

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณด้วงเต่าลายหยัก

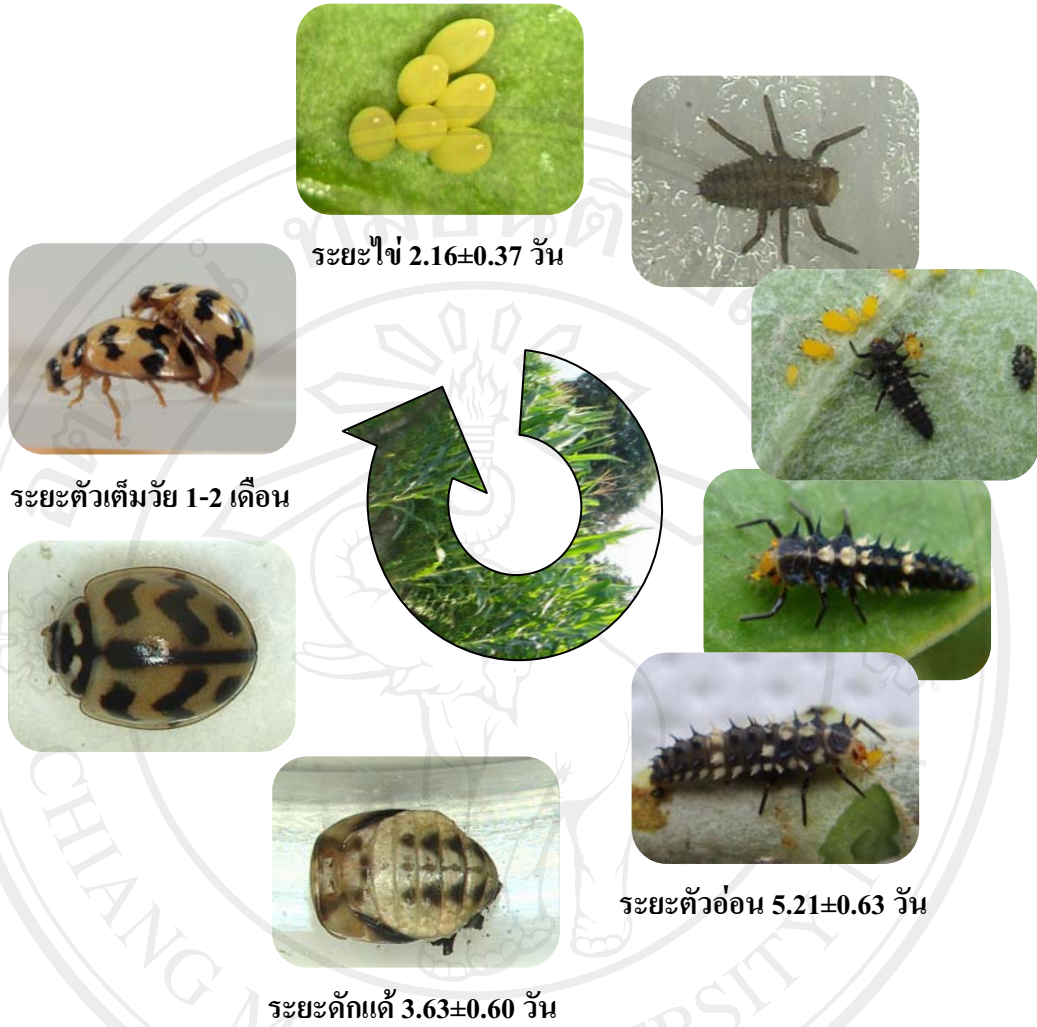
1.1 การเพาะเลี้ยงเพลี้ยอ่อนเพื่อใช้เป็นอาหารของด้วงเต่าลายหยักพ่อแม่พันธุ์

แปลงปลูกผักคะน้าที่เตรียมไว้ในโรงเรือนตาข่าย พบเพลี้ยอ่อน 2 ชนิด ได้แก่ *Myzus persicae* (Sulz.) และ *Lipaphis erysimi* (Kaltb.) ส่วนใหญ่พบเพลี้ยอ่อน *L. erysimi* ในปริมาณมากกว่า *M. persicae* ในถั่วฝักยาวพบเพลี้ยอ่อน *Aphis craccivora* Koch (ภาพที่ 9) จากการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักพ่อแม่พันธุ์ด้วยเพลี้ยอ่อนทั้งสามชนิด สามารถเพาะเลี้ยงขยายปริมาณด้วงเต่าลายหยักได้เป็นอย่างดี มีการเจริญเติบโตได้ครบวงจรชีวิต (ภาพที่ 10) และสามารถผลิตไข่ได้เพียงพอต่อความต้องการเพื่อนำไปทดสอบการเลี้ยงบนอาหารเทียมในขั้นตอนต่อไป (ภาพที่ 11) แต่บางช่วงเวลาของการเพาะเลี้ยงเพลี้ยอ่อน พบว่า ประชากรของเพลี้ยอ่อนลดลงไปเป็นจำนวนมากโดยไม่ทราบสาเหตุ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญ



ภาพที่ 9 เพลี้ยอ่อนที่พบในถั่วฝักยาว และคะน้า เพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* Koch (A)

เพลี้ยอ่อนผัก *Myzus persicae* (Sulz.) (B) และ *Lipaphis erysimi* (Kaltb.) (C)



ภาพที่ 10 วงจรชีวิตของด้วงเต่าลายหก *Menochilus sexmaculatus* ในสภาพห้องปฏิบัติการที่

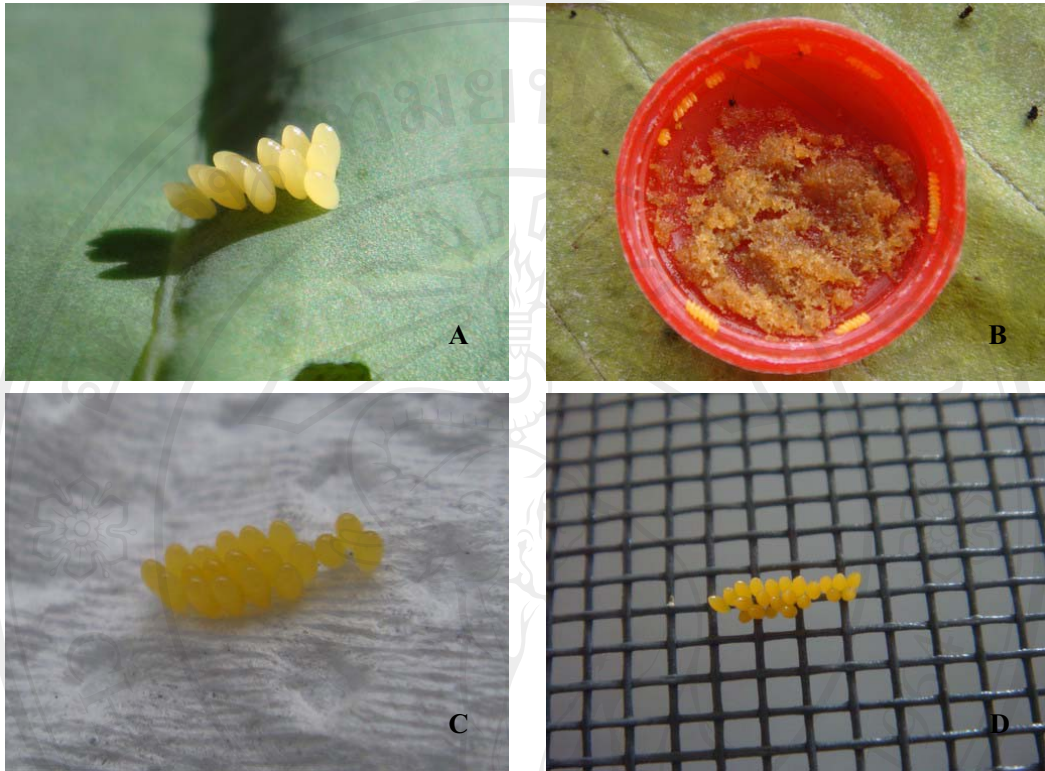
อุณหภูมิเฉลี่ย 26.21±3.39 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 66.72±12.41

เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

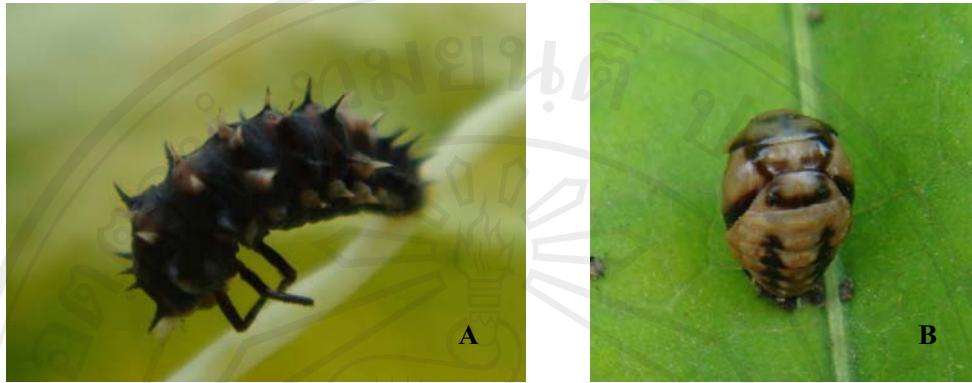
All rights reserved



ภาพที่ 11 กลุ่มไข่ของด้วงเต่าลายหก *Menochilus sexmaculatus* ที่วางบนใบพืช (A) บนถ้วยน้ำผึ้งผสมยีสต์ (B) บนกระดาษรองกล่องเลี้ยงด้วงเต่า (C) และบนฝากล่องเลี้ยงด้วงเต่า (D)

1.2 การเก็บรวบรวมด้วงเต่าลายหยักในสภาพแปลงปลูก

พบการแพร่กระจายของด้วงเต่าลายหยักในพื้นที่ปลูกพืชทั้งในบริเวณพื้นที่ราบ และบริเวณพื้นที่สูงในพื้นที่เพาะปลูกของโครงการหลวง นอกจากนั้นสามารถพบด้วงเต่าลายหยักได้ในไม้ดอกที่มีการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน เช่น บนต้นดอกกรัก จากการสำรวจและเก็บรวบรวมด้วงเต่าลายหยักทุกระยะการเจริญเติบโต พบว่า มีการเข้าทำลายของแตนเบียนในระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้ โดยพบการเข้าทำลายในระยะตัวอ่อนมากที่สุด เมื่อเก็บตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการได้ระยะหนึ่ง ตัวอ่อนจะหยุดเคลื่อนที่ ลำตัวมีสีดำ ลักษณะแห้งแข็งคล้ายมัมมี่ (ภาพที่ 12) พบแตนเบียนที่ฟักออกจากตัวอ่อนและดักแด้ของด้วงเต่าลายหยัก 1 ชนิด คือ แแตนเบียน *Homalotylus flaminus* (Delmen) วงศ์ Encyrtidae อันดับ Hymenoptera (ภาพที่ 13) สอดคล้องกับการรายงานของ นุชรีย์ (2538) ดังนั้นจึงต้องทำการแยกตัวอ่อนด้วงเต่าที่ถูกเบียนออกและนำไปทำลายทันที เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแตนเบียน และส่งผลให้จำนวนด้วงเต่าลายหยักพ่อแม่พันธุ์ลดลง



ภาพที่ 12 ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่ถูกแตนเบียนเข้าทำลาย (A) และด้งเต่าที่ถูกแตนเบียนทำลาย (B) ลำตัวมีสีดำ ลักษณะแข็งคล้ายมัมมี่



ภาพที่ 13 แตนเบียน *Homalotylus flaminus* (Delmen) วงศ์ Encyrtidae อันดับ Hymenoptera ที่เข้าทำลายตัวอ่อน-ด้งเต่าของด้วงเต่าลายหยัก

2. อาหารเทียมและการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักด้วยอาหารเทียม

2.1 อาหารเทียมผง

นำผงตัวอ่อนผึ้งที่ผ่านกระบวนการ freeze drying มาทดลองเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก โดยไม่เพิ่มเติมสารอาหารอื่น เปรียบเทียบกับเลี้ยงด้วง ผงไข่แดง ผงตับหมู ผงตับไก่ และอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้า พบว่า ด้วงเต่าลายหยักที่ให้ผงตัวอ่อนผึ้งเป็นอาหาร สามารถเจริญเติบโตจากระยะตัวอ่อนเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยได้ สอดคล้องกับการรายงานของ (สุกัญญา, 2540; Matsuka and Nijima, 1985; Okada *et al.*, 1971, 1972; Matsuka *et al.*, 1972; Nijima *et al.*, 1997) ที่ใช้ผงตัวอ่อนผึ้งเป็นอาหารเลี้ยงด้วงเต่าตัวห้ำหลายชนิด โดยด้วงเต่าลายหยักที่ให้ผงตัวอ่อนผึ้งเป็นอาหารมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเข้าสู่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย เท่ากับ 85, 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาจากตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเลี้ยงด้วงผึ้งซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติ มีเปอร์เซ็นต์การเจริญเข้าสู่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย เท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงเต่าลายหยักทั้งที่เลี้ยงด้วยเลี้ยงด้วงผึ้งและผงตัวอ่อนผึ้ง ตั้งแต่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 จนถึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ รวมระยะเวลาทั้งหมดเฉลี่ย 9.84 ± 0.69 และ 9.50 ± 1.32 วัน สำหรับผงตับไก่สามารถใช้เพาะเลี้ยงด้วงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักได้แต่มีอัตราการรอดชีวิตต่ำมาก โดยสามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ รวมระยะเวลาการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 จนถึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัย เฉลี่ย 13.75 ± 2.99 วัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเลี้ยงด้วงผึ้งและผงตัวอ่อนผึ้ง

สำหรับด้วงเต่าลายหยักที่ให้ผงตัวอ่อนผึ้งเป็นอาหาร ในระยะตัวเต็มวัยมีการจับคู่ผสมพันธุ์และวางไข่ได้ แต่มีอัตราการวางไข่ต่ำมาก ซึ่งแตกต่างจากที่สุกัญญา (2540) เคยรายงานไว้ว่า ด้วงเต่าลายหยักที่กินผงตัวอ่อนผึ้งไม่สามารถวางไข่ได้ สำหรับผงตับไก่สามารถใช้เพาะเลี้ยงด้วงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักได้แต่มีอัตราการรอดชีวิตต่ำมาก ส่วนผงไข่แดง ผงไข่ไก่ และอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้า ไม่สามารถเพาะเลี้ยงด้วงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักได้ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของด้วงเต่าลายหัย *Menochilus sexmaculatus* เมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร เทียมผงชนิดต่าง ๆ และเพลี้ยอ่อน

ชนิดอาหาร	จำนวนแมลงที่ใช้ศึกษา	เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะ			ระยะเวลาตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัย (วัน±SD) ^{1/}
		ตัวอ่อนวัยที่ 4	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	
เพลี้ยอ่อน	20	95	95	95	9.84±0.69 ^b
ผงตัวอ่อนผึ้ง	20	85	80	75	9.50±1.32 ^b
ผงตับไก่	20	20	20	20	13.75±2.99 ^a
ผงไข่ไก่	20	0	0	0	0 ^c
ผงไข่แดง	20	0	0	0	0 ^c
ผงตับหมู	20	0	0	0	0 ^c
อาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้า	20	0	0	0	0 ^c
CV (%)					12.91

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหัยวัยที่ 1 ถึงวัยที่ 4 เมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนและผงตัวอ่อนผึ้ง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกับตัวอ่อนด้วงเต่าลายหัยที่เลี้ยงด้วยผงตับไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นในระยะเวลาตัวอ่อนวัยที่ 3 เท่านั้นที่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย (วัน) ของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก

Menochilus sexmaculatus เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมผงชนิดต่าง ๆ และเพลี้ยอ่อน

ชนิดอาหาร	ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก (วัน±SD) ^{1/}			
	วัยที่ 1	วัยที่ 2	วัยที่ 3	วัยที่ 4
เพลี้ยอ่อน	1.00 ^b	1.16±0.37 ^b	1.58±0.61 ^a	1.47±0.51 ^b
ผงตัวอ่อนผึ้ง	1.00 ^b	1.25±0.44 ^b	1.78±1.90 ^a	1.76±0.75 ^b
ผงตับไก่	1.4±0.5 ^a	2.55±1.57 ^a	2.33±0.82 ^a	3.00±0.82 ^a
ผงไข่ไก่	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
ผงไข่แดง	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
ผงตับหมู	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
อาหารสำเร็จรูป ที่ผลิตเป็นการค้า	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
CV (%)	15.85	40.56	41.45	36.52

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
เปรียบเทียบโดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ด้วงเต่าลายหยักในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1-4 เมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนและอาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้งมีการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 5.21±0.63 และ 5.31±1.01 วัน แต่มีความแตกต่างกับด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมผงตับไก่ ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตยาวนานกว่าด้วงเต่าลายหยักที่ให้เพลี้ยอ่อนและผงตัวอ่อนผึ้งเป็นอาหาร โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเท่ากับ 9.25±2.22 วัน สำหรับในระยะก่อนเข้าดักแด้ และระยะดักแด้ พบว่า ด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้งและอาหารเทียมผงตับไก่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเท่ากับ 2.63±0.50 และ 2.75±0.50 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับด้วงเต่าลายหยักที่ให้เพลี้ยอ่อนเป็นอาหารซึ่งใช้เวลาในการเจริญเติบโตเท่ากับ 3.63±0.60 วัน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย (วัน) ของด้วงเต่าลายหยัก

Menochilus sexmaculatus ในระยะตัวอ่อน ระยะก่อนเข้าดักแด้ ระยะดักแด้ และตัวอ่อนวัยแรก-ระยะตัวเต็มวัยเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมผงชนิดต่าง ๆ และเพลี้ยอ่อน

ชนิดอาหาร	ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยัก (วัน±SD) ^{1/}			
	ตัวอ่อนวัยที่ 1-4	ก่อนเข้าดักแด้	ดักแด้	ตัวอ่อน-ตัวเต็มวัย
เพลี้ยอ่อน	5.21±0.63 ^b	1.00 ^b	3.63±0.60 ^a	9.84±0.69 ^b
ผงตัวอ่อนผึ้ง	5.31±1.01 ^b	1.56±0.51 ^a	2.63±0.50 ^b	9.50±1.32 ^b
ผงตับไก่	9.25±2.22 ^a	1.75±0.50 ^a	2.75±0.50 ^b	13.75±2.99 ^a
ผงไข่ไก่	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
ผงไข่แดง	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
ผงตับหมู	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
อาหารสำเร็จรูป ที่ผลิตเป็นการค้า	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
CV (%)	17.97	27.59	17.61	12.91

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบ โดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำตัวเต็มวัยด้วงเต่าลายหยักที่ฟักออกจากดักแด้เมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อน อาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้ง และผงตับไก่ มาชั่งน้ำหนัก พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยักตัวเต็มวัยเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อน อาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้ง และผงตับไก่ เท่ากับ 17.90, 14.38 และ 12.50 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ย (มิลลิกรัม) ของด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus* ตัวเต็มวัย เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมผงชนิดต่าง ๆ และเพลี้ยอ่อน

ชนิดอาหาร	น้ำหนักเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยักตัวเต็มวัย (มิลลิกรัม±SD) ^{1/}
เพลี้ยอ่อน	17.90±0.01 ^a
ผงตัวอ่อนผึ้ง	14.38±0.01 ^a
ผงตับไก่	12.50±0.01 ^a
ผงไข่ไก่	-
ผงไข่แดง	-
ผงตับหมู	-
อาหารสำเร็จรูป ที่ผลิตเป็นการค้า	-
CV (%)	34.53

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ได้ทดลองนำอาหารเทียมที่ผ่านกระบวนการ freeze drying และอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้ามาผสมกับน้ำ และน้ำผึ้ง ตามวิธีการที่ระบุไว้บนฉลากอาหารเทียม ได้อาหารเทียมในลักษณะคล้ายแป้งเปียก จากการทดลองพบว่าไม่สามารถเพาะเลี้ยงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักได้ และพบว่าตัวอ่อนของด้วงเต่าลายหยักที่เดินไปติดกับอาหาร ไม่สามารถเคลื่อนที่บนอาหารหรือเดินออกมาจากอาหารได้ และในที่สุดตัวอ่อนมักตายติดอยู่บนอาหาร

2.2 อาหารเทียมวัน

ในระยะแรกของการดำเนินการได้ทดลองเตรียมอาหารเทียมวันขึ้นหลายสูตรด้วยกัน โดยใช้เพลี้ยอ่อนเป็นองค์ประกอบหลัก (ตารางที่ 9) และนำไปทดลองเลี้ยงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก ผลปรากฏว่า ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักไม่สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวอ่อนวัยถัดไปได้ ซึ่งแสดงว่าอาหารที่เตรียมขึ้นยังไม่เหมาะสมสำหรับการเป็นอาหารของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก

ตารางที่ 9 ตัวอย่างสูตรอาหารเทียมวุ้นที่ใช้เลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus*

ส่วนผสมอาหารเทียม	ปริมาณส่วนผสมในอาหารเทียม (กรัม)		
	สูตร 5	สูตร 6	สูตร 7
เพ็ลลิว่อน	2.5	50	2.5
ไข่แดง	-	-	19
น้ำตาลกลูโคส	-	-	2.5
ยีสต์	-	-	1.0
วิตามินซี	-	-	0.5
ผงวุ้น	1.5	1.5	7.5
น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	100	100	500

จากการใช้อาหารเทียมผงในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก พบว่า ผงตัวอ่อนผึ้งและผงด้วงไก่อสามารถเลี้ยงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก *M. sexmaculatus* ได้ในระดับหนึ่ง แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ผงตัวอ่อนผึ้งและผงด้วงไก่อทำให้เป็นอาหารแก่ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักมักแห้งและแข็งตัวในเวลาไม่นานนัก แม้มีการให้น้ำชุบสำลีเพื่อเพิ่มความชื้นก็ตาม ทำให้ด้วงเต่าลายหยักไม่กินอาหาร ต้องเปลี่ยนอาหารบ่อย จึงได้พัฒนาตำรับอาหารเทียมในรูปอาหารวุ้นมาใช้เลี้ยงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักแทนอาหารผง และได้เตรียมอาหารเทียมในรูปอาหารวุ้นขึ้นมามากหลายสูตร (ภาคผนวก ก) โดยดัดแปลงส่วนผสมจากการตรวจสอบเอกสารที่มีรายงานว่าประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าตัวห้ำมาทดลองเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก

2.2.1 อาหารเทียมวุ้นที่เตรียมจากวัตถุดิบหลักสด

อาหารเทียมวุ้นที่เตรียมจากวัตถุดิบสด เมื่อนำมาเลี้ยงตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก พบว่าไม่มีอาหารเทียมวุ้นสูตรใดที่สามารถเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักได้ เมื่อเจียตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักลงบนอาหารเทียมวุ้นที่ตัดใส่ไว้ในกล่องเลี้ยงแมลง ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักจะเดินหนีทันที และเดินวนไปมาทั่วกล่อง จากนั้นจะหยุดเคลื่อนที่ กรณีที่มีการลอกคราบพบว่าตัวอ่อนไม่สามารถลอกคราบได้อย่างสมบูรณ์ หรือมีการลอกคราบเปลี่ยนวัยแล้วตายในที่สุด และเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เตรียมอาหารเป็นวัตถุดิบสด จึงพบว่าเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราบนชิ้นอาหารวุ้นในปริมาณมากและรวดเร็วกว่าอาหารเทียมวุ้นที่เตรียมจากวัตถุดิบหลักที่ผ่านกระบวนการ freeze drying แม้มีการเติม

ฟอร์มาลินลงไปในการแช่แล้ว ดังนั้นอาหารวุ้นที่เตรียมจากวัตถุดิบสดจึงไม่เหมาะสมในการนำมาเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก เนื่องจากการเพิ่มต้นทุนในการผลิตทั้งด้านวัตถุดิบและแรงงาน

2.2.2 อาหารเทียมวุ้นที่เตรียมจากวัตถุดิบหลักที่ผ่านกระบวนการ freeze drying

นำผงตัวอ่อนผึ้งและผงตับไก่มาผสมกับผงวุ้นเพื่อทำเป็นอาหารเทียมวุ้น พบว่า อัตราการรอดชีวิตของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมผง โดยมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 เพียง 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โดยที่สาเหตุการตายส่วนใหญ่มาจากการลอกคราบไม่สมบูรณ์ (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus* ที่ตายขณะลอกคราบ (A) ตัวอ่อนที่ตายหลังจากการลอกคราบแล้ว (B) และตัวเต็มวัยลอกคราบออกจากดักแด้ไม่สมบูรณ์ (C)

นำผงตัวอ่อนผึ้งและผงตับไก่มาเพิ่มเติมด้วยสารอาหารอื่น ๆ เข้าไป เพื่อทำเป็นอาหารเทียมวุ้นสูตรต่าง ๆ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของด้วงเต่าลายหยักเพิ่มสูงขึ้น และสามารถพัฒนาจากระยะตัวอ่อนเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยได้ โดยอาหารเทียมวุ้นสูตร 4 ที่ประกอบด้วยผงตัวอ่อนผึ้ง ผงตับ

ไก่ น้ำตาลซูโครส และยีสต์ เป็นสูตรที่ดีที่สุดในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ คือเพ็ลี่ยอ่อน ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมรุ่นสูตร 4 มีอัตราการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย เท่ากับ 90, 70 และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 จนถึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 11.62 ± 0.96 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารเทียมรุ่นสูตร 1 และ 2 ที่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย เท่ากับ 13.75 ± 0.96 และ 13.40 ± 1.52 วัน แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารเทียมรุ่นกับสูตร 3 ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 12.67 ± 1.53 วัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การเจริญเติบโตของด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus* เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมรุ่นชนิดต่าง ๆ และเพ็ลี่ยอ่อน

ชนิดอาหาร	จำนวนแมลงที่ใช้ศึกษา	เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะ			ระยะเวลาตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัย (วัน \pm SD) ^{1/}
		ตัวอ่อนวัยที่ 4	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	
เพ็ลี่ยอ่อน	20	95	95	95	9.84 ± 0.69^c
อาหารรุ่นสูตร 1	20	45	20	20	13.75 ± 0.96^a
อาหารรุ่นสูตร 2	20	40	35	25	13.40 ± 1.52^a
อาหารรุ่นสูตร 3	20	25	15	15	12.67 ± 1.53^{ab}
อาหารรุ่นสูตร 4	20	90	70	65	11.62 ± 0.96^b
CV (%)					8.51

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบ โดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพ็ลี่ยอ่อนเปรียบเทียบกับตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียม พบว่า ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพ็ลี่ยอ่อนมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้นกว่าตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียม ลักษณะที่สังเกตพบอีกประการหนึ่งคือ ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักบางตัวที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมมีสีของลำตัวซีดจางกว่าตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยเพ็ลี่ยอ่อน แต่ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักยังสามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะตัว

อ่อนวัยถัดไปได้ จนกระทั่งฟักออกเป็นตัวเต็มวัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของอาหารที่มีผลต่อการสร้างเม็ดสีบริเวณผนังลำตัว

ด้วงเต่าลายหยักในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 เมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนมีระยะเวลาเจริญเติบโตเฉลี่ย 1 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันสูตร 2, 3 และ 4 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์กับอาหารเทียมวันสูตร 1 ซึ่งตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักมีระยะเวลาเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.25 ± 0.50 วัน แต่อาหารเทียมวันสูตร 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารเทียมวันสูตร 3 ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.67 ± 0.58 วัน แต่อาหารเทียมวันทั้งสูตร 1 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารเทียมวันสูตร 4 และ 2 ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.92 ± 0.50 และ 2 วัน ตามลำดับ

ในระยะตัวอ่อนวัยที่ 2 พบว่าตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนมีระยะเวลาเจริญเติบโตเฉลี่ย 2.0 ± 0.82 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันทั้ง 4 สูตร และอาหารเทียมวันแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมสูตร 1, 2, 3 และ 4 เฉลี่ยเท่ากับ 2.50 ± 0.58 , 1.80 ± 0.45 , 2.00 ± 1.00 และ 2.00 ± 0.82 วัน ตามลำดับ

ในระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนและอาหารเทียมวันสูตร 4 มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.58 ± 0.61 และ 1.77 ± 0.60 วัน และตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันสูตร 4 มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารเทียมวันสูตร 2 ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 2.40 ± 0.55 วัน และตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันสูตร 2 มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอาหารเทียมวันสูตร 3 ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 3.00 ± 1.00 วัน และตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันสูตร 3 มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กับอาหารเทียมรุ่นสูตร 1 ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 3.75 ± 0.50 วัน

ในระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนและอาหารเทียมรุ่นสูตร 3 และ 4 มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.47 ± 0.51 , 1.67 ± 0.58 และ 1.92 ± 0.76 วัน ตามลำดับ แต่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กับอาหารเทียมรุ่นสูตร 1 และ 2 ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 3.00 ± 0.82 และ 3.40 ± 1.14 วัน (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย (วัน) ของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus* เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมรุ่นชนิดต่าง ๆ และเพลี้ยอ่อน

ชนิดอาหาร	ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยของตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยัก (วัน \pm SD) ^{1/}			
	วัยที่ 1	วัยที่ 2	วัยที่ 3	วัยที่ 4
เพลี้ยอ่อน	1.00 ^c	1.16 ± 0.37 ^b	1.58 ± 0.61 ^d	1.47 ± 0.51 ^b
อาหารรุ่นสูตร 1	1.25 ± 0.50 ^{bc}	2.50 ± 0.58 ^a	3.75 ± 0.50 ^a	3.00 ± 0.82 ^a
อาหารรุ่นสูตร 2	2.00 ^a	1.80 ± 0.45 ^a	2.40 ± 0.55 ^{bc}	3.40 ± 1.14 ^a
อาหารรุ่นสูตร 3	1.67 ± 0.58 ^{ab}	2.00 ± 1.00 ^a	3.00 ± 1.00 ^{ab}	1.67 ± 0.58 ^b
อาหารรุ่นสูตร 4	1.92 ± 0.50 ^a	2.00 ± 0.82 ^a	1.77 ± 0.60 ^{cd}	1.92 ± 0.76 ^b
CV (%)	22.93	36.53	30.55	35.79

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตโดยรวมของตัวอ่อนวัยที่ 1-4 พบว่า ด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมรุ่นทั้ง 4 สูตร มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตยาวนานกว่าด้วงเต่าลายหยักที่ให้เพลี้ยอ่อนเป็นอาหาร สำหรับระยะก่อนเข้าดักแด้ พบว่า ด้วงเต่าลายหยักที่ให้เพลี้ยอ่อนและอาหารเทียมรุ่นสูตร 3 เป็นอาหาร มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.00 วัน ซึ่งแตกต่างกับอาหารเทียมรุ่นสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และในระยะดักแด้ พบว่า

ด้วงเต่าลายหยักที่ให้เพลี้ยอ่อนเป็นอาหารใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตยาวนานกว่าด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย (วัน) ของด้วงเต่าลายหยัก

Menochilus sexmaculatus ในระยะตัวอ่อน ระยะก่อนเข้าดักแด้ ระยะดักแด้ และตัวอ่อนวัยแรก-ระยะตัวเต็มวัย เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันชนิดต่าง ๆ และเพลี้ยอ่อน

ชนิดอาหาร	ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยด้วงเต่าลายหยัก (วัน±SD) ^{1/}			
	ตัวอ่อนวัยที่ 1-4	ก่อนเข้าดักแด้	ดักแด้	ตัวอ่อน-ตัวเต็มวัย
เพลี้ยอ่อน	5.21±0.63 ^d	1.00 ^b	3.63±0.60 ^a	9.84±0.69 ^c
อาหารวันสูตร 1	10.50±1.29 ^a	1.50±0.58 ^a	1.75±0.50 ^c	13.75±0.96 ^a
อาหารวันสูตร 2	9.60±1.34 ^{ab}	1.20±0.45 ^{ab}	2.60±0.55 ^b	13.40±1.52 ^a
อาหารวันสูตร 3	8.33±1.53 ^{bc}	1.00 ^b	3.33±0.58 ^{ab}	12.67±1.53 ^{ab}
อาหารวันสูตร 4	7.62±0.77 ^c	1.08±0.28 ^b	2.93±0.64 ^b	11.62±0.96 ^b
CV (%)	12.55	24.22	19.22	8.51

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำตัวเต็มวัยด้วงเต่าลายหยักที่ฟักออกจากดักแด้ที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อน อาหารเทียมวันสูตร 1, 2, 3 และ 4 มาชั่งน้ำหนัก พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยักตัวเต็มวัยเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยักที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อน อาหารเทียมวันสูตร 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 17.90±0.01, 17.50±0.01, 14.80±0.01, 12.70±0.01 และ 16.00±0.01 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 น้ำหนักเฉลี่ย (มิลลิกรัม) ของด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus* ตัวเต็มวัย เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมรุ่นชนิดต่าง ๆ และเพ็ลี่ยอ่อน

ชนิดอาหาร	น้ำหนักเฉลี่ยของด้วงเต่าลายหยักตัวเต็มวัย (มิลลิกรัม±SD) ^{1/}
เพ็ลี่ยอ่อน	17.90±0.01 ^a
อาหารรุ่นสูตร 1	17.50±0.01 ^a
อาหารรุ่นสูตร 2	14.80±0.01 ^a
อาหารรุ่นสูตร 3	12.70±0.01 ^a
อาหารรุ่นสูตร 4	16.00±0.01 ^a
CV (%)	33.69

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบ โดยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

อาหารเทียมที่เตรียมจากวัตถุดิบสดและผงอาหารเทียมที่ผ่านกระบวนการ freeze drying เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราบนชิ้นอาหารหลังจากใส่อาหารเทียมลงในกล่องเลี้ยงแมลง (ภาพที่ 15) แม้มีการทำความสะอาดกล่องเลี้ยงแมลงโดยการล้างฆ่าเชื้อด้วยน้ำยา Clorox แล้วตากแดดให้แห้ง และเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ก่อนทำการใส่อาหารเทียม และพบว่าอาหารเทียมที่เตรียมจากวัตถุดิบสดมีการปนเปื้อนของเชื้อราเร็วกว่าอาหารเทียมที่เตรียมจากผงอาหารเทียม ดังนั้นจึงได้เพิ่มสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราลงไป โดยเลือกใช้สารฟอรัมาลิน 40 เปอร์เซ็นต์ ลงไปในอาหารเทียม เนื่องจากหาง่ายและราคาไม่สูงนัก โดยดัดแปลงปริมาณการใช้จากสูตรอาหารเทียมสำหรับการเพาะเลี้ยงหนอนกระชู่พักของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งสามารถป้องกันและลดปัญหาการปนเปื้อนจากเชื้อราได้



ภาพที่ 15 เชื้อราที่เจริญเติบโตบนอาหารเทียมภายในกล่องเลี้ยงแมลงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยน้ำยา Clorox

อาหารเทียมที่สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก และต้นทุนในการผลิต

การดำเนินงานในการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติด้วยอาหารเทียม โดยมากพบว่ามีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง ทั้งด้านวัสดุในการดำเนินงานและแรงงานในการผลิต ทำให้จำกัดการผลิตศัตรูธรรมชาติเพียงบางชนิดเท่านั้น ที่สามารถเพาะเลี้ยงขยายปริมาณด้วยอาหารธรรมชาติ หรืออาหารทดแทนที่หาได้ง่ายและราคาไม่สูงมากนัก ดังนั้นการผลิตอาหารเทียมจึงต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการในการใช้งาน และความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายในประเทศ

จากการทดลองพัฒนาอาหารเทียมวุ้น โดยการใช้วัตถุดิบหลักที่เป็นวัตถุดิบสด และวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการ freeze drying พบว่า การใช้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการ freeze drying นั้นมีต้นทุนสูงกว่าการใช้วัตถุดิบสด ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนหลักในการผลิตคือค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์หรือเครื่องมือซึ่งจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการผลิต ในการผลิตอาหารเทียมแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน เฉลี่ยค่าเช่าเครื่องมือวันละ 500 บาท แต่เมื่อพิจารณาถึงความสะดวกในการจัดเตรียมวัตถุดิบ ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานในสภาพอุณหภูมิห้อง และคุณภาพทางโภชนาการที่ยังใกล้เคียงกับวัตถุดิบเริ่มต้น ตลอดจนการลดปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนจากเชื้อรา จึงนับเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าหากเลือกใช้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการ freeze drying ในการเตรียมอาหารเทียม

การผลิตอาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้ง ใช้ต้นทุนทั้งหมด (ค่าวัตถุดิบและค่าเช่าเครื่องมือ) ต่อการผลิตผงตัวอ่อนผึ้ง 1 กิโลกรัม เท่ากับ 2,000 บาท แต่เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องลักษณะอาหารที่แข็งตัวอย่างรวดเร็ว และต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนอาหารบ่อยครั้ง จึงได้ดัดแปลงตำรับอาหารเป็นอาหารเทียมวุ้น โดยการนำผงอาหารเทียมมาผสมกับผงวุ้นเป็นอาหารเทียมวุ้นสูตรต่าง ๆ จากการทดลองพบว่า การนำผงตัวไก่มาผสมกับผงตัวอ่อนผึ้ง ในอัตราส่วนเท่ากัน สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักได้ดีในระดับหนึ่ง ตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักสามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยได้ 65 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับช่วยลดต้นทุนในการใช้ผงตัวอ่อนผึ้งเพียงอย่างเดียว ซึ่งการเตรียมอาหารเทียมวุ้น ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใช้ต้นทุนในการผลิต 38.76 บาท สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักได้ 16 ตัว ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 2.42 บาทต่อด้วงเต่าลายหยัก 1 ตัว (ตารางที่ 14) และสามารถเก็บรักษาอาหารเทียมวุ้นไว้ในตู้เย็นได้ ทำให้ประหยัดเวลาและสะดวกในการนำมาใช้

ตารางที่ 14 ต้นทุนในการเตรียมอาหารเทียมวุ้นสูตรต่าง ๆ ที่สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักได้ตั้งแต่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 จนถึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัย

ส่วนผสมอาหารเทียม ปริมาตร 100 มิลลิลิตร	ต้นทุนในการผลิตอาหารเทียมวุ้น (บาท)			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ผงตัวอ่อนผึ้ง	20.00	20.00	-	10.00
ผงตัวไก่	-	-	20.00	10.00
น้ำตาลกลูโคส	3.00	-	-	-
น้ำตาลซูโครส	-	1.90	1.90	1.90
ยีสต์	14.90	14.90	14.90	14.90
ผงวุ้น	1.92	1.92	1.92	1.92
ฟอร์มัลลิน	0.04	0.04	0.04	0.04
รวม	39.86	38.76	38.76	38.76

การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารเทียม และเปลือกอ่อนอบแห้งที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง ด้วงเต่าลายหยัก

แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความต้องการสารอาหารที่มีประโยชน์ เพื่อการเจริญเติบโตและการดำรงเผ่าพันธุ์เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เมื่อนำเปลือกอ่อนอบแห้ง อาหารเทียมสูตรที่สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักได้ และอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้า มาวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร 4 ประเภท คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และพลังงานรวม โดยใช้วิธีการของ Windham (1998) ในการวิเคราะห์ค่าความชื้น โปรตีน และไขมัน สำหรับพลังงานรวมวิเคราะห์โดยใช้วิธี Ballistic bomb calorimeter ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า ความชื้นในตัวอย่างอาหารที่ได้จากกระบวนการ freeze drying และอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้า มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับเปลือกอ่อนมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำที่สุด คือ 9.81 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้งและผงตัวไก่ มีโปรตีนสูงกว่าอาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้ง เปลือกอ่อนอบแห้ง และอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้า ในอาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้งมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและพลังงานรวมสูงกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ สอดคล้องกับการรายงานของ (สมจิต และอรอนงค์, 2546; Gilmour, 1961; Patton, 1963; Barbehenn *et al.*, 1999; Meyer, 2006) ว่าไขมันเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการลอกคราบของแมลง จากการทดลองพบว่าตัวอ่อนด้วงเต่าลายหยักที่ให้ผงตัวอ่อนผึ้งเป็นอาหาร สามารถเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเป็นการค้ามีส่วนประกอบของโปรตีน ไขมัน และพลังงานรวมต่ำกว่าเปลือกอ่อนอบแห้งและอาหารเทียมที่ได้เตรียมขึ้นมา (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ 4 ประเภทในตัวอย่างอาหารเทียม และเพ็ลลียอ่อน
อบแห้ง

ตัวอย่างอาหาร	ส่วนประกอบตามสภาพตัวอย่างอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			พลังงาน (กิโลแคลอรีต่อ กรัม)
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	
อาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้ง	13.70	48.42	22.13	5.331
อาหารเทียมผงตัวอ่อนผึ้ง และผงตับไก่	13.58	51.30	12.11	4.674
อาหารสำเร็จรูป ที่ผลิตเป็นการค้า	13.76	18.03	4.10	3.700
เพ็ลลียอ่อนอบแห้ง	9.81	35.69	18.89	4.112

การใช้อาหารเทียมเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักช่วยลดปัญหาในเรื่องการขาดแคลนเชื้อหรืออาหารธรรมชาติ ทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงัก สามารถเพาะเลี้ยงขยายปริมาณด้วงเต่าลายหยักให้เพียงพอกับการนำไปใช้ประโยชน์ แต่ทั้งนี้พฤติกรรมการกินกันเอง (cannibalism) ของด้วงเต่าลายหยัก ทำให้การขยายปริมาณเพิ่มจำนวนด้วงเต่าลายหยักด้วยการเลี้ยงรวมกันไม่สามารถทำได้ แม้มีความพยายามในการลดพฤติกรรมดังกล่าว เช่น การวางกล่องเลี้ยงไว้ในที่มืด การใส่กระดาษเพื่อเพิ่มพื้นที่ และการให้อาหารอย่างเพียงพอ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารเทียมดังกล่าวยังไม่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาการของด้วงเต่าลายหยัก

การศึกษาและพัฒนาอาหารเทียมสำหรับเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยักในสภาพห้องปฏิบัติการนั้น เป็นการดำเนินงานที่ต้องใช้ระยะเวลายาวนาน การศึกษาทดลองในครั้งนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้น เพื่อนำไปสู่พัฒนาอาหารเทียมที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อขยายโอกาสให้เกิดความเป็นไปได้ในการผลิตด้วงเต่าลายหยักและด้วงเต่าตัวห้ำชนิดอื่น ๆ ในเชิงการค้าต่อไปในอนาคต