาหาร ไปแล้ว 12 และ 24 ชั่วโมง

สูตรอาหาร	การยอมรับอาหาร(เปอร์เซ็นต์)	
	12ชั่วโมง	24ชั่วโมง
ใบหม่อนสด	100 a	100 a
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	96 b	94.6 c
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	90 d	91.3 d
สูตรพัฒนา(ใบกระถิน)	93.3 c	96.6 b

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

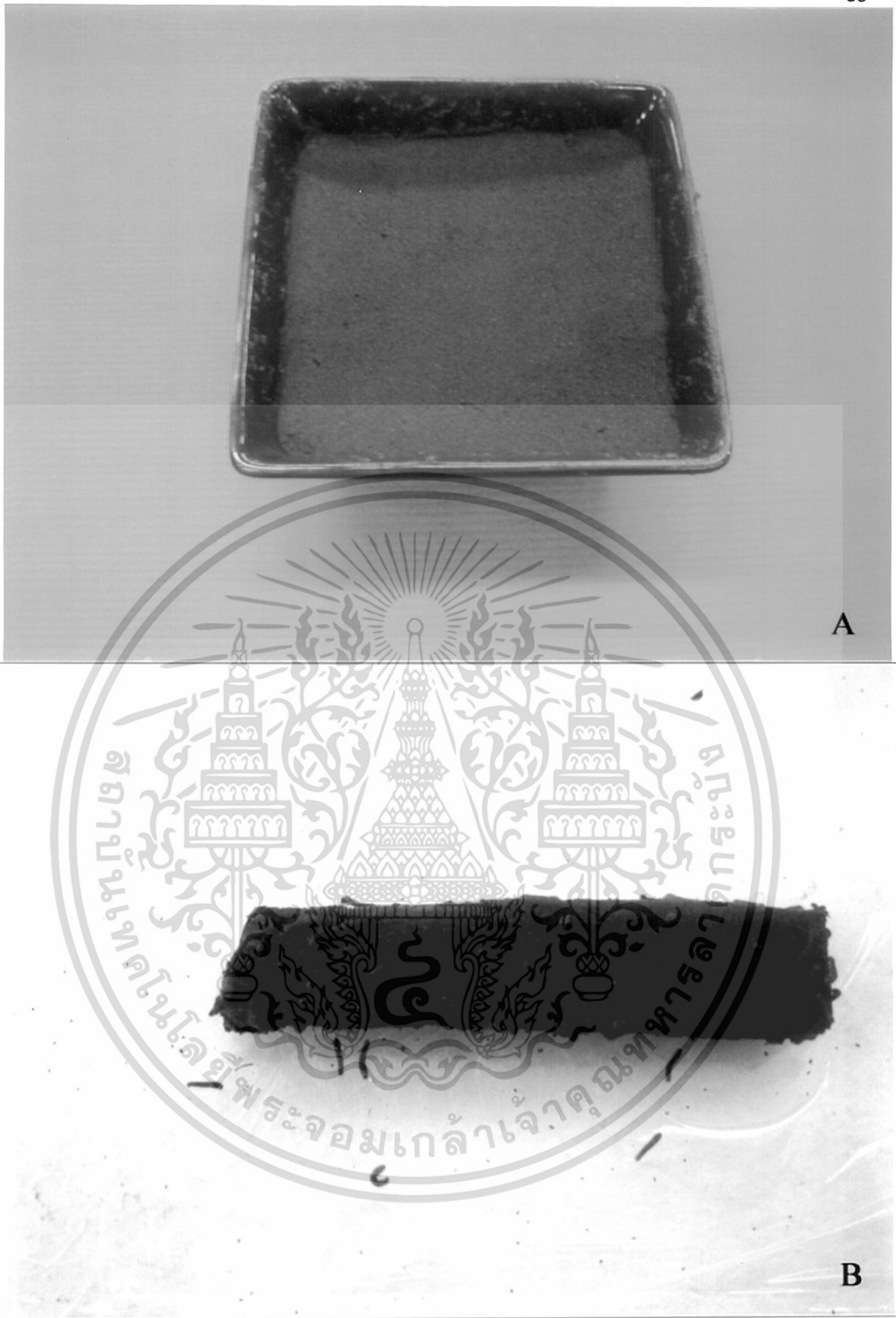


ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยหลังจากให้อาหารมื้อแรก ที่ 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพที่ 2 ภาพ A) อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น

ภาพ B) การยอมรับอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น



ภาพที่ 3 ภาพ A) อาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง

ภาพ B) การยอมรับอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง

ภาพที่ 4 ภาพ A) อาหารเทียมสูตรใบกระถิน

ภาพ B) การยอมรับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน

1.2 การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยต่ออาหารเทียมและใบหม่อน โดยนับจำนวนหนอนรอดชีวิตหลังจากลอกคราบในแต่ละวัย คิดเป็นอัตราการอยู่รอดในแต่ละวัย จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อัตราการอยู่รอดของหนอนไหมหลังจากการลอกคราบตั้งแต่วัยที่1 จนถึง วัยที่ 3 หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองและใบกระถิน และอาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน โดยในวัยที่ 1 ใบหม่อนมีอัตราการอยู่รอดสูงที่สุด คือ 94.66% รองลงมาคือสูตรญี่ปุ่นและถั่วเหลือง คือ 92.66 และ 82.00% ขณะที่ใบกระถิน หนอนไหมไม่มีอัตราการอยู่รอดเลย เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ใบหม่อนสด อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นและถั่วเหลือง ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน โดยที่สูตรญี่ปุ่นพบอัตราการรอดมากที่สุด คือ 70.00% ขณะที่ใบหม่อนสดและถั่วเหลืองมีอัตราการรอด 68.66 และ 62.00% ตามลำดับ(ตารางที่ 6 และภาพที่ 5)

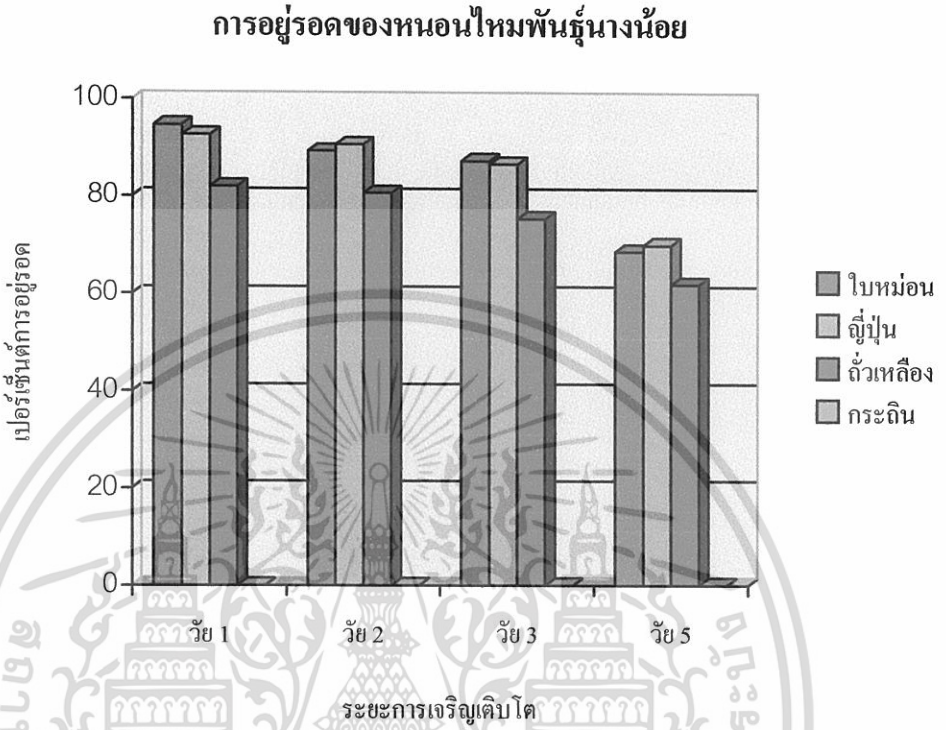
จากผลการทดลอง พบว่า อาหารเทียมสูตรพัฒนา(ใบกระถิน) นั้น หนอนไหมยอมรับอาหารเพียงแค่ 24 ชั่วโมงแรก จากนั้นหนอนไหมไม่ยอมรับอาหาร หนีอาหารและไม่ยอมกินอาหาร (ภาพที่ 4) ทำให้เมื่อเข้าวันที่ 2 หนอนไหมจึงเริ่มตายเรื่อยๆและตายหมดในวันที่ 5 ของการทดลอง จึงทำให้ผลการทดลองมีค่าเป็นศูนย์ ตลอดการทดลอง

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในแต่ละวัย

สูตรอาหาร	การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย (เปอร์เซ็นต์)			
	วัยที่1	วัยที่2	วัยที่3	วัยที่ 5
ใบหม่อนสด	94.66 a	89.33 a	87.33 a	68.66 a
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	92.66 a	90.66 a	86.66 a	70.00 a
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	82.00 b	80.66 b	75.33 b	62.00 a
สูตรพัฒนา(ใบกระถิน)	0 c	0 c	0 c	0 b

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.05$)

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.05$)



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

1.3 การเจริญเติบโตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยต่ออาหารเทียมและใบหม่อน โดยชั่งน้ำหนักก่อนให้อาหารมื้อแรกในแต่ละวัย (สุ่มชั่งครั้งละ 10 ตัว) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยตั้งแต่ วัย 1 ถึง วัย 3 มีอัตราการเจริญเติบโต (ตารางที่ 7 และภาพที่ 6) ดังนี้

หนอนไหมวัย 1 ที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสด อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น และ สูตรถั่วเหลือง ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน โดยหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.0038 กรัม รองลงมาคือ สูตรญี่ปุ่น 0.0037 กรัม และสูตรถั่วเหลือง 0.0035 กรัม

หนอนไหมวัย 2 ที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสด อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น และ สูตรถั่วเหลือง ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน โดยหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.0275 กรัม รองลงมาคือ สูตรญี่ปุ่น 0.0264 กรัม และสูตรถั่วเหลือง 0.0257 กรัม

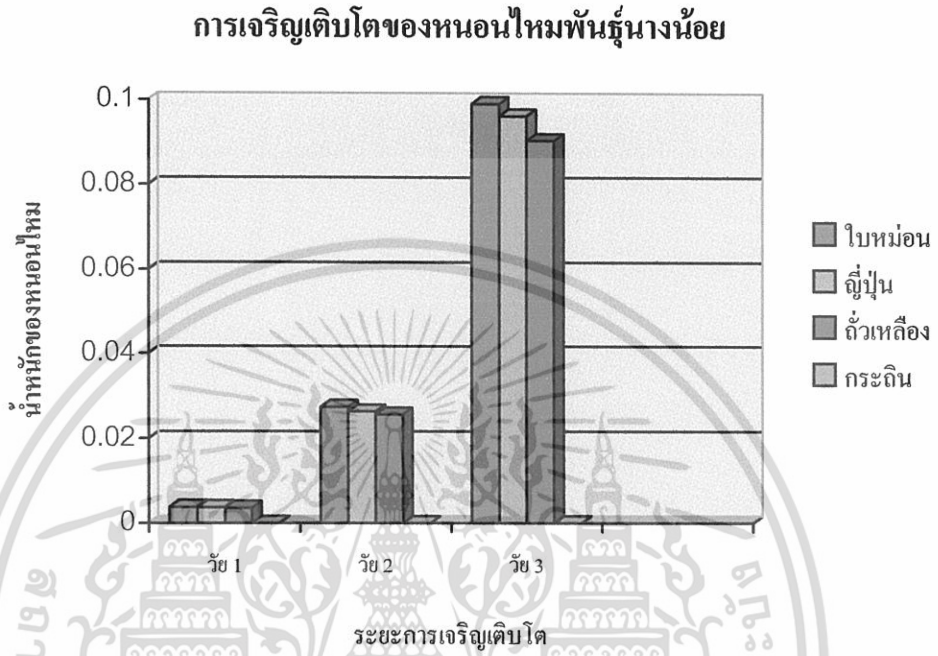
หนอนไหมวัย 3 ที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสด อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น และ สูตรถั่วเหลือง ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารเทียมสูตรใบกระถิน โดยหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.0991 กรัม รองลงมาคือ สูตรญี่ปุ่น 0.0962 กรัม และสูตรถั่วเหลือง 0.0904 กรัม

ตารางที่ 7 การเจริญเติบโตของหนอนไหมไหมพันธุ์นางน้อยวัย 1 ถึง วัย 3

สูตรอาหาร	น้ำหนักของหนอนไหมไหมพันธุ์นางน้อย (กรัม)		
	วัยที่1	วัยที่2	วัยที่3
ใบหม่อนสด	0.0038 a	0.0275 a	0.0991 a
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	0.0037 a	0.0264 a	0.0962 a
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	0.0035 a	0.0257 a	0.0904 a
สูตรพัฒนา(ใบกระถิน)	0 b	0 b	0 b

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)
ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยตั้งแต่วัย 1 ถึง วัย 3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

1.4 ผลผลิตรังไหมของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยต่ออาหารเทียมและใบหม่อน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ 8) พบว่า

น้ำหนักรังสดของรังไหม เพศเมียจะมีน้ำหนักมากกว่ารังไหมเพศผู้ และหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรญี่ปุ่นและถั่วเหลือง แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรใบกระถิน ในเพศผู้ หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดมีน้ำหนักรังสดมากที่สุด คือ 0.8988 กรัม รองลงมาคือ สูตรญี่ปุ่นและถั่วเหลือง 0.8986 กรัม ในเพศเมีย หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง มีน้ำหนักรังสดมากที่สุด คือ 1.1517 กรัม รองลงมาคือสูตรญี่ปุ่นและใบหม่อนสด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1508 และ 1.1504 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

น้ำหนักเปลือกรัง หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรญี่ปุ่นและถั่วเหลือง แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรใบกระถิน ในเพศผู้ หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง มีน้ำหนักเปลือกรังมากที่สุด คือ 0.1164 กรัม รองลงมาคือสูตรญี่ปุ่น0.1158 กรัม และใบหม่อนสด 0.1153 กรัม ในเพศเมีย หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง มีน้ำหนักเปลือกรังมากที่สุด คือ 0.1224 กรัม รองลงมาคือใบหม่อนสด 0.1220 กรัม และสูตรญี่ปุ่น 0.1218 กรัม (ภาพที่ 8)

เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรญี่ปุ่นและถั่วเหลือง แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรใบกระถิน ในเพศผู้หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรถั่วเหลืองมีค่ามากที่สุด คือ 12.9540 กรัม รองลงมาคือ สูตรญี่ปุ่น 12.8866 กรัม และใบหม่อนสด 12.8283 กรัม ในเพศเมีย หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง มีเปอร์เซ็นต์เปลือกรังมากที่สุด คือ 10.6278 กรัม รองลงมาคือใบหม่อนสด 10.6049 กรัม และสูตรญี่ปุ่น 10.5838 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 9)

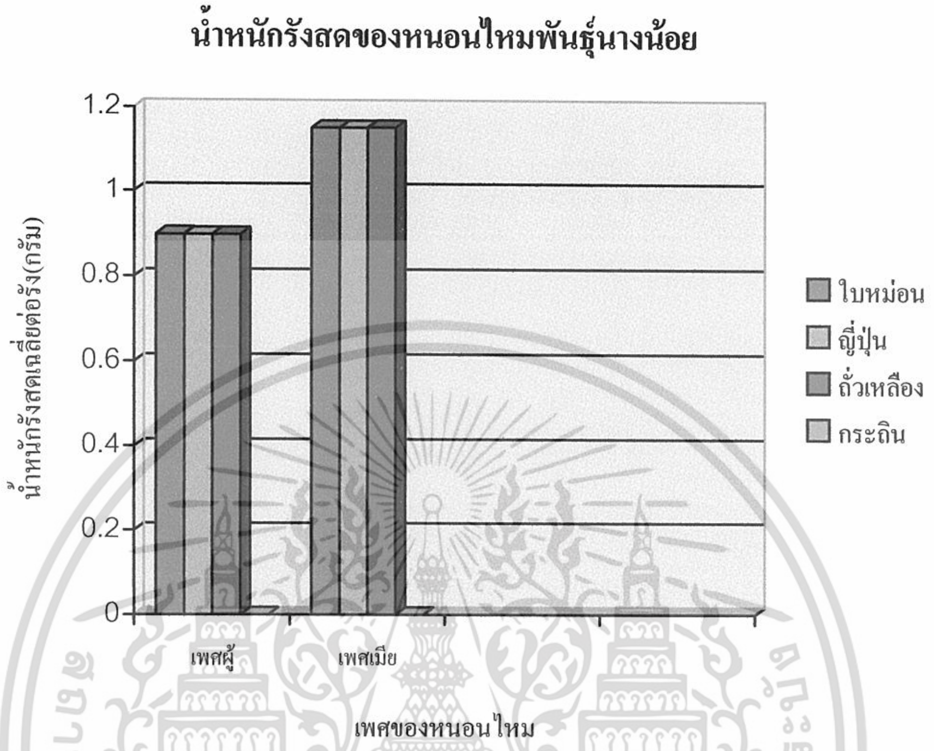
มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 8 น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรังและเปอร์เซ็นต์เปลือกรังของเพศผู้และเพศเมียต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

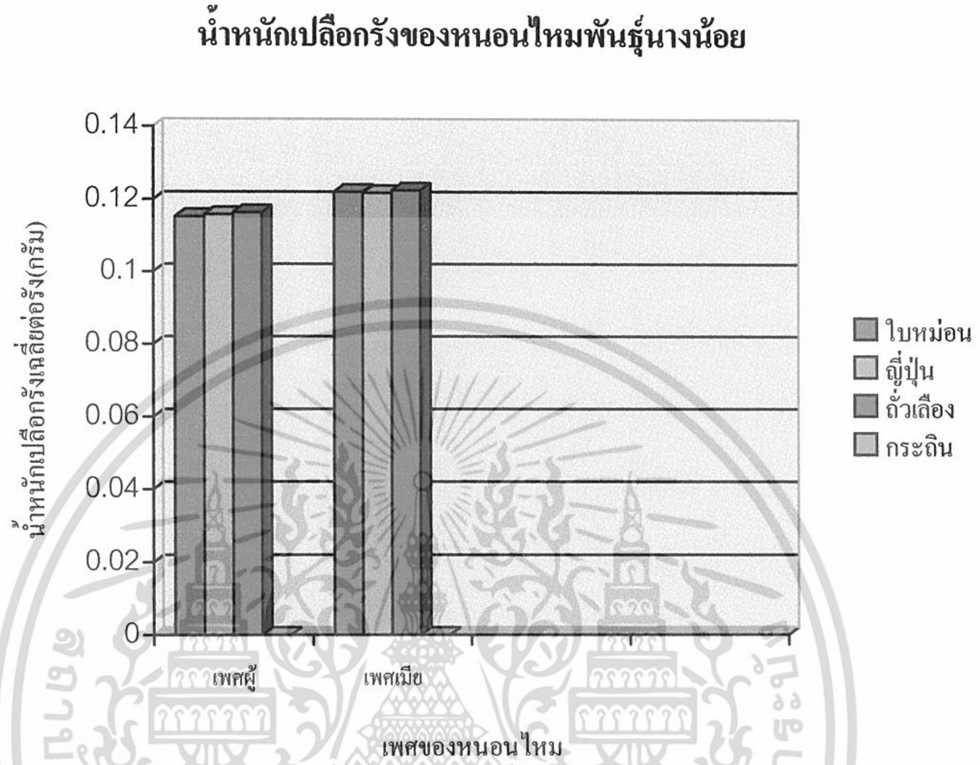
สูตรอาหาร	ผลผลิตรังไหม(กรัม)					
	น้ำหนักรังสด		น้ำหนักเปลือกรัง		เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
ใบหม่อนสด	0.8988 a	1.1504 a	0.1153 a	0.1220 a	12.8283 a	10.6049 a
สูตรญี่ปุ่น	0.8986 a	1.1508 a	0.1158 a	0.1218 a	12.8866 a	10.5838 a
สูตรถั่วเหลือง	0.8986 a	1.1517 a	0.1164 a	0.1224 a	12.9540 a	10.6278 a
สูตรใบกระถิน	0.0000 b	0.0000 b	0.0000 b	0.0000 b	0.0000 b	0.0000 b

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)
ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

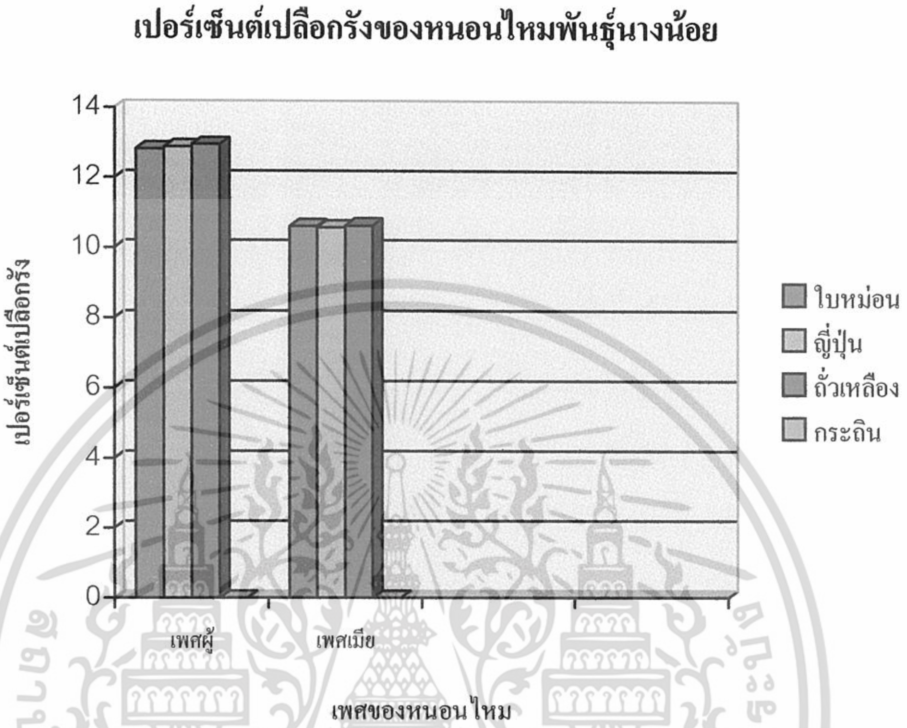
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 7 น้ำหนักรังสดเฉลี่ยต่อรังของหนอนไหมเพศผู้และเพศเมียต่ออาหารเทียมและใบหม่อน



ภาพที่ 8 น้ำหนักเปลือกรังเฉลี่ยต่อรังของหนอนไหมเพศผู้และเพศเมียต่ออาหารเทียมและใบหม่อน



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์เปลือกรังของหนอนไหมเพศผู้และเพศเมียต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

1.5 อายุของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยตั้งแต่วัย 1-3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยอายุของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรญี่ปุ่น,ใบหม่อนสดและใบกระถิน (ตารางที่ 9) โดยค่าเฉลี่ยอายุของหนอนตั้งแต่วัย 1 จนถึงวัย 3 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองมีค่ามากที่สุด คือ 19 วัน 10 ชั่วโมง รองลงมา คือ สูตรญี่ปุ่น 14 วัน 12 ชั่วโมง และ ใบหม่อนสด ที่มีค่าเฉลี่ยอายุน้อยที่สุด คือ 11 วัน 7 ชั่วโมง

ตารางที่ 9 อายุของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยตั้งแต่วัย 1 จนถึงวัย 3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

สูตรอาหาร	ค่าเฉลี่ยอายุของหนอนไหมตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่3 (วัน:ชั่วโมง)
ใบหม่อนสด	11 : 7 c
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	14 : 12 b
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	19 : 10 a
สูตรพัฒนา(ใบกระถิน)	0 d

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ศึกษาชีววิทยาหนอนไหม (*Bombyx mori* L.) พันธุ์นางน้อย

เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมเปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ(ใบหม่อน) พบว่า

2.1 ระยะไข่ (eggs)

จากการศึกษา พบว่า ไข่มีลักษณะเป็นรูปวงกลม รี มีรอยบุ๋มตรงกลางเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.952 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ย 1.167 มิลลิเมตร มีสีเหลืองนวล ระยะไข่จะใช้เวลาประมาณ 10-12 วัน จึงจะฟักเป็นตัว การเปลี่ยนแปลงในระยะไข่พบว่าในช่วง1-2วันแรก ไข่จะมีสีเหลืองนวล ต่อมา 3-5วัน ไข่จะค่อยๆมีสีเข้มขึ้น วันที่6-9 จะเริ่มมองเห็นจุดสีดำๆที่ตรงกลางของไข่ ในวันที่10-12 จะสังเกตเห็นตัวหนอนที่เจริญเติบโตอยู่ในไข่ได้อย่างชัดเจน จากนั้นหนอนจะเริ่มฟักออกมาในเวลากลางคืนก่อนที่จะสว่าง

2.2 ระยะหนอน (larvae)

จากการศึกษา พบว่า ระยะนี้เป็นระยะที่ใช้เวลามากที่สุดในชีพจักรของไหม และมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางขนาดและน้ำหนักมากที่สุด หนอนไหมโดยทั่วไปจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง

หนอนวัยที่ 1 หนอนไหมที่ฟักออกใหม่ ๆ จะมีลำตัวเป็นสีดำหรือสีน้ำตาลไหม้ ทั้งนี้เนื่องจากมีขน (bristle) ปกคลุมอย่างหนาแน่น ขนนี้จะค่อย ๆ บางลงเนื่องด้วยผิวหนังมีการขยายตัว หลังจากที่ออกจากไข่และกินอาหารเต็มที่ประมาณ 3 – 4 วัน ก็จะหยุดกินอาหารเตรียมตัวลอกคราบ

หนอนวัยที่ 2 สีที่ลำตัวจะค่อยๆจางลง เป็นสีเทา ขนที่ปกคลุมบนลำตัวก็ค่อยๆบางลงเนื่องจากมีการขยายขนาดของลำตัว

หนอนวัยที่ 3 ลำตัวมีสีขาวขุ่น เริ่มมองเห็นรูหายใจที่ด้านข้างของลำตัวเป็นจุดเล็กๆ และเห็นตาเดี่ยวบริเวณส่วนหัว เริ่มกินอาหารเร็วและปริมาณมากขึ้น

หนอนวัยที่ 4 ลำตัวเห็นเป็นสีขาวชัดเจนมีลักษณะเป็นปล้องๆ ลำตัวแบ่งออกเป็นส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนอกเป็นที่ตั้งของขาจริง และส่วนท้องเป็นที่ตั้งของขาเทียม มองเห็นรูหายใจที่ด้านข้างของลำตัวอย่างชัดเจน หนอนกินอาหารได้เร็วและปริมาณมาก

หนอนวัยที่ 5 ลำตัวเห็นเป็นสีขาวชัดเจน ส่วนของหัวจะเป็นส่วนลำตัวประกอบด้วยปล้อง 14 ปล้องติดต่อกัน 3 ปล้องแรกเป็นส่วนอกมีขาจริงอยู่ปล้องละ 1 คู่ อีก 11 ปล้องต่อมาเป็นส่วนท้อง เริ่มจากปล้องที่ 3-6 มีขาปล้องละ 1 คู่ ตอนปลายขามีลักษณะคล้ายถ้วย และมีแผ่น chitin สีคล้ำๆอยู่ตามขอบในลักษณะครึ่งวงกลม ภายในอุ้งเท้าประกอบด้วยขนคล้ายตะขออยู่หนาแน่นรูหายใจคู่แรกอยู่ที่ปล้องที่ 1 และที่เหลืออยู่ที่ส่วนท้องปล้องที่ 1-8 เห็นตาเดี่ยวทั้งหมด 6 คู่

หนอนไหมตั้งแต่วัยที่ 1 จนถึงวัยที่ 5 ที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดและอาหารเทียมชนิดต่างๆนั้น มีลักษณะและสีที่เหมือนกัน จะแตกต่างกันที่ขนาดของลำตัวความกว้างและความยาวดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ขนาดลำตัวเฉลี่ยของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย(มิลลิเมตร)

สูตรอาหาร	ขนาดลำตัวเฉลี่ยของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย(มิลลิเมตร)									
	วัยที่ 1		วัยที่ 2		วัยที่ 3		วัยที่ 4		วัยที่ 5	
	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว
ใบหม่อนสด	0.39a	2.34a	0.79a	5.46a	1.45a	10.33a	2.14a	18.53a	3.93a	31.76a
สูตรญี่ปุ่น	0.34a	2.25b	0.71b	4.93b	1.04c	9.89c	1.73c	16.85c	3.42c	26.77c
สูตรถั่วเหลือง	0.22b	2.18b	0.67b	4.86c	1.15b	10.03b	1.95b	17.03b	3.60b	27.03b
สูตรใบกระถิน	0c	0c	0c	0d	0d	0d	0d	0d	0d	0d

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

การลอกคราบ (moulting) การเจริญเติบโตของหนอนไหมเมื่อมีการเจริญเติบโตถึงจุดหนึ่ง ซึ่งผิวหนังไม่สามารถขยายตัวได้อีกต่อไป ไหมจะทำการลอกคราบ การลอกคราบของหนอนไหม ในระยะที่เป็นตัวหนอน จะกระทำซ้ำอยู่เช่นนี้จนครบ 4 ครั้ง ซึ่งจะทำให้เกิดไหมวัย 1 (จากระยะที่ออกจากไข่จนถึงลอกคราบครั้งที่ 1) วัย 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ โดยลอกคราบครั้งที่ 1 หลังจากหนอนฟักออกจากไข่ 3-4 วัน ก็จะลอกคราบเป็นวัยที่ 2 ซึ่งหนอนวัยที่ 2 และ 3 จะมีระยะประมาณวัยละ 3-4 วัน ส่วนหนอนวัยที่ 4 มีระยะประมาณ 4-5 วัน จึงลอกคราบ และหนอนวัยที่ 5 มีระยะ 7-8 วันในระยะปลายของวัย 5 ไหมจะหยุดกินอาหาร ลำตัวค่อนข้างโปร่งแสง และคลานหาสถานที่เหมาะสมต่อการทำรัง ในระยะนี้เรียกว่าไหมสุก ช่วงเวลาจากระยะฟักตัวออกจากไข่จนถึงระยะไหมสุกนี้จะใช้เวลา 20 – 25 วัน ซึ่งหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น ก็มีระยะเวลาในการลอกคราบใกล้เคียงกับหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสด ส่วนหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง นั้นการลอกคราบในแต่ละวัยจะใช้เวลานานกว่า คือวัยที่ 1 มีระยะประมาณ 9-10 วัน วัยที่ 2 ถึง วัยที่ 4 มีระยะประมาณ 4-5 วันวัยที่ 5 มีระยะประมาณ 7-8 วัน ช่วงเวลาจากระยะฟักตัวออกจากไข่จนถึงระยะไหมสุกนี้จะใช้เวลา 30 – 33 วัน เมื่อได้ที่เหมาะสมแล้วก็จะเริ่มลงมือทำรัง โดยในตอนแรกเส้นใยที่คายออกมาทำรังจะเป็นตัวหยุดอยู่กับสิ่งต่าง ๆ และในตอนนี้ไหมจะทำการถ่ายมูลครั้งสุดท้ายโดยไม่เปรอะเปื้อนรังส่วนนอกของมันเลย หลังจากนั้นไหมก็จะเริ่มทำรังส่วนในซึ่งถือว่าเป็นรังแท้ ไหมจะทำรังเสร็จหลังจากเริ่มทำรังแล้ว 2 – 3 วัน เมื่อทำรังเสร็จแล้วอีก 1 – 2 วัน หนอนไหมจะลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรัง อันเป็นการสิ้นสุดสภาพของการเป็นตัวหนอน

2.3 ระยะดักแด้ (pupae)

หลังจากหนอนไหมลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรังแล้ว ดักแด้นี้จะนอนอยู่ในรังเฉยๆ จนกระทั่งอีก 6 – 7 วัน ดักแด้มีลักษณะเรียว ยาว สีน้ำตาลเข้ม อยู่ภายในรังสีเหลือง หลังจากที่ลอกคราบเปลี่ยนสภาพจากตัวหนอนดักแด้ก็จะลอกคราบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมักจะเป็นเวลาเช้ากลายเป็นผีเสื้อ (moths) ขนาดของดักแด้ที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดและอาหารเทียมสูตรต่างๆมีขนาดแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งสูตรถั่วเหลืองจะให้ดักแด้เพศผู้และเพศเมียที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ ดักแด้เพศผู้มีขนาดความกว้าง 8.34 มิลลิเมตร ยาว 22.27 มิลลิเมตร ดักแด้เพศเมียมีขนาดความกว้าง 9.27 มิลลิเมตร ยาว 23.24 มิลลิเมตร ขณะที่สูตรญี่ปุ่นให้ขนาดดักแด้เล็กที่สุด คือ ดักแด้เพศผู้มีขนาดความกว้าง 7.38 มิลลิเมตร ยาว 20.23 มิลลิเมตร ดักแด้เพศเมียมีขนาดความกว้าง 8.18 มิลลิเมตร ยาว 21.68 มิลลิเมตร

ตารางที่ 11 ขนาดเฉลี่ยของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อย

สูตรอาหาร	ขนาดเฉลี่ยของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อย(มิลลิเมตร)			
	เพศผู้		เพศเมีย	
	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว
ใบหม่อนสด	8.04b	20.25b	8.35b	22.81b
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	7.38c	20.23b	8.18c	21.68c
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	8.34a	22.27a	9.27a	23.24a
สูตรพัฒนา(ใบกระถิน)	0d	0c	0d	0d

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

2.4. ระยะตัวเต็มวัย (adult)

เมื่อดักแด้ได้ลอกคราบกลายเป็นผีเสื้อ(moths)อยู่ภายในรังแล้ว ผีเสื้อจะพ่นน้ำลายซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง เพื่อละลายรังไหมแล้วดันตัวเองออกสู่ภายนอก ผีเสื้อเป็นผีเสื้อกลางคืน มีสีขาว หนวดเป็นแบบฟันหวี ลำตัวมีลักษณะอ้วนป้อม เพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ และมีขนาดต่างกันเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนสดและอาหารเทียมสูตรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งใบหม่อนสดจะให้ขนาดตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ ผีเสื้อเพศผู้มีขนาดความกว้าง 23.58 มิลลิเมตร ยาว 18.62 มิลลิเมตร ผีเสื้อเพศเมียมีขนาดความกว้าง 24.50 มิลลิเมตร ยาว 19.20 มิลลิเมตร ขณะที่สูตรญี่ปุ่นให้ขนาดผีเสื้อเล็กที่สุด คือ ผีเสื้อเพศผู้มีขนาดความกว้าง 22.87 มิลลิเมตร ยาว 18.25 มิลลิเมตร ผีเสื้อเพศเมียมีขนาดความกว้าง 24.35 มิลลิเมตร ยาว 18.69 มิลลิเมตร

ตารางที่ 12 ขนาดเฉลี่ยผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อย

สูตรอาหาร	ขนาดเฉลี่ยผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อย(มิลลิเมตร)			
	เพศผู้		เพศเมีย	
	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว
ใบหม่อนสด	23.58a	18.62a	24.50a	19.20a
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	22.87c	18.25c	24.35b	18.69b
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	23.11b	18.45b	24.47a	18.84b
สูตรพัฒนา(ใบกระถิน)	0d	0d	0c	0c

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.05$)
ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.05$)

หลังจากที่ได้ออกมาจากรังแล้วพักอยู่สักครู่หนึ่งตัวของผีเสื้อจะแห้ง ปีกจะกางออกพร้อมที่จะทำการผสมพันธุ์ และวางไข่ต่อไป ผีเสื้อจะเริ่มวางไข่หลังจากผสมพันธุ์ 1วัน

การไข่และอัตราการวางไข่ จากการศึกษา พบว่า อัตราการวางไข่ ผีเสื้อจะวางไข่ในเวลากลางคืน หลังจากผีเสื้อผสมพันธุ์ 1 วัน ใช้เวลาประมาณ 3วัน โดยวันที่ 1 จะมีอัตราเฉลี่ยในการวางไข่มากที่สุด รองลงมา คือ วันที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) โดยใบหม่อนสดมีอัตราการวางไข่ในวันที่ 1, 2 และ 3 สูงที่สุด คือ 271, 58 และ 3.66 ฟอง ตามลำดับ ขณะที่สูตรถั่วเหลืองมีอัตราการวางไข่ในวันที่ 1, 2 และ 3 ต่ำที่สุด คือ 209, 45 และ 2.33 ฟอง ตามลำดับ ส่วนผีเสื้อที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ก็สามารถวางไข่ได้ แต่ไข่จะไม่ฟัก หลังจากที่เปลี่ยนสภาพไปเป็นผีเสื้อออกมาสู่ภายนอกแล้ว 7–9 วัน ผีเสื้อเหล่านี้ก็จะตาย

ตารางที่ 13 อัตราการวางไข่ของผีเสื้อพันธุ์นางน้อยในแต่ละวัน

สูตรอาหาร	อัตราการวางไข่เฉลี่ยของผีเสื้อพันธุ์นางน้อยในแต่ละวัน(ฟอง)			
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	รวม
ใบหม่อนสด	271.00a	58.00a	3.66a	332.66
สูตรทางการค้า(ญี่ปุ่น)	259.00a	50.33a	2.66b	311.99
สูตรพื้นฐาน(ถั่วเหลือง)	209.00b	45.00a	2.33b	256.33
สูตรพัฒนา(ถั่วเขียว)	0c	0b	0c	0

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)
ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.05)

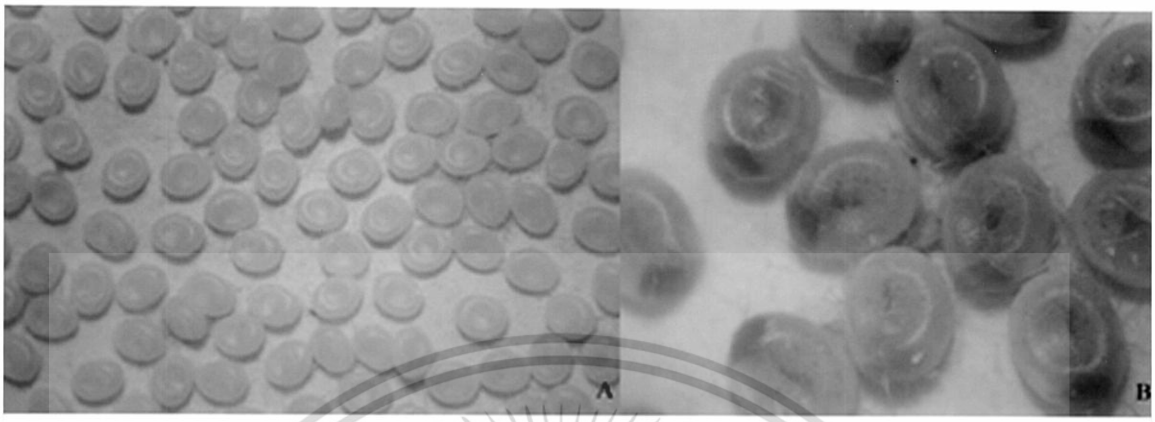
อัตราการตายของตัวเต็มวัย

จากการศึกษาพบว่า ตัวเต็มวัยเพศผู้มีอัตราการตายสูงที่สุดในวันที่ 4 คือ 50 % รองลงมา คือ วันที่ 5 , 3 , 6 , 7 โดยมีอัตราการตาย 16.50 % , 13.50 % , 10.50% และ 9.50% ตามลำดับ ส่วนวันที่ 1 และ 2 ไม่พบอัตราการตาย ซึ่งตัวเต็มวัยเพศผู้มีอายุประมาณ 3-7 วัน

ตัวเต็มวัยเพศเพศเมีย มีอัตราการตายสูงสุดในวันที่ 4 คือ 56.66 % รองลงมา คือวันที่ 3 , 5, 6, 7 โดยมีอัตราการตาย 16.67 % ,13.33% , 10% ,3.33% ตามลำดับ ส่วนวันที่ 1 และ 2 ไม่พบอัตราการตาย ซึ่งตัวเต็มวัยเพศเมีย มีอายุประมาณ 3-7 วัน

อัตราการตายของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรต่างๆมีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมาก รวมวงจรชีวิตของหนอนไหมตั้งแต่ไข่จนเป็นผีเสื้อที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น สูตรถั่วเหลือง มีวงจรชีวิตประมาณดังนี้ 31- 42 วัน , 34 – 45 วัน และ 39-50 วัน ตามลำดับ

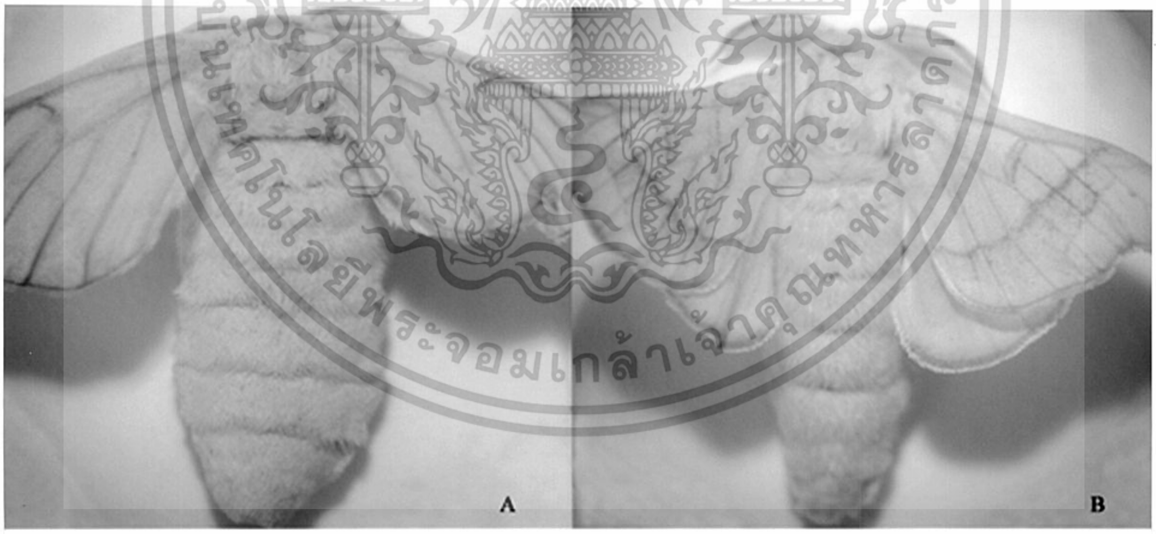
ลักษณะของไข่ หนอน ดักแด้ ตัวเต็มวัย รวมถึงวงจรชีวิตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย ได้แสดงไว้ในภาพที่ 10-14



ภาพที่ 10 ลักษณะไข่ของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) ไข่แรกฟัก B) ไข่เมื่อใกล้ฟัก ที่กำลังขยาย 400 เท่า

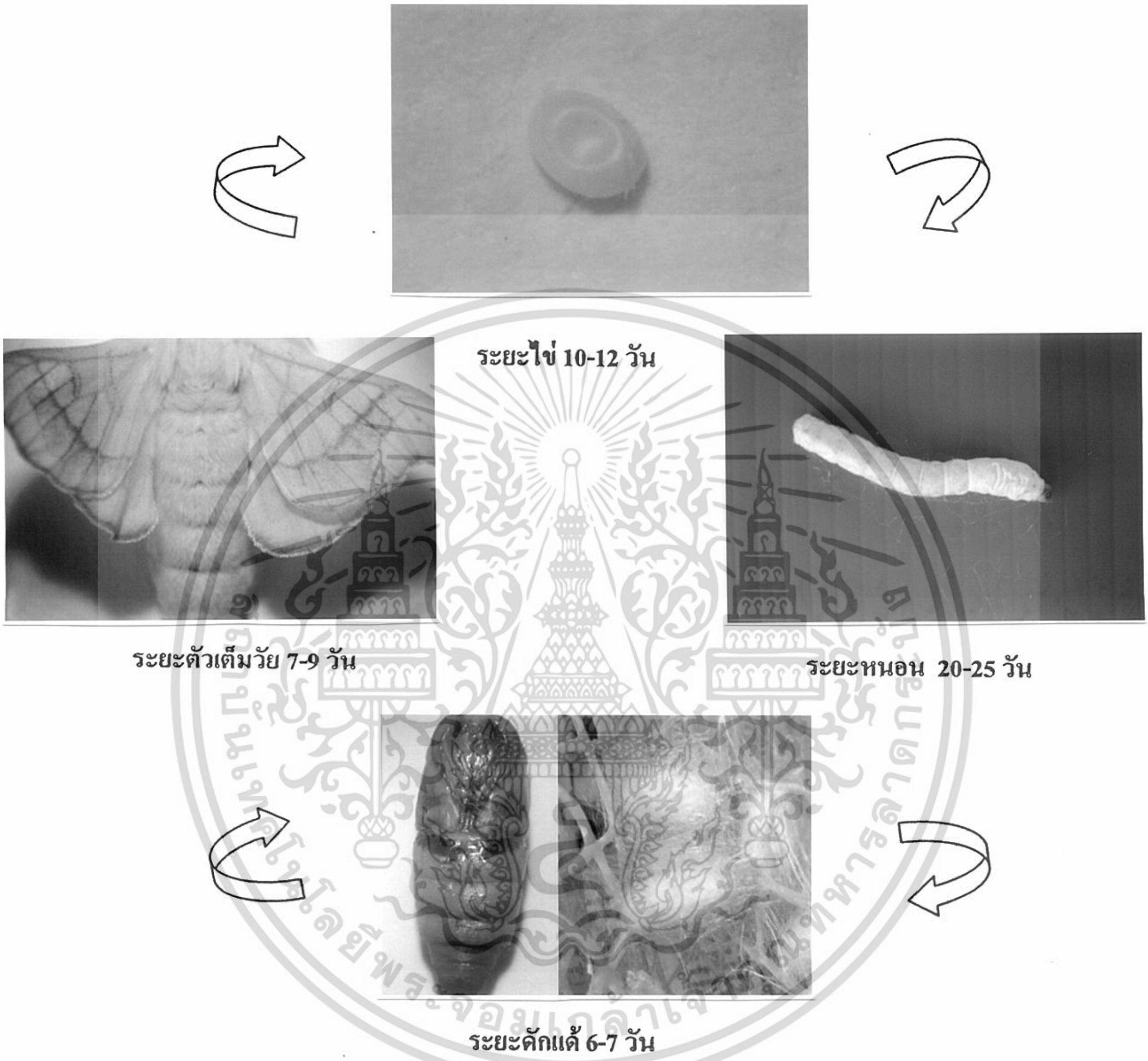
ภาพที่ 11 ลักษณะของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) วัย 1 B) วัย 2 ที่กำลังขยาย 400 เท่า C) วัย 3 D) วัย 4 E) วัย 5

ภาพที่ 12 ลักษณะดักแด้ของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) เพศเมีย B) เพศผู้ ที่กำลังขยาย 400 เท่า



ภาพที่ 13 ลักษณะตัวเต็มวัยของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย A) เพศเมีย B) เพศผู้ ที่กำลังขยาย 400 เท่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 14 วงจรชีวิตของหนอนไหมพันธุ์นางน้อย

วิจารณ์ผลการทดลอง

หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นนั้น พบว่า มีความสามารถในการยอมรับอาหาร อัตราการอยู่รอด การเจริญเติบโต และผลผลิตรังไหม ใกล้เคียงกับหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน แม้ว่าเปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหารจะมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับใบหม่อน โดยหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น ที่ 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหาร เท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ และ 94.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับอาหาร เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองนั้น มีความสามารถในการยอมรับอาหาร อัตราการอยู่รอด การเจริญเติบโต ต่ำกว่าใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น แต่คุณภาพของผลผลิตรังไหม ทั้งในด้าน น้ำหนักรังสด น้ำหนักเปลือกรัง และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง สูงกว่าใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น และแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติกับทั้งสองสูตร ส่วนในด้านการเจริญเติบโต หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนและอาหารเทียมตั้งแต่วัยที่ 1 ถึง วัยที่ 3 นั้นมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่น้ำหนักของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน ในวัยที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.0038, 0.0275 และ 0.0991 กรัมต่อตัว ตามลำดับ น้ำหนักของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น ในวัยที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.0037, 0.0264 และ 0.0962 กรัมต่อตัว ตามลำดับ และน้ำหนักของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วย อาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองในวัยที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.0035, 0.0257 และ 0.0904 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ito (1979) ที่กล่าวว่า น้ำหนักของหนอนไหมจากการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมและใบหม่อนไม่แตกต่างกันทางสถิติ อายุของหนอนไหมวัย 1 ถึง 3 ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมจะยาวนานกว่าอายุของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน โดยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น อายุจะยาวนานกว่าอายุของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน 3 วัน อาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองยาวนานกว่าใบหม่อน 8 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ito (1979) ที่กล่าวว่า ระยะเวลาการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยอาหารเทียมจะมากกว่าระยะเวลาในการเลี้ยงไหมวัยอ่อนด้วยใบหม่อน

ส่วนอาหารเทียมสูตรพัฒนาใบกระถินนั้น พบว่า ไม่มีประสิทธิภาพในการใช้เลี้ยงหนอนไหม เนื่องจาก หนอนไหมยอมรับอาหารเพียงแค่ 24 ชั่วโมงแรก แต่ต่อมาหนอนไหมไม่ยอมรับอาหาร หนีอาหารและไม่ยอมกินอาหาร ทำให้หนอนไหมเริ่มตายในวันที่ 2 ของการทดลอง และทยอยตายจนหมดในวันที่ 5 ของการทดลอง ดังนั้นในการศึกษาทดลองทำสูตรอาหารเทียมเพื่อใช้เลี้ยงหนอนไหมวัยอ่อนจึงต้องมีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา การเลี้ยงหนอนไหมพันธุ์นางน้อยตั้งแต่วัย 1 ถึงวัย 3 ด้วยอาหารเทียมสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ (ใบหม่อน) พบว่า อาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง หนอนไหมมีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 90 และ 91.3% ตามลำดับ มีอัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1, 2, 3 และ 5 คือ 82, 80.66, 75.33, และ 62% ตามลำดับ มีน้ำหนักตัวในวัยที่ 1, 2 และ 3 เฉลี่ย เท่ากับ 0.0035, 0.0257 และ 0.0904 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น โดยที่อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นมีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 96 และ 94.6% ตามลำดับ มีอัตราการอยู่รอดในวัยที่ 1, 2, 3 และ 5 คือ 92.66, 90.66, 86.66, และ 70% ตามลำดับ มีน้ำหนักตัวในวัยที่ 1, 2 และ 3 เฉลี่ย เท่ากับ 0.0037, 0.0264 และ 0.0962 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ในด้านคุณภาพผลผลิตรังไหมของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลือง มีคุณภาพสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักรังสดเพศผู้และเพศเมียเฉลี่ย เท่ากับ 0.8986 และ 1.1517 กรัมต่อรัง น้ำหนักเปลือกรัง 0.1164 และ 0.1224 กรัมต่อรัง และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง เท่ากับ 12.9540 และ 10.6278% ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตรังไหมของหนอนไหมที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นมีน้ำหนักรังสดเพศผู้และเพศเมียเฉลี่ย เท่ากับ 0.8986 และ 1.1508 กรัมต่อรัง น้ำหนักเปลือกรัง 0.1158 และ 0.1218 กรัมต่อรัง และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง เท่ากับ 12.8866 และ 10.5838% ตามลำดับ ส่วนอาหารเทียมสูตรใบกระถินนั้น หนอนไหมมีความสามารถในการยอมรับอาหารที่ 12 และ 24 ชั่วโมง คือ 93.3 และ 96.6% ตามลำดับ แต่จากนั้นหนอนไหมไม่ยอมรับอาหาร หนีอาหารทำให้หนอนไหมเริ่มตายในวันที่ 2 ของการทดลอง และตายหมดในวันที่ 5 ของการทดลอง ดังนั้นการใช้อาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองในการเลี้ยงหนอนไหมจึงให้ผลดีกว่าสูตรใบกระถินเมื่อเปรียบเทียบกับใบหม่อนและอาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น สำหรับการศึกษาชีววิทยาของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมเปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ พบว่า ไข่มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.952 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 1.167 มิลลิเมตร ระยะไข่ 10-12 วัน ระยะหนอนมี 5 วัยและมีขนาดใกล้เคียงกันแต่หนอนไหมที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนมีขนาดใหญ่ที่สุด ระยะที่เป็นหนอนที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนมีระยะเวลาสั้นที่สุด คือ 20-25 วัน รองลงมา คือ อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่น 25-28 วัน และสูตรถั่วเหลือง 30-33 วัน ขนาดดักแด้ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตรถั่วเหลืองมีขนาดใหญ่ที่สุด โดยเพศผู้มีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 8.34 และ 22.27 มิลลิเมตร เพศเมีย 9.27 และ 23.24 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ใบหม่อนและสูตรญี่ปุ่น ตามลำดับ ระยะดักแด้ใช้เวลาประมาณ 6-7 วัน จากนั้นจะเป็นระยะตัวเต็มวัย ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยผีเสื้อของหนอนที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนมีขนาดใหญ่ที่สุด คือ เพศผู้เมื่อกางปีกออกจะกว้างและยาว 23.58 และ18.62 มิลลิเมตร

ตามลำดับ เพศเมีย 24.50 และ 19.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมา คือ สูตรถั่วเหลืองและญี่ปุ่น อัตราการวางไข่ในวันแรกจะสูงที่สุด รองลงมา คือ วันที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งใบหม่อนจะมีอัตราการวางไข่สูงที่สุด คือ ในวันที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 272.66, 69.12 และ 4.50 ฟอง รองลงมา คือ สูตรญี่ปุ่น 250.83, 48.57 และ 2.28 ฟอง และสูตรถั่วเหลือง 209.75, 37.80 และ 1.80 ฟอง ตามลำดับ ผีเสื้อจะมีอายุประมาณ 7-9 วัน ก็จะตาย รวมวงจรชีวิตของหนอนไหมตั้งแต่ระยะไข่จนเป็นผีเสื้อ ที่เลี้ยงด้วยใบหม่อน อาหารเทียมสูตรญี่ปุ่นและสูตรถั่วเหลือง มีวงจรชีวิตประมาณ 43-53 วัน, 48-56 วัน และ 53-61 วัน ตามลำดับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

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

ดวงสมร สินเจิมศิริ และ อังคนา หาญบรรจง. 2527. การวิเคราะห์อาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 97 น.

พรทิพย์ เพชรมนต์ และ เกษร สุขเจริญ. 2542. ศึกษาปรับปรุงส่วนผสมของอาหารเทียมให้มีประสิทธิภาพ, น. 1-19. ใน รายงานผลงานวิจัยศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา. นครราชสีมา. สถาบันวิจัยหม่อนไหม.

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

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

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

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

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

สมบูรณ์ โกมลนาค, มาโนช ปัญญาวนิช และ บัวแก้ว โกมลนาค. 2533. ศึกษาอิทธิพลของสาร Thiouria ต่อการเพิ่มผลผลิตใบหม่อนที่ใช้เลี้ยงไหมวัยอ่อน, น.51. ใน รายงานผลการ

ค้นคว้าวิจัยไหมต่างประเทศลูกผสม ปี 2533. สถาบันวิจัยหม่อนไหม. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

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

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

อุทัย คันโธ. 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 In 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*. 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. ß-sitosterol as one of the biting factors. Nature 190 : 880-881

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

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. Ssricul. 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. JARQ. 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 Sericulture. Tokyo, Japan. 321p.

Karaksy, EI. and M. Idriss. 1990. Ascorbic acid enhances the silk yield of the mullberry 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. Insectphysiol. Chapman and Hall, Ltd, London. 1100p.

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. 600p.

Yanakawa, H. 1973. Effects of dietary levels of glucose on the amounts of trehalose, glycogen, lipids, and free aminoacid in the silkworm, *Bombyx mori*. 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 alinear programming method for strain of the silkworm *Bombyx mori*. Bull. Inst. Seric. Sci. Entomol. Sci. 3 : 57-75.

ภาคผนวก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางผนวกที่ 1 การยอมรับอาหารมื้อแรกหลังจาก 12 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	161.0000	53.6667	92.00	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	4.6667	0.5833				
ToTal	11	165.6667	15.0606				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 94.8333333333333

CV = 0.8054 %

LSD 0.05 = 1.43804365565087

LSD 0.01 = 2.09221008877218

ตารางผนวกที่ 2 การยอมรับอาหารมื้อแรกหลังจาก 24 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	118.6667	120.6667	158.22	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	2.0000	0.2500				
ToTal	11	120.6667	10.9697				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 95.6666666666667

CV = 0.5226 %

LSD 0.05 = .941420557809668

LSD 0.01 = 1.36967301450626

ตารางผนวกที่ 3 อายุของหนอนวัยที่1- วัยที่3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	351831.000	117277.000	31985.1818	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	6.000	0.7500				
ToTal	11	351837.000	31985.1818				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 270.5

CV = 0.3202 %

LSD 0.05 = 1.63058823741618

LSD 0.01 = 2.37234325088087

ตารางผนวกที่ 4 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 1

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	18413.3333	6137.7778	283.28	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	173.3333	21.6667				
ToTal	11	18586.6667	1689.6970				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 67.3333333333333

CV = 6.9130 %

LSD 0.05 = 8.76414843426192

LSD 0.01 = 12.7509618373585

ตารางผนวกที่ 5 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 2

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	17163.6667	5721.2222	408.66	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	112.0000	14.0000				
ToTal	11	17275.6667	1570.5152				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 65.1666666666667

CV = 5.7417 %

LSD 0.05 = 7.04494636837878

LSD 0.01 = 10.2496943043846

ตารางผนวกที่ 6 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 3

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	15814.6667	5271.5556	159.74	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	264.0000	33.0000				
ToTal	11	16078.6667	1461.6970				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 62.3333333333333

CV = 9.2159 %

LSD 0.05 = 10.8160987421528

LSD 0.01 = 15.7363448742076

ตารางผนวกที่ 7 เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของหนอนวัยที่ 5

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	10177.0000	3392.3333	60.22	4.07	7.59	0.0001
Ex.Error	8	450.6667	56.3333				
ToTal	11	10627.6667	966.1515				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 50.1666666666667

CV = 14.9612 %

LSD 0.05 = 14.1317647242735

LSD 0.01 = 20.5603081743008

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักของหนอนวัยที่1 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	0.0000	0.0000	92.63	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0000	0.0000				
ToTal	11	0.0000	0.0000				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 2.7500000433065E-03

CV = 12.0147 %

LSD 0.05 = 6.22097895792158E-04

LSD 0.01 = 9.05090390452163E-04

ตารางผนวกที่ 9 น้ำหนักของหนอนวัยที่2 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	0.0016	0.0005	66.86	4.07	7.59	0.0001
Ex.Error	8	0.0001	0.0000				
ToTal	11	0.0016	0.0001				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 1.98833335501452E-02

CV = 14.1441 %

LSD 0.05 = 5.29515943269309E-03

LSD 0.01 = 7.70392883637699E-03

ตารางผนวกที่ 10 น้ำหนักของหนอนวัยที่3 ต่ออาหารเทียมและใบหม่อน

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	0.0205	0.0068	225.43	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0002	0.0000				
ToTal	11	0.0208	0.0019				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = .071433333059152

CV = 7.7126 %

LSD 0.05 = 1.03732963900902E-02

LSD 0.01 = 1.50921116169785E-02

ตารางผนวกที่ 11 น้ำหนักรังสดเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	1.8171	0.6057	1239.99	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0000	0.0000				
ToTal	11	1.8171	0.1652				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = .67399999499321

CV = 0.3462 %

LSD 0.05 = 4.39351870208013E-03

LSD 0.01 = 6.39213150280955E-03

ตารางผนวกที่ 12 น้ำหนักรังสดเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	2.9806	0.9935	3055.99	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0000	0.0000				
ToTal	11	2.9806	0.2710				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = .863225003083547

CV = 0.1183 %

LSD 0.05 = 1.92241894873485E-03

LSD 0.01 = 2.79692782871007E-03

ตารางผนวกที่ 13 น้ำหนักเปลือกรังเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	0.0302	0.0101	2348.00	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0000	0.0000				
ToTal	11	0.0302	0.0027				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 8.68750003476938E-02

CV = 1.0392 %

LSD 0.05 = 1.69977968074321E-03

LSD 0.01 = 2.47300989978034E-03

ตารางผนวกที่ 14 น้ำหนักเปลือกรังเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	0.0335	0.0112	8418.38	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0000	0.0000				
ToTal	11	0.0335	0.0030				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 9.15499993910392E-02

CV = 1.2585 %

LSD 0.05 = 2.16935568480223E-03

LSD 0.01 = 3.15619615026517E-03

ตารางผนวกที่ 15 เปอร์เซ็นต์เปลือกรังเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	373.8440	124.6147	8437.94	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.1181	0.0148				
ToTal	11	373.9622	33.9966				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 9.66721661885579

CV = 1.2571 %

LSD 0.05 = .228812684046876

LSD 0.01 = .332899633554757

ตารางผนวกที่ 16 เปอร์เซ็นต์เปลือกรังเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	253.0764	84.3588	8284.36	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0815	0.0102				
ToTal	11	253.1578	23.0143				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 7.95414169629415

CV = 1.2687 %

LSD 0.05 = .189998194098472

LSD 0.01 = .276428422029651

ตารางผนวกที่ 17 ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 1

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	0.2714	0.0905	68.28	4.07	7.59	0.0001
Ex.Error	8	0.0106	0.0013				
ToTal	11	0.2820	0.0256				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = .237500003228585

CV = 15.3265 %

LSD 0.05 = 6.85364464656532E-02

LSD 0.01 = 9.97136937954322E-02

ตารางผนวกที่ 18 ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 1

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	11.4968	3.8323	2221.61	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0138	0.0017				
ToTal	11	11.5106	1.0464				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 1.69250001509984

CV = 2.4540%

LSD 0.05 = .078200284700917

LSD 0.01 = .113773614558359

ตารางผนวกที่ 19 ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 2

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	1.1996	0.3999	390.12	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0082	0.0010				
ToTal	11	1.2078	0.1098				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = .542499994238218

CV = 5.9015%

LSD 0.05 = 6.02803230057944E-02

LSD 0.01 = 8.77018576255161E-02

ตารางผนวกที่ 20 ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 2

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	58.7864	19.5955	5369.01	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0102	0.0013				
ToTal	11	58.7966	5.3451				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN =

CV = %

LSD 0.05 = 6.72308426608813E-02

LSD 0.01 = 9.78141704801634E-02

ตารางผนวกที่ 21 ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 3

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	3.5852	1.1951	1315.68	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0073	0.0009				
ToTal	11	3.5925	0.3266				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = .910833328962326

CV = 3.3089 %

LSD 0.05 = 5.67461445720348E-02

LSD 0.01 = 8.25599805026785E-02

ตารางผนวกที่ 22 ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 3

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	229.0688	76.3563	7765.97	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0220	0.0027				
ToTal	11	229.0908	20.8264				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 7.5625

CV = 0.6934%

LSD 0.05 = 9.87369269255551E-02

LSD 0.01 = .143652380674431

ตารางผนวกที่ 23 ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 4

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	8.7207	2.9069	3142.59	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0074	0.0009				
ToTal	11	8.7281	0.7935				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 1.45500000317891

CV = 2.0903%

LSD 0.05 = 5.72644514804523E-02

LSD 0.01 = 8.33140653585939E-02

ตารางผนวกที่ 24 ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 4

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	691.8068	230.6023	2409.59	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0352	0.0044				
ToTal	11	691.8420	62.8947				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 13.102499961853

CV = 0.5063%

LSD 0.05 = .124893566651586

LSD 0.01 = .18170768261755

ตารางผนวกที่ 25 ขนาดความกว้างลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 5

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	30.3770	10.1257	4550.86	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0178	0.0022				
ToTal	11	30.3948	2.7632				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 2.7374999721845

CV = 1.7231%

LSD 0.05 = 8.88135315370733E-02

LSD 0.01 = .129214830141752

ตารางผนวกที่ 26 ขนาดความยาวลำตัวของหนอนไหมพันธุ์นางน้อยวัยที่ 5

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	1877.4690	625.8230	5570.94	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0256	0.0032				
ToTal	11	1877.4946	170.6813				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 21.3900000254313

CV = 0.2645%

LSD 0.05 = .106509238020714

LSD 0.01 = .154960318109061

ตารางผนวกที่ 27 ขนาดความกว้างของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	142.5816	47.5272	3470.35	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0162	0.0020				
ToTal	11	142.5978	12.9634				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 5.93999993801117

CV = 0.7576%

LSD 0.05 = 8.47276197657901E-02

LSD 0.01 = .123270236042596

ตารางผนวกที่ 28 ขนาดความยาวของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	992.6330	330.8777	3393.52	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0162	0.0020				
ToTal	11	992.6492	90.2408				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 15.6875

CV = 0.2869%

LSD 0.05 = 8.47285923959431E-02

LSD 0.01 = .123271651122458

ตารางผนวกที่ 29 ขนาดความกว้างของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	168.4734	56.1578	6824.83	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0122	0.0015				
ToTal	11	168.4856	15.3169				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 6.45000004768372

CV = 0.6054 %

LSD 0.05 = 7.35272546840149E-02

LSD 0.01 = .106974821970889

ตารางผนวกที่ 30 ขนาดความยาวของดักแด้หนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	1150.9860	383.6620	1444.58	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0203	0.0025				
ToTal	11	1151.0063	104.6369				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 16.9341667493184

CV = 0.2972%

LSD 0.05 = 9.47678873807355E-02

LSD 0.01 = .137877824007965

ตารางผนวกที่ 31 ขนาดความกว้างของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	1210.4310	403.4770	9323.26	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0180	0.0022				
ToTal	11	1210.4490	110.0408				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 17.3899998664856

CV 0.2728 %

LSD 0.05 = 8.93109581136726E-02

LSD 0.01 = .129938536197472

ตารางผนวกที่ 32 ขนาดความยาวของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศผู้

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	765.2814	255.0938	3712.87	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0142	0.0018				
ToTal	11	765.2956	69.5723				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 13.8299999237061

CV = 0.3046%

LSD 0.05 = 7.93260432135871E-02

LSD 0.01 = .115411480911355

ตารางผนวกที่ 33 ขนาดความกว้างของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	1343.9934	447.9978	0586.88	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0238	0.0030				
ToTal	11	1344.0172	122.1834				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 18.3300000826518

CV = 0.2976%

LSD 0.05 = .102697069135739

LSD 0.01 = .14941399260642

ตารางผนวกที่ 34 ขนาดความยาวของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยเพศเมีย

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	804.9854	268.3285	8343.87	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	0.0274	0.0034				
ToTal	11	805.0128	73.1830				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 14.1824998855591

CV = 0.4126%

LSD 0.05 = .110190595398384

LSD 0.01 = .160316325915689

ตารางผนวกที่ 35 อัตราการวางไข่ของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในวันที่ 1

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	143018.2500	47672.7500	178.72	4.07	7.59	0.0000
Ex.Error	8	2134.0000	266.7500				
ToTal	11	145152.2500	13195.6591				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 184.75

CV = 8.8403 %

LSD 0.05 = 30.7514704580665

LSD 0.01 = 44.7403223706908

ตารางผนวกที่ 36 อัตราการวางไข่ของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในวันที่ 2

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	6134.0000	2044.6667	25.29	4.07	7.59	0.0004
Ex.Error	8	646.6667	80.8333				
ToTal	11	6780.6667	616.4242				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 38.3333333333333

CV = 23.4541 %

LSD 0.05 = 16.9281273493425

LSD 0.01 = 24.6287368851015

ตารางผนวกที่ 37 อัตราการวางไข่ของผีเสื้อหนอนไหมพันธุ์นางน้อยในวันที่ 3

Source	df	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01	F-Prob
Treatment	3	21.6667	7.2222	28.89	4.07	7.59	0.0003
Ex.Error	8	2.0000	0.2500				
ToTal	11	23.6667	2.1515				

RANGED AT PROBABILITY LEVEL 0.05

GRAND MEAN = 2.16666666666667

CV = 23.0769 %

LSD 0.05 = .941420557809668

LSD 0.01 = 1.36967301450626