เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) ที่เลี้ยงด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารไก่ไข่

Comparative study on development of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) reared on agricultural byproducts for use as a protein source in laying hen diet

ชานุชาญ พันธุ์ทอง

CHANUCHAN PANTHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Agricultural Science and Technology
Prince of Songkla University

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) ที่เลี้ยงด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารไก่ไข่

Comparative study on development of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) reared on agricultural byproducts for use as a protein source in laying hen diet

ชานุชาญ พันธุ์ทอง
CHANUCHAN PANTHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Agricultural Science and Technology
Prince of Songkla University
2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) ที่เลี้ยงด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารไก่ไข่

ผู้เขียน นายชานุชาญ พันธุ์ทอง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิกันดา รัตนพันธ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ฐิติธนากุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิกันดา รัตนพันธ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา รัตนวุฒิ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีร ศรีสวัสดิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรพงค์ เบญจศรี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถกิง วงศ์ศิริโชติ)

รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิกันดา รัตนพันธ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายชานุชาญ พันธุ์ทอง)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นอนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายชานุชาญ พันธุ์ทอง)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) ที่เลี้ยงด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารไก่ไข่
ผู้เขียน ชานุชาญ พันธุ์ทอง
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

แมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) เป็นแมลงที่ไม่นำโรค และไม่เป็นศัตรูพืช ตัวหนอนกินซากพืชและซากสัตว์ ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุในธรรมชาติ ปัจจุบัน มีการนำมาเพาะขยายเพื่อใช้ตัวหนอนแมลงวันดำเป็นอาหารสัตว์ในฟาร์ม การศึกษาการเลี้ยงหนอนแมลงวันดำด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ภาคใต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในการเลี้ยงหนอนแมลงวันดำให้ได้ปริมาณมาก และผลของการใช้หนอนแมลงวันดำในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ โดยมีทั้งหมด 7 สูตร คือ 1) ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน 2) ขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมกับกล้วย 3) รำข้าว 4) รำข้าวผสมกับกล้วย 5) รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน 6) รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันกับกากมะพร้าว และ 7) รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันกับกากมะพร้าวและกล้วย ผลการศึกษาพบว่า สูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพิ่มน้ำหนักและขนาดของตัวอ่อนแมลงวันดำคือ รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันกับกากมะพร้าวและกล้วย ทำให้หนอนแมลงวันดำมีน้ำหนักตัวมากที่สุดและมีขนาดลำตัวโตที่สุด นอกจากนี้ยังมีระยะของตัวอ่อนสั้นและมีระยะก่อนเข้าดักแด้ที่ยาวกว่าสูตรอื่น ผลการศึกษาการใช้ผงหนอนแมลงวันดำอบแห้งทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารของไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า ไฮไลน์ บราวน์ ในช่วงอายุ 51-58 สัปดาห์ พบว่า ไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ใช้ผงหนอนแมลงวันดำอบแห้งทดแทนกากถั่วเหลือง 50% กลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำทดแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมด และกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงด้วยอาหารไก่ปกติซึ่งใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน ให้ผลผลิตไข่เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยไก่ไข่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำทดแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมด กินอาหารน้อยที่สุดและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาพบว่าการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ ทำให้ไข่มีสมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ และมีผลทำให้สีของไข่แดงเข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ที่ได้จากไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ

คำสำคัญ: ระยะหนอน ระยะดักแด้ ผลผลิตไข่ กากถั่วเหลือง

Thesis Title Comparative study on development of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) reared on agricultural byproducts for use as a protein source in laying hen diet

Author Mr. Chanuchan Panthong

Major Program Agricultural Science and Technology

Academic Year 2022

ABSTRACT

Black soldier fly *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae) is not both transmitted-disease insects and insect pest. Their larvae feed on dead plant matter and animal carcasses which then decompose these organic materials. Recently, black soldier fly larvae were mass reared for used as animal feed. Study on black soldier fly larvae reared on agricultural byproducts commonly found at Southern Thailand aims to investigate on the suitability of different formula diets from agricultural byproducts for mass rearing of black soldier fly larvae and the suitability of black soldier fly larvae used as protein source replaced in soybean meal of laying hen diet. Seven diet formulas were investigated as 1) palm cake 2) palm cake + banana 3) bran 4) bran + banana 5) bran + palm cake 6) bran + palm cake + coconut pulp and 7) bran + palm cake + coconut pulp + banana. Results present that the most suitable diet formula for black soldier fly larvae rearing with highest total larval weight and largest larval size was bran + palm cake + coconut pulp + banana. Moreover, black soldier fly larvae had shortest larval stage and longest pupal stage when reared on this diet formula. Result of the study on effect of dried powder of black soldier fly larvae used as protein source replaced in soybean meal on potential of egg production and quality of 51-58 weeks old Hy-Line Brown laying hen present that there was not significant difference in the egg production among three laying hen groups fed on different diet formula 1) 50% of soybean meal replaced with dried powder of black soldier fly larvae 2) 100% of soybean meal replaced with dried powder of black soldier fly larvae and 3) 100% soybean meal (control). Laying hen fed on diet with 100% of soybean meal replaced with dried powder of black soldier fly larvae consumed the least amount of food and had significant lower feed conversion ratio than that other group. Result show that quality of egg of laying hen fed on diet mixed with dried powder of black soldier fly larvae was not differed from egg of laying hen fed on common diet with significant darker color of egg yolk.

Keywords: larval stage, pupal stage, egg production, soybean meal

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานีสำหรับความ อนุเคราะห์พื้นที่ฟาร์มเกษตร ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ และวัสดุอุปกรณ์ ใช้ในการดำเนินงานวิจัย และ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย เพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2564

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิกันดา รัตนพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา รัตนวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยพืชเศรษฐกิจของจังหวัดสุราษฎร์ธานีสำหรับทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาบัณฑิตศึกษา

ชานุชาญ พันธุ์ทอง

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายกาภาพประกอบ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 การตรวจสอบเอกสาร	
2.1 วงจรชีวิตของแมลงวันดำ	3
2.2 ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ	5
2.3 พฤติกรรมการผสมพันธุ์และการวางไข่ของแมลงวันดำ *Hermetia illucens*	6
2.4 ผลของอาหารที่มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่อหนอนแมลงวันดำ *Hermetia illucens*	7
2.5 ไก่ไข่ (Laying hens)	8
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 วิธีการวิจัย	13
3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบเลี้ยงหนอนแมลงวันดำในสูตรอาหารทั้งหมด 7 สูตร	13
3.1.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร	14
3.1.3 การศึกษาความเหมาะสมของอาหารสูตรที่คัดเลือกจำนวน 3 สูตร จากทั้งหมด 7 สูตร ในการเพาะเลี้ยงแมลงวันดำและการใช้เป็นอาหารเลี้ยงไก่ไข่	16
3.1.4 ศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่	17
3.1.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์	19
3.1.6 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	20
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร	22
4.2 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักตัวของหนอนแมลงวันดำที่เจริญเติบโตในอาหารแต่ละสูตร	25

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3 ผลการศึกษาความชื้นในอาหารแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดสอบเลี้ยงหนอนแมลงวันดำ.....	27
4.4 ผลการศึกษาความเหมาะสมของสูตรอาหารที่คัดเลือกเพื่อใช้ในการทดสอบอาหารไก่ไข่.....	28
4.5 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรรำข้าวผสมกับขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว.....	29
4.6 ผลการศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่.....	30
4.6.1 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ด้านน้ำหนักตัว.....	30
4.6.2 ด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 51-54 สัปดาห์.....	31
4.6.3 ด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 55-58 สัปดาห์.....	33
4.6.4 ด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 51-58 สัปดาห์.....	35
4.7 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ของไก่ไข่.....	37
4.7.1 ด้านคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในที่อายุ 52-58 สัปดาห์.....	37
4.8 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและมีคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่.....	41
บทที่ 5 วิจารณ์ผล	
5.1 การเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร.....	42
5.2 การศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่.....	44
5.3 การศึกษาผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่.....	45
บทที่ 6 บทสรุป.....	46
เอกสารอ้างอิง.....	47
ภาคผนวก.....	53
ประวัติผู้เขียน.....	61

รายการตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของอาหารทดลอง..... 8

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของ *Hermetia illucens* และกากถั่วเหลือง..... 10

ตารางที่ 3 องค์ประกอบอัตราส่วนอาหารที่ใช้ในการทดลอง..... 11

ตารางที่ 4 องค์ประกอบของสารอาหารที่ประกอบอยู่ในเศษวัสดุทางการเกษตรแบบสดแต่ละชนิด..... 13

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง..... 18

ตารางที่ 6 ระยะแต่ละระยะและจำนวนของหนอนที่ย้ายออกจากอาหารก่อนเข้าดักแด้ของหนอนแมลงวันดำในอาหารทั้ง 7 สูตร..... 23

ตารางที่ 7 จำนวนตัวเต็มวัยของแมลงวันดำที่ออกจากดักแด้..... 28

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวผสมกับขี้เค้กปาล์มน้ำมันกล้วย และกากมะพร้าว..... 29

ตารางที่ 9 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ด้านน้ำหนักตัว..... 30

ตารางที่ 10 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์..... 32

ตารางที่ 11 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์..... 34

ตารางที่ 12 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์..... 36

ตารางที่ 13 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและมีคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่..... 41

รายการภาพประกอบ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1 ลักษณะไข่และตัวหนอนของแมลงวันดำ
ก. ระยะไข่ 1 วัน
ข. ตัวหนอนอายุ 5 วัน
ค. ตัวหนอนโตเต็มที่อายุ 14 วัน..... 4

ภาพที่ 2 ระยะก่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันดำ
ก. ระยะก่อนเข้าดักแด้ (prepupae)
ข. ระยะดักแด้ (pupa)..... 4

ภาพที่ 3 ตัวเต็มวัยของแมลงวันดำและการผสมพันธุ์
ก. ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย
ข. พฤติกรรมการผสมพันธุ์..... 4

ภาพที่ 4 วงจรชีวิตของแมลงวันดำ..... 5

ภาพที่ 5 การวางไข่ของแมลงวันเพศเมียและกลุ่มไข่ของแมลงวันดำ
ก. แมลงวันดำเพศเมียใช้อวัยวะวางไข่สำรวจพื้นที่สำหรับวางไข่
ข. กลุ่มไข่ของแมลงวันดำ..... 6

ภาพที่ 6 เศษวัสดุทางการเกษตรแบบสด
ก. รำข้าว
ข. ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน
ค. กากมะพร้าว
ง. เปลือกและผลกล้วย..... 14

ภาพที่ 7 ไข่หนอนแมลงวันดำและหนอนแมลงวันดำในอาหารทดลอง
ก. ไข่ของแมลงวันดำ
ข. ระยะตัวอ่อนที่มีอายุ 10 วัน 15

ภาพที่ 8 ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของตัวอ่อน ทุก 3วัน
ก. ชั่งน้ำหนักของตัวอ่อน
ข. วัดขนาดของตัวอ่อน..... 16

ภาพที่ 9 การเพาะเลี้ยงแมลงวันดำ
ก. กรงเลี้ยงแมลงวันดำตัวเต็มวัย
ข. ไม้สำหรับให้แมลงวันดำวางไข่
ค. ชั้นวางถาดอาหารที่เลี้ยงหนอนแมลงวันดำ..... 17

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบขนาดของหนอนแมลงวันดำในระยะก่อนเข้าดักแด้ (อายุ 29 วัน) ในอาหารแต่ละสูตร
ก. ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน
ข. ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน+ เปลือกและผลกล้วย
ค. รำข้าว
ง. รำข้าว + เปลือกและผลกล้วย
จ. รำข้าว + ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน
ฉ. รำข้าว + ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน+ กากมะพร้าว
ช. รำข้าว + ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน+ กากมะพร้าว+ เปลือกและผลกล้วย..... 24
ภาพที่ 11 น้ำหนักของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตร..... 26
ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นความชื้นของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร..... 27
ภาพที่ 13 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ของไก่ไข่อายุ 52-58 สัปดาห์..... 40

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน ความต้องการอาหารยังเป็นความต้องการอันดับต้นๆของประชากรโลกด้วยการเจริญเติบโตของจำนวนประชากรที่ยังไม่หยุดนิ่ง การผลิตเนื้อสัตว์เพื่อการบริโภคจึงยังคงเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ด้วยอุปสรรคต่างๆและภัยพิบัติทางธรรมชาติที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่คาดฝันและคาดการณ์ได้ยาก ทำให้หลายครั้งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สูงขึ้น เช่น ข้าวโพด ปลาป่น ถั่วเหลือง และธัญพืชอื่นๆ ซึ่งส่งผลต่อมายังราคาเนื้อสัตว์ในท้องตลาดในที่สุด ดังนั้นนักวิจัยจึงไม่หยุดยั้งที่จะค้นหาแหล่งวัตถุดิบราคาถูกเพื่อนำมาทำอาหารสัตว์อยู่เสมอ แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่หลายคนให้ความสนใจในแง่ของการนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ให้แก่มนุษย์ เช่น จิ้งหรีด หนอนด้วงสาคู และดักแด้ไหมเป็นต้นหรือนำไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์อื่น แมลงบางชนิดยังได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อเลี้ยงสัตว์ในฟาร์ม ดังเช่น แมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.) (Diptera: Stratiomyidae)

วงจรชีวิตของแมลงวันดำ มี 4 ระยะ คือ ไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยจะวางไข่บริเวณใกล้กับอาหารที่เหมาะสำหรับตัวอ่อน โดยวางไข่เป็นกลุ่ม ประมาณ 500 ฟอง แมลงวันดำสามารถควบคุมแมลงวันบ้าน *Musca domestica* ได (Newton และคณะ, 2005) เนื่องจากหนอนแมลงวันดำจะปล่อยสารยับยั้งการวางไข่ (allomone) (Bradley and Sheppard, 1984) หนอนแมลงวันดำเป็นแมลงมีประโยชน์ในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ มีความสามารถเปลี่ยนขยะอินทรียให้เป็นโปรตีนและไขมันได้ดี ทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูงเหมาะแกการนำมาเลี้ยงสัตว์ ไม่เป็นแมลงศัตรูพืชทั้งในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย หนอนแมลงวันดำสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 10- 45 องศาเซลเซียส และมีการกินอาหารดีที่สุดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่จำเป็นต้องเลี้ยงภายในห้องปรับอากาศ ทำให้มีต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ ในขณะเดียวกันตัวหนอนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง การเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำขึ้นอยู่กับอาหารและปัจจัยอื่นๆที่ได้รับ ประกอบไปด้วย อาหาร น้ำ และอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้นจะส่งผลให้ระยะเวลาของช่วงชีวิตจากไข่ถึงตัวเต็มวัยสั้นลง อาหารพวกแป้งและน้ำตาลจะช่วยให้อายุของแมลงวันดำยืนยาวขึ้น ส่วนอาหารพวกโปรตีนจะช่วยในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Chia และคณะ, 2018; De Smet และคณะ, 2018) อาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันดำที่มีโปรตีนต่ำและคาร์โบไฮเดรตสูงในอาหาร จะช่วยในการพัฒนาเป็นระยะก่อนเข้าดักแด้เร็ว (Barragan และคณะ, 2019)

จากการศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนของหนอนแมลงวันดำ พบว่ามี methionine และ lysine ประกอบอยู่จำนวนมาก ประมาณ 9.05 และ 22.3 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Oonincx และคณะ, 2015) ซึ่งคล้ายกับกรดอะมิโนของถั่วเหลือง (Maurer และคณะ, 2016) ดังนั้นจึงมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกทดแทนวัตถุดิบหลักที่ให้โปรตีนในอาหารไก่ไข่ ซึ่งพบว่ามีผลให้ไก่ไข่ยังให้ไข่ในปริมาณใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วย

อาหารสำเร็จรูปแบบปกติและไข่มีคุณภาพดี (Moreno และคณะ 2016; Marono และคณะ 2017; Liu และคณะ 2021)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันดำด้วยอาหารที่สะอาดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี เช่น ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว และกล้วยเหลือทิ้ง เพื่อเป็นประโยชน์ในการลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งหนอนแมลงวันดำสามารถนำมาเป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์ที่ประหยัดต้นทุน อันจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการเพิ่มคุณภาพในการผลิต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในการเลี้ยงหนอนแมลงวันดำให้ได้ปริมาณมาก
2. ศึกษาผลของการใช้หนอนแมลงวันดำในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสาร (Literature Reviews)

แมลงวันดำ *H. illucens* เป็นแมลงที่ไม่นำโรคและไม่เป็นศัตรูพืช ตัวเต็มวัยชอบอาศัยตามร่มไม้ เป็นแมลงที่มีอยู่โดยทั่วไปในธรรมชาติในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนและเขตอบอุ่น ตัวหนอนของแมลงวันดำกินซากและช่วยย่อยอินทรียวัตถุ สามารถย่อยสลายมูลสัตว์ และซากพืชได้ จึงมีการนำมาใช้ประโยชนในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งระยะก่อนเข้าดักแด้เป็นระยะของตัวหนอนที่มีโปรตีน 40-50% เหมาะสำหรับที่จะนำมาเป็นอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มโปรตีนในสัตว์ได้ดีช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารเสริมโปรตีนในการเลี้ยงสัตว์ เช่น การเลี้ยงไก่ไข่ ไก่ชน และปลาสวยงาม อีกทั้งยังใช้ในอุตสาหกรรม การเลี้ยงปลาเทราต์ ปลาแซลมอน ปลานิล และกุ้ง เป็นต้น

2.1 วงจรชีวิตของแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (Linn.)

จากการศึกษาของ ยุพา และคณะ (2561) รายงานว่า ตัวหนอนของแมลงวันดำ กินซากและย่อยสลายอินทรียวัตถุ เป็นแมลงที่ไม่นำโรค และไม่เป็นศัตรูพืช จึงเป็นแมลง มีประโยชน์ในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ระยะก่อนเข้าดักแด้ มี โปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 35 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2,900 แคลอรี่ต่อกิโลกรัม เหมาะที่จะนำมาเป็นอาหารสัตว์ รูปร่างลักษณะและวงจรชีวิต วงจรชีวิตของแมลงวันดำ มี 4 ระยะ คือ ไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย (ภาพที่ 1)

ไข่ มีลักษณะยาวรีคล้ายเมล็ดข้าวสาร สีขาวขุ่นหรือสีครีม ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เมื่อใกล้ฟักมีจุดตาสีแดง 2 จุด ระยะไข่ 3-4 วัน ตัวเต็มวัยจะวางไข่บริเวณใกล้กับอาหาร วางไข่เป็นกลุ่มประมาณ 500 ฟอง ตัวหนอนเมื่อฟักออกจากไข่ตัวหนอนมีขาวครีม ความยาว 1.8 มิลลิเมตร ความกว้าง 6 มิลลิเมตร มีปากแบบกัดกิน ไม่มีขา ตัวหนอนโตเต็มที่สีน้ำตาล ความยาว 27 มิลลิเมตร ระยะตัว หนอน 19-23 วัน (ภาพที่ 1)

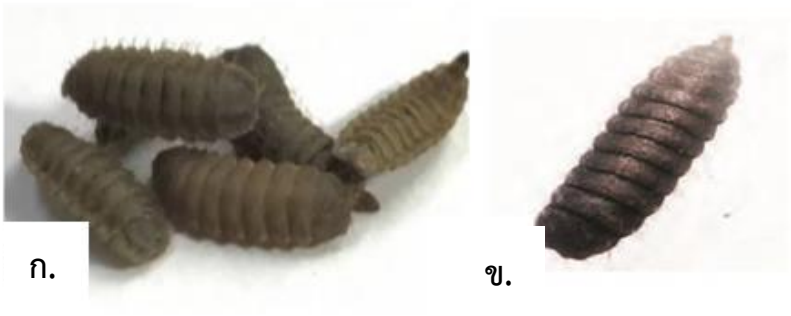
ระยะก่อนเข้าดักแด้ ลำตัวสีดำ มีรูปร่างลักษณะเหมือนตัวหนอน ส่วนปากไม่เจริญ ตัว หนอนคลานออกมาจากอาหารไปยังบริเวณที่แห้ง ใช้เวลา 14-19 วัน (ภาพที่ 2)

ดักแด้ ลักษณะเหมือนระยะก่อนเข้าดักแด้ แต่ผนังลำตัวแห้งสีดำซีด ปลายท้องงุ้มลง ด้านล่าง ไม่เคลื่อนไหว หลบซ่อนตัวตามวัสดุที่แห้ง ระยะดักแด้ 11-16 วัน (ภาพที่ 2) ตัวเต็มวัย ลำตัวสีดำคล้ายตัวต่อ ลำตัวมีความยาว 15-20 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยมีอายุ 5-6 วัน ปีกสีดำ ด้านสันหลังของท้องปล้องแรกมีแต้มคลุมสีขาวใส 2 แต้ม เพศเมียปลายท้องใหญ่ เห็นอวัยวะวางไข่ ชัดเจน เพศผู้ปลายท้องยาวเรียว และมีรอยเว้าลึก ตัวเต็มวัยไม่จำเป็นต้องกินอาหารเนื่องจากมีการ สะสมอาหารตั้งแต่ในช่วงที่เป็นตัวหนอน (ภาพที่ 3) (ยุพา และคณะ, 2561)

ภาพที่ 1 ลักษณะไข่และตัวหนอนของแมลงวันดำ

ก. ระยะไข่ 1 วัน ข. ตัวหนอนอายุ 5 วัน ค. ตัวหนอนโตเต็มที่อายุ 14 วัน

ที่มา: ยุพา และคณะ (2561)



ภาพที่ 2 ระยะก่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันดำ

ก. ระยะก่อนเข้าดักแด้ (prepupae) ข. ระยะดักแด้ (pupa)

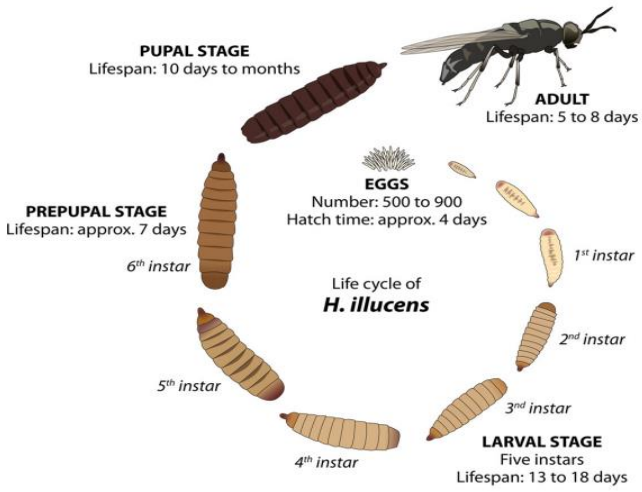
ที่มา: ยุพา และคณะ (2561)

ภาพที่ 3 ตัวเต็มวัยของแมลงวันดำและการผสมพันธุ์

ก. ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย ข. พฤติกรรมการผสมพันธุ์

ที่มา: ยุพา และคณะ (2561)

แมลงวันดำมีวงจรชีวิตประมาณ 2 เดือน โดยมีช่วงเวลาในระยะหนอนค่อนข้างยาว ประมาณ 19–23 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้และระยะดักแด้ ซึ่งเป็นระยะที่หยุดกินอาหารและเคลื่อนไหว มีความยาวนานกว่าระยะหนอน คือโดยรวมประมาณ 1 เดือน ในขณะที่ระยะตัวเต็มวัยค่อนข้างสั้น มีอายุประมาณ 5-6 วัน (ภาพที่ 4) จากการศึกษาของ Chia และคณะ (2018) พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะขยายพันธุ์แมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยกากเหลือของข้าวมอลต์และแป้งขาวโพด 50 กรัม ผสมกับ brewer's yeast 90 มิลลิลิตร ซึ่งส่วนผสมทั้งหมดนี้เป็น byproduct ที่เกิดขึ้นจากการหมักเบียร์ เพราะการวางไข่ การฟักของไข่ และการรอดชีวิตของหนอนแมลงวันดำจนกระทั่งถึงระยะตัวเต็มวัยมีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ยังมีวงจรชีวิตสั้นที่สุดคือตั้งแต่ระยะไข่ – ระยะตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 28 วัน ดังนั้นในการนำมาเพาะขยายพันธุ์ จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถเพิ่มจำนวนประชากรได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 4 วงจรชีวิตของแมลงวันดำ
ที่มา: De Smet และคณะ (2018)

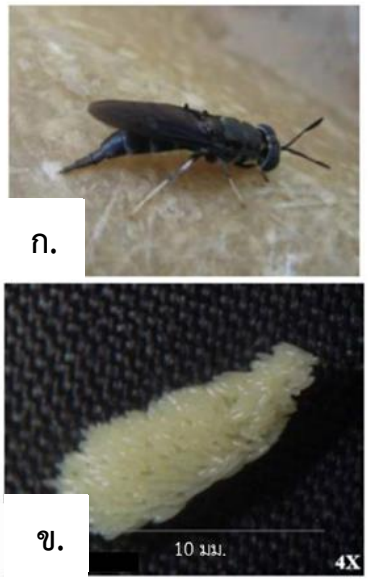
2.2 ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลงวันประกอบไปด้วย อาหาร น้ำ และอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออุณหภูมิและความชื้น สัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้น จะส่งผลให้ระยะเวลาของช่วงชีวิตจากไขถึงตัวเต็มวัยสั้นลง De Smet และคณะ (2018) รายงานว่าเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 16 องศาเซลเซียส จนกระทั่งถึง 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในช่วงระยะหนอนของแมลงวันดำจะสั้นลงเรื่อยๆ จาก 45 วัน จนกระทั่งเหลือ 7 วัน ตามลำดับ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำคือประมาณ 35-45 องศาเซลเซียส อาหารพวกแป้งและ น้ำตาลจะช่วยให้อายุของแมลงวันยืนยาวขึ้น สวนอาหารพวกโปรตีนจะช่วยในการสร้างเซลล์สืบพันธุ โดยแมลงวันแต่ละตัวสามารถวางไขได้ประมาณ 1,000 ฟองตลอดชั่วอายุ เฉลี่ย 14-70 วัน

2.3 พฤติกรรมการผสมพันธุ์และการวางไข่ของแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (L.)

จากรายงานของ กุลชาติ และทัศนีย์ (2554ข) รายงานว่า แมลงวันดำผสมพันธุ์เมื่อตัวเต็มวัยออกจากดักแด้พบการจับคู่ผสมพันธุ์แต่ไม่พบการวางไข่ โดยพบเพศผู้และเพศ เมียใช้ปลายส่วนท้องหันเข้าหากันเป็นเวลานาน ประมาณ 5 นาทีโดยเพศผู้ค้นหาเพศเมียที่เกาะตามที่ต่างๆ แล้วจึงผสมพันธุ์กันบนพื้นผิวโดยหันปลายท้องเข้าหากันหรือผสมพันธุ์กันอย่างรวดเร็วระหว่างบินซึ่งเพศเมียจะวางไข่เป็นกลุ่มบริเวณที่แห้งตามรอยแตกหรือรอยแยกของวัสดุใกล้แหล่งอาหาร ซึ่งพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของแมลงวันดำ เมื่อตัวเต็มวัยอายุประมาณ 2 วัน โดยเพศผู้จะเกาะหลังเพศเมียบังคับเพศเมียให้บินลงสู่พื้นเพื่อการผสมพันธุ์ใช้ระยะเวลาประมาณ 35 นาที หลังจากการผสมพันธุ์ 2-4 วัน เพศเมีย จะวางไข่ โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการวางไข่ของแมลงวันดำคือ ความชื้นสัมพัทธ์ 66-71% และความเข้มของแสง 313-2,231 ลักซ์

พฤติกรรมการวางไข่ของแมลงวันดำเริ่มจาก การบินวน อยู่เหนือแหล่งอาหารประมาณ 30 เซนติเมตร นาน 3-5 นาที แล้วจึงเข้าหาแหล่งอาหาร เดินสำรวจโดย ใช้อวัยวะวางไข่ยื่นออกมาแทงตรวจบริเวณที่เหมาะแก่การวางไข่นาน 5-10 นาที (ภาพที่ 5) ใช้เวลาในการวางไข่ 5-10 นาที โดยกลุ่มไข่ที่ถูกวางใหม่ๆ จะมีสีขาวนวล มีความเหนียวหนืด ทำให้ไข่เกาะกันเป็นกลุ่มติดอยู่กับวัสดุ (ภาพที่ 5) ซึ่งจะพบกลุ่มไข่ในอาหารที่แห้ง และขอบด้านในของภาชนะที่ใส่อาหาร ผลจากการนับจำนวนไข่จากตัวเต็มเพศเมีย 10 ตัว พบว่าแต่ละตัวมีการวางไข่เพียงกลุ่มเดียว มีค่าเฉลี่ย 627.00±230.20 ฟองต่อกลุ่ม กุลชาติ และทัศนีย์ (2554ก)



ภาพที่ 5 การวางไข่ของแมลงวันดำเพศเมียและกลุ่มไข่ของแมลงวันดำ
ก. แมลงวันดำเพศเมียใช้อวัยวะวางไข่สำรวจพื้นที่สำหรับวางไข่
ข. กลุ่มไข่ของแมลงวันดำ
ที่มา: กุลชาติ และทัศนีย์ (2554ก)

2.4 ผลของอาหารที่มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่อหนอนแมลงวันดำ *H. illucens* (L.)

ปัจจุบันในทางการศึกษาของหนอนแมลงวันดำมุ้งเน้นไปที่การประยุกต์ใช้ตัวของหนอนแมลงวันดำมากกว่าการหาวิธีการเลี้ยงที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการศึกษาต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ และความชื้น และความต้องการอาหาร ซึ่งตัวหนอนแมลงวันดำเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการแปลงอาหารที่มีมูลค่าต่ำ (Beniers and Graham, 2019) อย่างไรก็ตามการศึกษาเหล่านี้มักจะเปรียบเทียบแหล่งอาหารที่แตกต่างกันเช่น ของเสียจากเครื่องในปลา และตับหมู องค์ประกอบที่แตกต่างกันนี้มักจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน โดยในปัจจุบันในรายงานของ Barragan และคณะ (2019) ที่ศึกษาโภชนาการของหนอนแมลงวันดำกล่าวถึงผลกระทบของอาหารที่มีผลต่อพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของตัวเต็มวัย โดยมุ่งเน้นไปที่อาหาร อาหารธรรมชาติซึ่งมีส่วนประกอบที่กำหนดไม่ได้จำนวนมาก เช่น ขยะอินทรีย์ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมที่นำมาใช้เลี้ยง ธาตุอาหารของหนอนแมลงวันดำขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยง จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยเปลือกขนุนและเปลือกสับปะรด พบว่าหนอนที่ได้มีองค์ประกอบของโปรตีน 40.15% และ 37.77% ตามลำดับ (กุลชาติ และทัศนีย์, 2554ข) ในขณะที่การศึกษาของ Oonincx และคณะ (2015) ซึ่งเลี้ยงหนอนแมลงวันดำด้วยกากน้ำตาลจากหัวบีท เปลือกมันฝรั่ง กากธัญพืชจากการหมักเบียร์ เศษขนมปังและเศษคุกกี้ พบว่าหนอนแมลงวันดำมีโปรตีนประกอบอยู่ประมาณ 38%-45% ของน้ำหนักแห้ง และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนของหนอนแมลงวันดำ พบว่ามี methionine และ lysine ประกอบอยู่จำนวนมาก ประมาณ 9.05 และ 22.3 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากรายงานของ Barragan และคณะ (2019) การทดสอบการตอบสนองของแมลงวันดำต่อโปรตีน (P) และคาร์โบไฮเดรต (C) โดยทดลองสูตรอาหาร 9 สูตร ที่มีส่วนผสมดัง ตารางที่ 1 เพื่อดูการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในแต่ละวัยตลอดจนผลขององค์ประกอบของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงในอาหารทั้ง 9 สูตร ที่แตกต่างกันในอัตราส่วนของ P: C ผลที่ได้ของความเข้มข้นโปรตีนสามระดับ (10%, 17% และ 24%) และสามความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรต (35%, 45% และ 55%) และการรวมกันทั้งหมด ทำให้การพัฒนาของตัวหนอนและอัตราการรอดสูง ซึ่งระยะของตัวหนอนและการวางไข่ของตัวเต็มวัยได้รับอิทธิพลมาจากอาหารที่มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง ในอัตราส่วนของ P : C ที่ต่ำส่งผลให้การพัฒนาของตัวหนอนสั้นลง โดยหนอนแมลงวันดำจะให้ผลผลิตสูงในอาหารที่เลี้ยงด้วยปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าโปรตีน การพัฒนาของหนอนแมลงวันดำจะเร็วขึ้นเมื่ออยู่ในสูตรอาหารที่มีโปรตีนต่ำ ในการวางไข่ ผลผลิตไข่จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ P เพิ่มขึ้นเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะแตกต่างกันไปในอัตราส่วนของ P : C ปริมาณโปรตีนในตัวหนอนมีความคล้ายคลึงกันในอาหารทั้ง 9 ชนิด แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ C ต่ำ (10%) ใน P10 ,P17 และตัวอ่อนมีไขมันหยาบในอาหาร P24 สูง สรุปได้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูงรวมกับอัตราส่วน P: C ที่ต่ำจะส่งผลในเชิงบวกต่อคุณค่าทางอาหารในตัวหนอนแมลงวันดำ ผลการศึกษาพบว่า อาหาร P17: C55 ช่วยให้ตัวหนอนแมลงวันดำและตัวเต็มวัยมีคุณค่าทางอาหารสูงสุดและส่งผลให้ตัวหนอนมีโปรตีนสูงและมีไขมันสูง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของอาหารทดลอง

	Experimental diets								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Ingredient (%)									
Chicken feed	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Casein	0	0	0	7	7	7	14	14	14
Starch	3	13	23	3	13	23	3	13	23
Cellulose	34	24	14	27	17	7	21	10	0
Nutrient (%)									
Crude protein (P)	10	10	10	17	17	17	24	24	24
Digestible carbohydrate (Ca)	35	45	55	35	45	55	35	45	55
Sum of crude P and C contents	45	55	65	52	62	72	59	69	79
P:C ratio	1 : 3.5	1 : 4.5	1 : 5.5	1 : 2.1	1 : 2.6	1 : 3.2	1 : 1.5	1 : 1.9	1 : 2.3

ที่มา: Barragan และคณะ (2019)

2.5 ไก่ไข่ (Laying hens)

2.5.1 อุตสาหกรรมการผลิตไข่ไก่ในประเทศไทย

ปัจจุบันไก่ไข่ถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งในการเลี้ยงไก่ไข่ต้องคำนึงถึงผลผลิตและคุณภาพของไข่เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้น เช่น ไข่มีขนาดใหญ่หรือ สีไข่แดงที่เข้ม อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และเกษตรกรผู้เลี้ยงที่ไก่ไข่มีความต้องการปรับปรุงสีของไข่แดงให้เข้มขึ้น จากการเสริมสารสีสังเคราะห์ให้เป็นแหล่งสารสีในอาหารไก่ไข่สารสีสังเคราะห์เหล่านี้นำเข้าจากต่างประเทศทำให้อาหารไก่ไข่มีราคาสูงขึ้น และผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศให้ความนิยมในการบริโภคไข่ไก่ที่มีความเข้มสีไข่แดงที่ระดับ 8-12 คะแนน นอกจากนี้ผู้ผลิตอาหารไก่ไข่หรือเกษตรกรผู้เลี้ยงที่ไก่ไข่ยังมีการเสริมสารปฏิชีวนะเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้น โดยสารปฏิชีวนะเหล่านี้หากไม่มีการระมัดระวังในการใช้อาจจะทำให้เกิดผลเสียได้ โดยจะก่อให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ จะส่งผลถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกทั้งปัจจุบันยังคงนำเข้าจากต่างประเทศจำนวนมาก (ภุชงค์ และไพโชค, 2558) การผลิตไข่ในประเทศไทย มุ่งเน้นการผลิตที่เน้นผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูง โดยการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบปิดที่ควบคุมสภาพแวดล้อมให้ไก่ไข่อยู่ในพื้นที่จำกัด และยืนบนกรงตลอดช่วงอายุการให้ไข่ ซึ่งระบบการเลี้ยงนั้นเป็นระบบการเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงใช้พันธุ์ไก่ไข่ที่ให้ผลผลิตสูง มีการให้อาหารที่ตรงตามความต้องการของไก่ไข่ เลี้ยงไก่ในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ มีการจัดการด้านสุขาภิบาล และการควบคุมป้องกันโรคที่ดีทำให้ไก่ไข่ให้ผลผลิตที่สูงตามศักยภาพของ

พันธุกรรม (บัณฑิตา 2557) โดยจากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า ปริมาณการเลี้ยงไก่ไข่ทั้งประเทศอยู่ที่ประมาณ 52 ล้านตัว คิดเป็น 13.90% ของจำนวนไก่ทั้งหมดในประเทศรองจากไก่เนื้อและไก่พื้นเมืองโดยในปีพ.ศ. 2557 ประเทศไทยผลิตไข่ไก่ได้ จำนวน 13,655 ล้านฟอง โดยบริโภคภายในประเทศ 98% และส่งออก 2% ซึ่งการส่งออกเน้น ไปที่ การระบายไข่ไก่ที่ ล้นตลาดและรักษาเสถียรภาพของอุตสาหกรรมไข่ไก่

2.5.2 ผลของคุณภาพผลผลิตไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำทดแทนถั่วเหลือง

จากการศึกษาของ Secci และคณะ (2018) ศึกษาคุณภาพของไข่จากไก่ไข่ Lohmann Brown Classic ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ โดยใช้ไก่อายุ 21 สัปดาห์ซึ่งตอนท้ายของการทดลองได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของไข่ไก่ เช่น น้ำหนัก สี ของไข่ขาวและไข่แดง และปริมาณ carotenoids , tocopherols และcholesterol อีกทั้งกรดไขมันของไข่แดงโดยผลการทดลองสรุปได้ว่า กลุ่มไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำมีสีไข่แดงในสัดส่วนที่สูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง (5.63 ต่อ 1.36) โดยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำมีสีของไข่แดงสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง ซึ่งไข่แดงที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำมี γ-tocopherol มากขึ้น 4.0 mg./kg., lutein 8.6 mg./kg. , β-carotene 0.33 mg./kg. และ carotenoids ทั้งหมด 15 mg./kg. ต่อสีของไข่แดงที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองมี γ-tocopherol 2.4 mg./kg., lutein 4.9 mg./kg., β-carotene 0.19 mg./kg และ carotenoids ทั้งหมด 10.5 mg./kg. และไข่แดงที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำมีคอเลสเตอรอลน้อยกว่าไข่แดงที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง ถึง 11% ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าหนอนแมลงวันดำสามารถนำมาทดแทนกากถั่วเหลืองได้อย่างเหมาะสมในอาหารของไก่ไข่ Lohmann Brown Classic

จากรายงานของ Marono และคณะ (2017) ศึกษาผลของอาหารไก่ไข่ที่ผสมหนอนแมลงวันดำทดแทนกากถั่วเหลือง ต่อประสิทธิภาพการผลิตและข้อมูลเลือดของไก่ไข่ในช่วงอายุ 24 ถึง 45 สัปดาห์ ซึ่งใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Lohmann Brown Classic อายุ 24 สัปดาห์จำนวน 108 ตัวแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเท่า ๆ กัน (ไก่ 54 ตัว / กลุ่ม 9 ซ้ำจากซ้ำละแม่ไก่ 6 ตัว / กลุ่ม) ตั้งแต่อายุ 24 ถึง 45 สัปดาห์ กลุ่มนี้ได้รับอาหารที่มีโปรตีนและไอโซโปรตีนที่แตกต่างกัน 2 กลุ่ม โดยไก่กลุ่มที่ 1 จะเป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลือง ในไก่กลุ่มที่ 2 กากถั่วเหลืองถูกแทนที่ด้วยหนอนแมลงวันดำ บันทึกปริมาณอาหารจำนวนไข่ที่ผลิตได้และน้ำหนักของไข่ไว้ทุกสัปดาห์ เมื่อไก่อายุ 45 สัปดาห์จะมีการเก็บตัวอย่างเลือดจากแม่ไก่ 2 ตัว ในกลุ่มทดลองไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของ *Hermetia illucens* และ กากถั่วเหลือง

Chemical composition	*Hermetia illucents* larvae meal	Soybean meal
DM%[1]	97.8	90.0
CP,% as fed[1]	61.3	43.4
Ether extract,% as fed[1]	4.61	1.10
ADF,% as fed1[1]	12.1	5.90
ADF-linked protein,% as fed[1]	5.59	1.78
Ash,% as fed[1]	7.82	6.01
Ca,% as fed[2]	6.90	2.83
Total P,% as fed[2]	0.91	0.57
Na,% as fed[2]	0.12	0.16
Lysine,% as fed[2]	4.05	2.92
Methionine,% as fed[2]	1.30	0.61
Methionine+Cystine,% as fed[2]	1.42	1.33
Isoleucine,% as fed[2]	3.11	2.30
Tryptophan,% as fed[2]	0.30	0.73
Valine,% as fed[2]	5.02	2.11
Threonine,% as fed[2]	2.32	1.74

หมายเหตุ : 1 คือ องค์ประกอบที่วิเคราะห์, 2 คือ องค์ประกอบที่ไก่จะได้รับ

ที่มา: Marono และคณะ (2017)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบอัตราส่วนอาหารที่ใช้ในการทดลอง

Ingredients, g/kg	***Hermetia illucens*** **larvae meal diet**	**Soybean meal diet**
Maize grain	653.0	583.0
Soybean meal	-	235.0
Insect meal	170.0	-
$CaCO_3$ grains	80.0	80.0
Dehulled sunflower meal	50.0	50.0
Vegetable oil	10.0	15.0
MinVit	30.0	30.0
Monocalcium phosphate	5.0	5.0
Salt	2.0	2.0

ที่มา: Marono และคณะ (2017)

ผลของการเลี้ยงไก่ไข่จากอาหารเลี้ยงด้วยตัวหนอนของแมลงวันดำในการทดแทนกากถั่วเหลืองต่อประสิทธิภาพการผลิตและข้อมูลเลือดของไก่ไข่ในการศึกษาของ Marono และคณะ (2017) พบว่าการกินหนอนแมลงวันดำทำให้ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (Feed intake) ($P < 0.01$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ไก่ น้ำหนักไข่เฉลี่ยของไข่และมวลไข่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้กินหนอนแมลงวันดำ แต่เปอร์เซ็นต์การวางไข่กับน้ำหนักไก่น้อยกว่ากลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลือง ($P < 0.01$) ในไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำจะผลิตไข่ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงตามขนาดของไข่ ขนาดเล็ก (S), กลาง (M) และขนาดใหญ่พิเศษ (XL) ($P < 0.01$) ในขณะที่กลุ่มไก่ที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง มีเปอร์เซ็นต์ไข่สูงกว่าในไข่ไก่ขนาดใหญ่ (L) ($P < 0.01$) ซึ่งในการตรวจสอบเลือดของไก่ไข่ ระดับของ globulin และอัตราส่วน albumin/globulin สูงกว่าและต่ำกว่า ($P < 0.05$) ในไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำ ไก่ที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลือง ตามลำดับ ในส่วนของ cholesterol และ triglycerides กลุ่มไก่ที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองสูงกว่ากลุ่มไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำ

การศึกษาการผลิตไข่และคุณภาพของไข่ไก่ ในไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เพิ่มหนอนแมลงวันดำ 7.5% ผสมกับกากข้าวโพดและกากถั่วเหลือง โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ shaver white leghorns ในช่วงอายุ 19 ถึง 24 สัปดาห์ ของ Mwaniki และคณะ (2018) โดยใช้ข้าวโพดและกากถั่วเหลือง 59.3% และใช้หนอนแมลงวันดำ ที่มีอันตราส่วนต่างกันที่ 0 %, 5% และ7.5% ซึ่งใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ shaver white leghorns อายุ 19 สัปดาห์ จำนวน 108 ตัว วางในกรงธรรมดา (6 ตัว/กรง) ให้อาหารและน้ำอย่างสม่ำเสมอ บันทึกการผลิตไข่,น้ำหนักไข่เฉลี่ยทุกวัน และปริมาณอาหารทุกสัปดาห์ ซึ่งผลของคุณภาพไข่ไก่ของสัปดาห์ที่ 22,

24 และ 26 มีความสูงของไข่ขาว , สีของไข่แดง ,ความแข็งแรงในการแตกของเปลือกไข่ และความหนาของเปลือกไข่มีความแตกต่างกัน (P<0.05) และในด้านของผลผลิตไข่, มวลไข่ และน้ำหนักไข่เฉลี่ย ในอาหารที่ใช้หนอนแมลงวันดำ 0% และ 7.5% ไม่แตกต่างกัน แต่อาหารไก่ไข่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำ 5% มีผลิตไข่ของไก่ไข่แตกต่างซึ่งมีค่าน้อยกว่าอาหารที่ใช้หนอนแมลงวันดำ 0% และ 7.5% ซึ่งผลิตไข่ของไก่ไข่เท่ากับ 89.4, 84.8 และ 87.8 ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าอาหารไก่ไข่ที่เพิ่มหนอนแมลงวันดำส่งผลต่อผลิตไข่ของไก่ไข่และน้ำหนักไข่เฉลี่ยใกล้เคียงกับอาหารที่ไม่ได้เพิ่มหนอนแมลงวันดำ ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลิตไข่ที่มีค่าสูงกว่าอาหารที่ไม่มีหนอนแมลงวันดำ

จากการวิจัยของ Liu และคณะ (2021) ศึกษาการใช้หนอนแมลงวันดำเพื่อการผลิตไข่ คุณภาพของไข่ องค์ประกอบของกรดไขมันไข่แดง ปริมาณกรดอะมิโนในไข่ สถานะออกซิเดชัน ภูมิคุ้มกัน และดัชนีไก่ไข่ ในไก่สายพันธุ์ Black-bone chickens จำนวน 432 ตัว โดยใช้ไก่อายุ 45 สัปดาห์ในการศึกษา ให้อาหารที่เสริมหนอนแมลงวันดำ 0%, 1%, 3% และ 5% เป็นเวลา 56 วัน ผลการทดลองพบว่า กลุ่มไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันดำ 3% หรือ 5% ให้น้ำหนักไข่ และค่า Haugh unit สูงสุด การเพิ่มหนอนแมลงวันดำในอาหารทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ (FCR) และมาโลนาดีไฮด์ (MDA) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) ซึ่ง MDA เป็นตัวทำให้เกิดลิพิดออกซิเดชันที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลผลิต โดยสรุป อาหารที่เสริมหนอนแมลงวันดำ สามารถเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับไก่สายพันธุ์ Black-bone chickens การเสริมอาหาร หนอนแมลงวันดำ 3% ในอาหารพื้นฐานอาจเป็นวิธีที่เป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของไก่ไข่อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการทำงานของภูมิคุ้มกันของแม่ไก่ในระดับเท่าๆ กัน

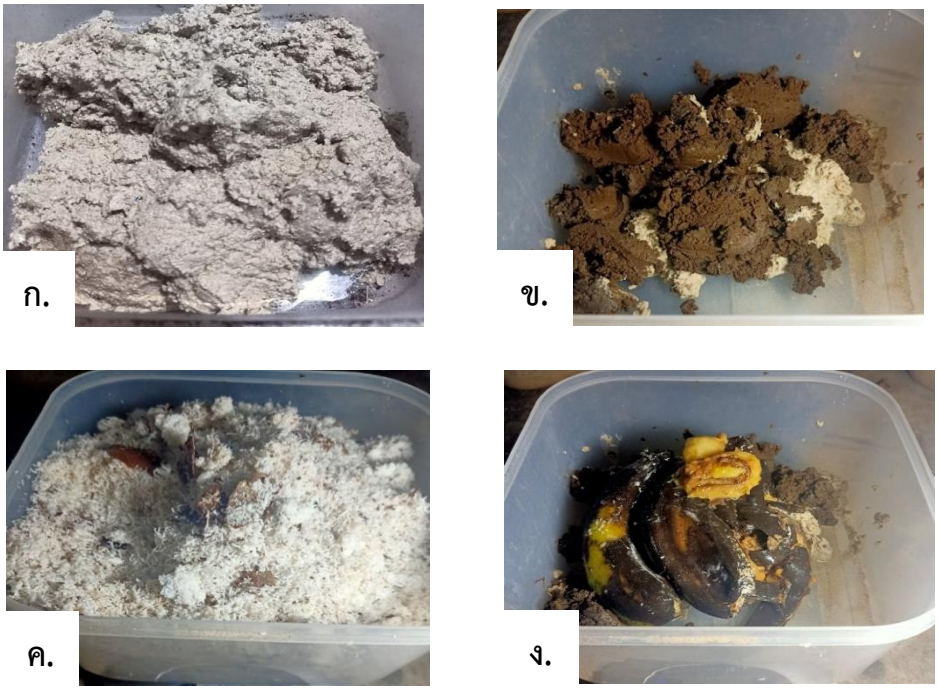
บทที่ 3

วิธีการวิจัย (Research Methodology)

3.1 วิธีการวิจัย

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบเลี้ยงหนอนแมลงวันดำในสูตรอาหารทั้งหมด 7 สูตร

ใช้เศษวัสดุทางการเกษตรที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ 4 ชนิด คือ รำข้าว(ภาพที่ 6ก) ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน(ภาพที่ 6ข) กากมะพร้าว(ภาพที่ 6ค) และเปลือกกล้วย(ภาพที่ 6ง) แบ่งสูตรอาหารเป็น 3 แบบ คือ แบบที่1 สูตรที่มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเยื่อใยสูง แบบที่2 สูตรที่มีไขมัน โปรตีน และเยื่อใยสูง แบบที่3 สูตรที่มีไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเยื่อใยสูงมีทั้งหมด 7 สูตร



ภาพที่ 6 เศษวัสดุทางการเกษตรแบบสด

ก. รำข้าว

ข. ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน

ค. กากมะพร้าว

ง. เปลือกและผลกล้วย

โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของสารอาหารในเศษวัสดุแต่ละชนิด ดังตารางที่ 4

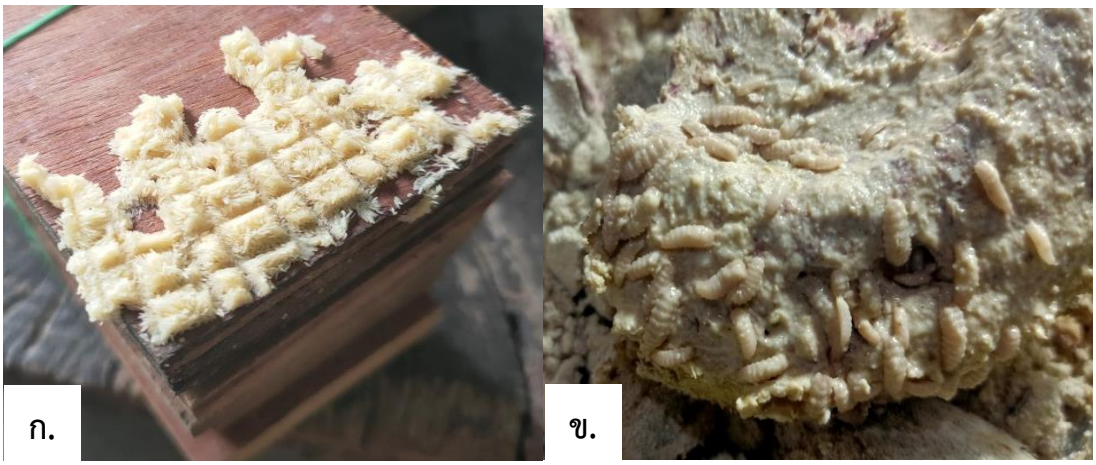
ตารางที่ 4 องค์ประกอบของสารอาหารที่ประกอบอยู่ในเศษวัสดุทางการเกษตรแบบสดแต่ละชนิด

Agricultural by-products	Elements (%/kg)				References
	Carbohydrates	Protein	Fat	Fiber	
Palm Cake	37	16	11	19	ฝ่ายปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (2560) ALS Laboratory Group (Thailand) Co., Ltd. (2018)
Banana	13	9	13	50	เพ็ญจันทร์ (2558) Wachirasiri และคณะ (2009)
Bran	33	13	26	13	นฤมล และคณะ (2556) วรรณดี (2557)
coconut pulp	44	-	28	15	นฤมล และคณะ (2556) นฤมล และคณะ (2557)

3.1.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการเก็บไข่หนอนแมลงวันดำในธรรมชาติโดยการใช้อาหารจากเศษวัสดุเหลือทิ้งในครัวเรือนมาใส่ในถาดและวางมัดชิ้นไม้ที่ซ้อนกันเป็นชั้นเพื่อล่อให้แมลงวันดำวางไข่ไว้บนเศษอาหาร หลังจากแมลงวันดำวางไข่ (ภาพที่ 7ก) ใช้พู่กันขนาดเล็ก เขี่ยไข่ที่ได้จากแผ่นไม้ลงบนอาหารในถาดเลี้ยง หลังจากหนอนฟักออกจากไข่และมีอายุ 10 วัน (ภาพที่ 7ข) สุ่มหนอนจำนวน 100 ตัว ใส่ในถาดอาหารทั้งหมด 7 สูตร (treatment) ซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

ใช้วัสดุเหลือทิ้งทั้งหมดในอัตราส่วนที่เท่ากัน 1:1 ผสมรวมกันในแต่ละสูตร และเติมน้ำเพิ่มความชื้นเพื่อให้สูตรอาหารทั้ง 7 สูตรมีความชื้นใกล้เคียงกันที่สุด และจะไม่มีการเติมน้ำหรือวัดความชื้นระหว่างการทดลอง ใส่อาหารน้ำหนัก 1,000 กรัม ลงแต่ละในถาดทดลอง แต่ละสูตรมี 3 ซ้ำ หลังจากเขี่ยตัวหนอนจำนวน 100 ตัวลงไปในแต่ละถาดแล้ว นำไปเก็บบนชั้นเลี้ยงแมลงทิ้งไว้ 7 วัน

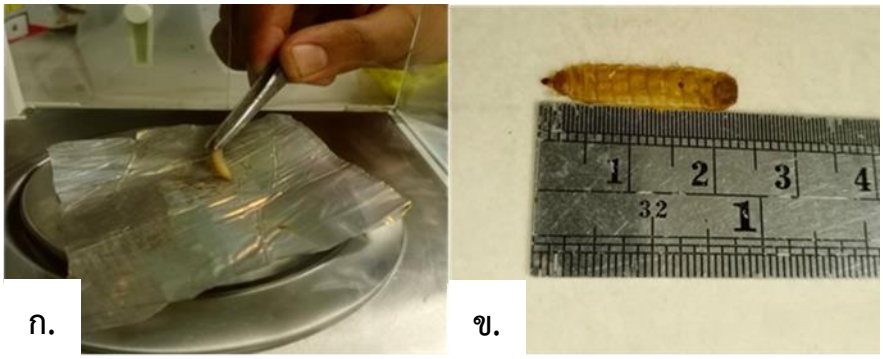


ภาพที่ 7 ไข่หนอนแมลงวันดำและหนอนแมลงวันดำในอาหารทดลอง

ก. ไข่ของแมลงวันดำ

ข. ระยะตัวอ่อนที่มีอายุ 10 วัน

จากนั้นสุ่มหนอนมาชั่งน้ำหนักถาดละ 10 ตัว ทุก 3 วัน และในช่วงก่อนหนอนเข้าดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่นำไปใช้ประโยชน์ เมื่อหนอนเข้าดักแด้ สุ่มชั่งน้ำหนักและวัดขนาดดักแด้จำนวน 10 ดักแด้ ในแต่ละชุดทดลองนับจำนวนดักแด้ที่ได้ทั้งหมดชั่งน้ำหนักรวม บันทึกจำนวนวันที่แมลงเริ่มเข้าดักแด้ และ วัดความชื้นอาหารก่อนและหลัง

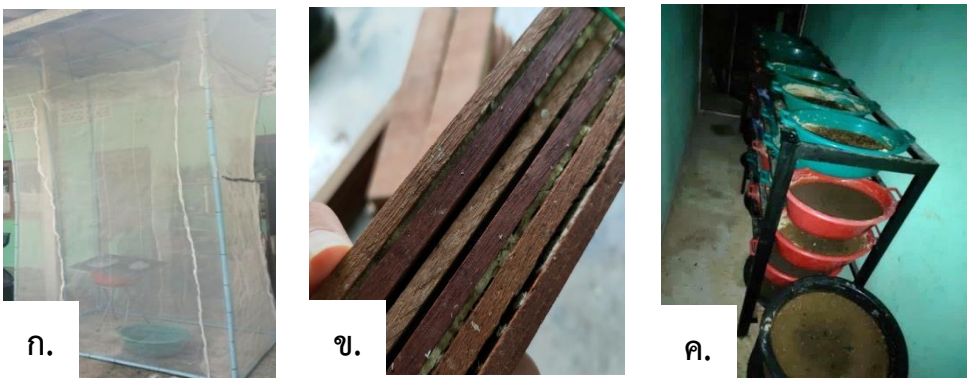


ก. ข.

ภาพที่ 8 ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของตัวอ่อน ทุก 3 วัน
ก. ชั่งน้ำหนักของตัวอ่อน
ข. วัดขนาดของตัวอ่อน

3.1.3 การศึกษาความเหมาะสมของอาหารสูตรที่คัดเลือกจำนวน 3 สูตร จากทั้งหมด 7 สูตร ในการเพาะเลี้ยงแมลงวันดำและการใช้เป็นอาหารเลี้ยงไก่ไข่

คัดเลือกสูตรอาหารที่เพาะขยายพันธุ์หนอนได้ดีที่สุดมา 3 สูตรจากทั้งหมด 7 สูตร โดยพิจารณาจากระยะเวลาในการเจริญพัฒนาของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร การรอดชีวิตของหนอนแมลงวันดำในระหว่างการเลี้ยง และผลผลิตดักแด้ของหนอนแมลงวันดำที่ได้ มาใช้เพาะขยายหนอนแมลงวันดำสูตรละ 300 ตัว โดยใช้วิธีการเลี้ยงในอาหารเช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 โดยแต่ละสูตรมี 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็นตัวเต็มวัย และจำนวนตัวเต็มวัยของแมลงวันดำที่ได้ นำผลการทดลองที่ได้จากข้อ 3.1.2 และ 3.1.3 มาพิจารณาคัดเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด 1 สูตรจากทั้งหมด 3 สูตร เพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันดำเพื่อเป็นอาหารไก่ไข่ในการทดลองต่อไป ใช้หนอนอบแห้งจากสูตรที่คัดเลือกปริมาณ 300 กรัม ส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร (FQA) สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร



ก. ข. ค.

ภาพที่ 9 **การเพาะเลี้ยงแมลงวันดำ**

ก. กรงเลี้ยงแมลงวันดำตัวเต็มวัย

ข. ไม้สำหรับให้แมลงวันดำวางไข่

ค. ชั้นวางถาดอาหารที่เลี้ยงหนอนแมลงวันดำ

เพาะขยายพันธุ์หนอนด้วยสูตรอาหารที่คัดเลือก จากนั้นเมื่อหนอนเข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแด้ จึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบ Hot Air Oven รุ่น FD260 ยี่ห้อ Binder ภายใต้อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 วัน นำหนอนที่แห้งสนิทมาบดให้ละเอียดก่อนนำมาผสมกับอาหารเลี้ยงไก่ไข่ตามสัดส่วนที่กำหนดเพื่อดำเนินการทดลองที่ 2 ต่อไป

3.1.4 ศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่

การศึกษาผลของการใช้หนอนแมลงวันในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า ไฮไลน์ บราวน์ อายุ 51 สัปดาห์ จำนวน 30 ตัว ทำการแบ่งไก่ออกเป็น 3 กลุ่ม (treatment) ที่ได้ โดยคัดเลือกน้ำหนักของไก่ไข่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากที่สุด แต่ละกลุ่มมี 5 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว จะได้รับอาหารทดลองที่มีหนอนแมลงวันอบแห้งบดที่ระดับแตกต่างกัน โดยกลุ่มการทดลองประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร)

กลุ่มที่ 2 ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร

กลุ่มที่ 3 ใช้กากถั่วเหลือง + หนอนแมลงวันดำ

ผสมอาหารด้วยเครื่องผสมอาหารสัตว์ รุ่น DC Motor โดยใช้อัตราส่วนผสมของอาหารแต่ละสูตรตามตารางที่ 6 อาหารทดลองทุกสูตรจะปรับให้มีโภชนะต่างๆ เท่ากัน โดยจะให้อาหารสองรอบ คือรอบเช้าและเย็น โดยให้สูตรอาหารละ 4 กิโลกรัมต่อ 2 สัปดาห์ เพื่อเก็บปริมาณอาหารที่ไก่กินในแต่ละซ้ำและให้น้ำตลอดเวลา และได้รับแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีการปรับสภาพไก่ไข่ก่อนเริ่มทดลอง โดยให้อาหารทดลองในแต่ละซ้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์ในไก่อายุ 50 สัปดาห์

ส่วนประกอบอาหารทดลองสูตรพื้นฐานแสดงในตารางที่ 6 โดยราคาอาหารในกลุ่มควบคุม = 17.10 บาท/กิโลกรัม กลุ่มใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร = 24.97 บาท/กิโลกรัม กลุ่มเสริมใช้กากถั่วเหลืองผสมกับหนอนแมลงวันดำ = 21.25 บาท/กิโลกรัม คำนวณจากราคามาตรฐานในท้องตลาดราคาหน่วยต่อกิโลกรัม ซึ่งราคาวัตถุดิบจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับราคาตลาดกลาง บันทึกปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารต่อผลผลิตไข่

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง

Item	**Amount (%)**		
Ingredient	**Control**	**BSF**	**Soybean + BSF**
Corn	48.80	48.37	48.35
Soy bean meal (44.0%)	25.77	-	14
BSF	-	30	14
Raw rice brann	10	10	10
Calcium carbonate	8.37	7.94	8.17
Dical-phosphate (21.0%)	2.5	1.34	1.97
Rice bran oil	3.86	0.96	2.54
DL-methionine	0.1	0.1	0.1
Salt	0.3	0.3	0.3
Premix[1]	0.3	0.3	0.3
Total	100	100	100
Calculated analysis			
Crude protein	16.5	16.5	16.5
Metabolizable energy (kcal/kg)	2800	2800	2800
Crude fiber	4.02	3.48	3.77
Crude fat	7.39	15.81	11.23
Calcium	4.08	4.08	4..08
Available phosphorus	0.45	0.45	0.45
Lysine	0.86	0.62	0.75
Methionine	0.36	0.51	0.44

[1] Additive: 2.0 MIU Vitamin A, 0.32 MIU Vitamin D3 , 2000 mg Vitamin E, 330 mg Vitamin K3 , 220 mg Vitamin B1 , 450 mg Vitamin B2 , 4.5 mg Vitamin B12, 600 mg Niacin 100 mg Copper, 150 mg iodine, 130 mg cobalt, 10 mg iron, 8.8 mg manganese, 8.8 mg zinc, 25 mg

3.1.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

1) การศึกษาด้านสมรรถนะการให้ผลผลิต (production performance)

บันทึกจำนวนไข่ น้ำหนักไข่ทุกวัน เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ (hen day egg production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (egg weight) บันทึกปริมาณอาหารที่กิน โดยบันทึกน้ำหนักอาหารทุกๆ 14 วัน ในแต่ละซ้ำแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (feed intake) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ (FCR) ของแต่ละกลุ่มทดลอง ทุกสัปดาห์ รวมทั้งบันทึกการตายของไก่ทดลองทุกครั้งที่พบ โดยข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณตามสูตร

(1) ผลผลิตไข่ (hen day egg production) = (จำนวนไข่ที่ได้แต่ละซ้ำต่อสัปดาห์ x 100) / 28

(2) ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน) = [(น้ำหนักอาหารที่ให้กิน – อาหารที่เหลือ) / [28 วัน]

(3) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม/ฟอง) = (น้ำหนักไข่ทั้งหมดของแต่ละซ้ำ / จำนวนไข่แต่ละซ้ำ)

(4) มวลไข่ = [เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ x น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (กรัม)] / 100

(5) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ = (ปริมาณอาหารที่กิน / มวลไข่)

2) การศึกษาด้านคุณภาพไข่ (egg quality)

ในวันสุดท้ายของทุก 2 สัปดาห์ คือสัปดาห์ที่ 52 54 56 และ58 ทำการสุ่มไข่ทั้งหมด 15 ฟอง จากทุกซ้ำ ๆ ละ 1 ฟอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักฟองไข่ (egg weight) ความแข็งแรงของไข่ (eggshell breaking) น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight) ความหนาเปลือก (shell thickness) น้ำหนักไข่ขาว (albumen weight) ความสูงของไข่ขาว (albumen height) น้ำหนักไข่แดง (yolk weight) สีไข่แดง (yolk color) และค่า haugh unit โดยแต่ละค่าสามารตรวจสอบได้ดังนี้

(1) น้ำหนักฟองไข่ นำไข่ที่ได้จากการสุ่มมาวัดเพื่อหาน้ำหนักที่ได้ต่อฟอง โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไข่ (Digital egg tester) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น AMPUT จากนั้นบันทึกน้ำหนักที่ได้

(2) ความแข็งแรงของไข่ ทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไข่

(3) น้ำหนักเปลือกไข่ นำเปลือกไข่ที่แยกไข่แดง และไข่ขาวออกแล้วมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่ง รุ่น AMPUT บันทึกน้ำหนักที่ได้

(4) ความหนาของเปลือกไข่ ทำการวัดโดยใช้เวอร์เนียไมโครมิเตอร์วัดด้วยการนำเปลือกไข่ส่วนป้าน กลาง และแหลม ออกมาลอกเยื่อผนังด้านในออกแล้ววัดค่าตัวเลขที่แสดงออกมาจะเป็นค่าความหนาของเปลือกไข่ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย

(5) น้ำหนักไข่ขาว = [น้ำหนักไข่ – (น้ำหนักไข่แดง + น้ำหนักเปลือกไข่)]

(6) ความสูงของไข่ขาว (albumen height) ทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไข่

(7) น้ำหนักไข่แดง นำไข่แดงที่ได้ทำการแยกออกจากไข่ขาวมาชั่งบนเครื่องชั่งบันทึกน้ำหนักที่ได้

3.1.6 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนวันที่แมลงวันดำใช้ในการเจริญพัฒนาแต่ละระยะ น้ำหนักของหนอนและดักแด้ ขนาดดักแด้ ระหว่างหนอนที่เลี้ยงในอาหารต่างชนิด รวมถึงความชื้นในอาหารแต่ละชนิด เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างน้ำหนักตัวและคุณภาพไข่ที่ได้จากไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตร โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical package for the social sciences)

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุ

1. อาหารสำหรับเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันดำ
   - รำข้าว
   - ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน
   - กากมะพร้าว
   - เปลือกกล้วย

2. อาหารสำหรับเลี้ยงไก่ไข่
   - กากถั่วเหลือง
   - Raw rice bran
   -.Calcium carbonate
   - Dical-phosphate (21.0%)
   - Rice bran oil
   - DL-methionine
   - เกลือ
   - Premix[1]

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับชั่งอาหารไก่และไข่ไก่
2. เครื่องวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติ
3. มุ้งเลี้ยงแมลง
4. ถังเก็บอาหาร
5. รางอาหาร
6. รางน้ำ
7. ช้อนตักอาหารสัตว์

เครื่องมือ

1. เครื่องผสมอาหารสัตว์
2. ตู้อบลมร้อน
3. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. เครื่องบดสับ

สถานที่ทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการ ณ ฟาร์มปฏิบัติการและศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และ เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

บทที่ 4

ผลการวิจัย (Result)

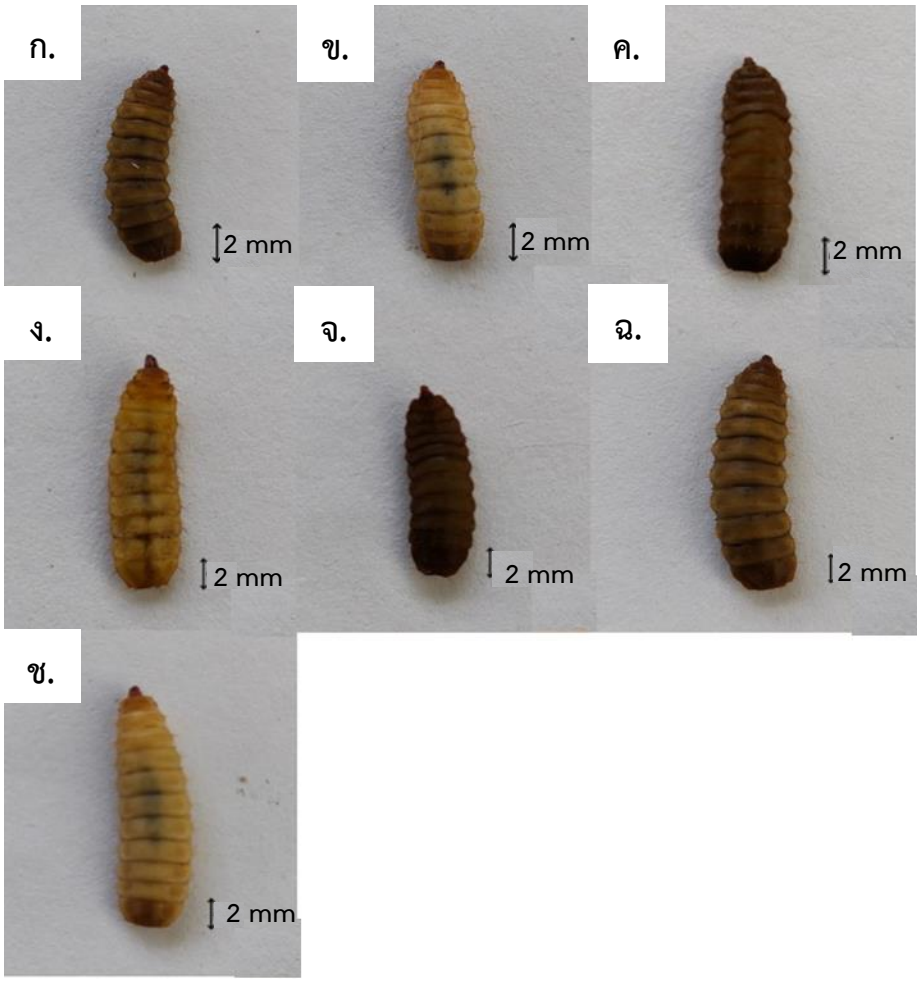
4.1. ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร

ผลการศึกษาระยะเวลาที่หนอนแมลงวันดำใช้ในการเจริญเติบโตและจำนวนตัวของหนอนแมลงวันดำที่ย้ายออกจากอาหารในระยะก่อนเข้าดักแด้ พบว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตรใช้เวลาในการเจริญเติบโตในระยะหนอนและระยะดักแด้ใกล้เคียงกัน โดยหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ เพราะระยะหนอนอยู่ที่ 18 วัน และระยะก่อนเข้าดักแด้อยู่ที่ 8 วันหลังจากเริ่มทดสอบ (ตารางที่ 6) นอกจากนี้พบว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวหรือขี้เค้กปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียวรอดชีวิตจนเข้าสู่ระยะดักแด้มากที่สุด รองลงมาคือรำข้าวผสมเปลือกกล้วย, รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน, รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมเปลือกกล้วยและกากมะพร้าว, ขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมเปลือกกล้วย และสุดท้ายรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมและกากมะพร้าวตามลำดับ (ตารางที่ 6) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักดักแด้รวมน้อยที่สุด ในขณะที่หนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกับรำข้าวมีน้ำหนักดักแด้รวมสูงเช่นรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันเปลือกกล้วยและกากมะพร้าว รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน และรำข้าวผสมเปลือกกล้วย (12.258±0.266 , 12.153±0.286 และ 11.397±0.389 กรัม) ตามลำดับ รองลงมาคือ รำข้าวเพียงอย่างเดียว (10.697±0.21 กรัม) โดยมากกว่าน้ำหนักดักแด้รวมของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมเปลือกกล้วย (5.849±0.545 กรัม) และรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันและกากมะพร้าวถึงสองเท่า (5.742±0.387 กรัม) (ตารางที่ 6) และหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กปาล์มน้ำมันมีขนาดลำตัวเล็กที่สุด (3.532±0.686 กรัม) (ภาพที่ 11) ในการวัดความยาวโดยสุ่มหนอนในถาด พบว่าความยาวของหนอนในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติโดยเห็นชัดว่าความยาวของหนอนที่มากที่สุดอยู่ในอาหารสูตร ที่มีส่วนผสมของรำข้าวในสูตรอาหารมีความยาวของหนอนที่ตลอดระยะเวลาที่เลี้ยงจนกระทั่งเข้าสู่ช่วงก่อนระยะดักแด้ (ภาพที่ 11)

ตารางที่ 6 ระยะแต่ละระยะและจำนวนของหนอนที่ย้ายออกจากอาหารก่อนเข้าดักแด้ของหนอนแมลงวันดำในอาหารทั้ง 7 สูตร

Agricultural byproducts	Developmental stage					
	Egg (Day)	Larvae (Day)	Prepupae (Day)	Number of Prepupae larvae	Total weight(g)	Length of Larvae(cm)
Palm Cake	3	22±0.33^{b}	10±0.57^{ab}	95±1.73^{a}	3.53±0.39^{d}	1.80±0.09 ^{c}
Palm Cake + Banana	3	25±0.57^{c}	15±0.33^{d}	84±2.30^{b}	5.84±0.89^{c}	1.93±0.08^{bc}
Bran	3	20±0.88^{ab}	11±0.33^{b}	95±1.15^{a}	10.69±0.12^{b}	2.30±0.08 ^{a}
Bran + Banana	3	22±1.00^{b}	13±0.88^{c}	94±0.57^{a}	11.39±0.22^{ab}	2.29±0.07 ^{a}
Bran + Palm Cake	3	18±0.33^{a}	8±0.66^{a}	93±2.64^{a}	12.15±0.16^{a}	2.21±0.10 ^{a}
Bran +Palm Cake +coconut pulp	3	21±1.00^{ab}	11±0.57^{b}	59±1.76^{c}	5.74±0.22^{c}	2.13±0.08^{ab}
Bran +Palm Cake + Banana +coconut pulp	3	21±0.57^{ab}	14±0.57^{cd}	91±2.33^{a}	12.25±0.15^{a}	2.28±0.08 ^{a}
P-Value		≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Tukey-test, P ≤ 0.05)



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบขนาดของหนอนแมลงวันดำในระยะก่อนเข้าดักแด้ (อายุ 29 วัน) ในอาหารแต่ละสูตร

ก. ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน

ข. ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน+ เปลือกและผลกล้วย

ค. รำข้าว

ง. รำข้าว + เปลือกและผลกล้วย

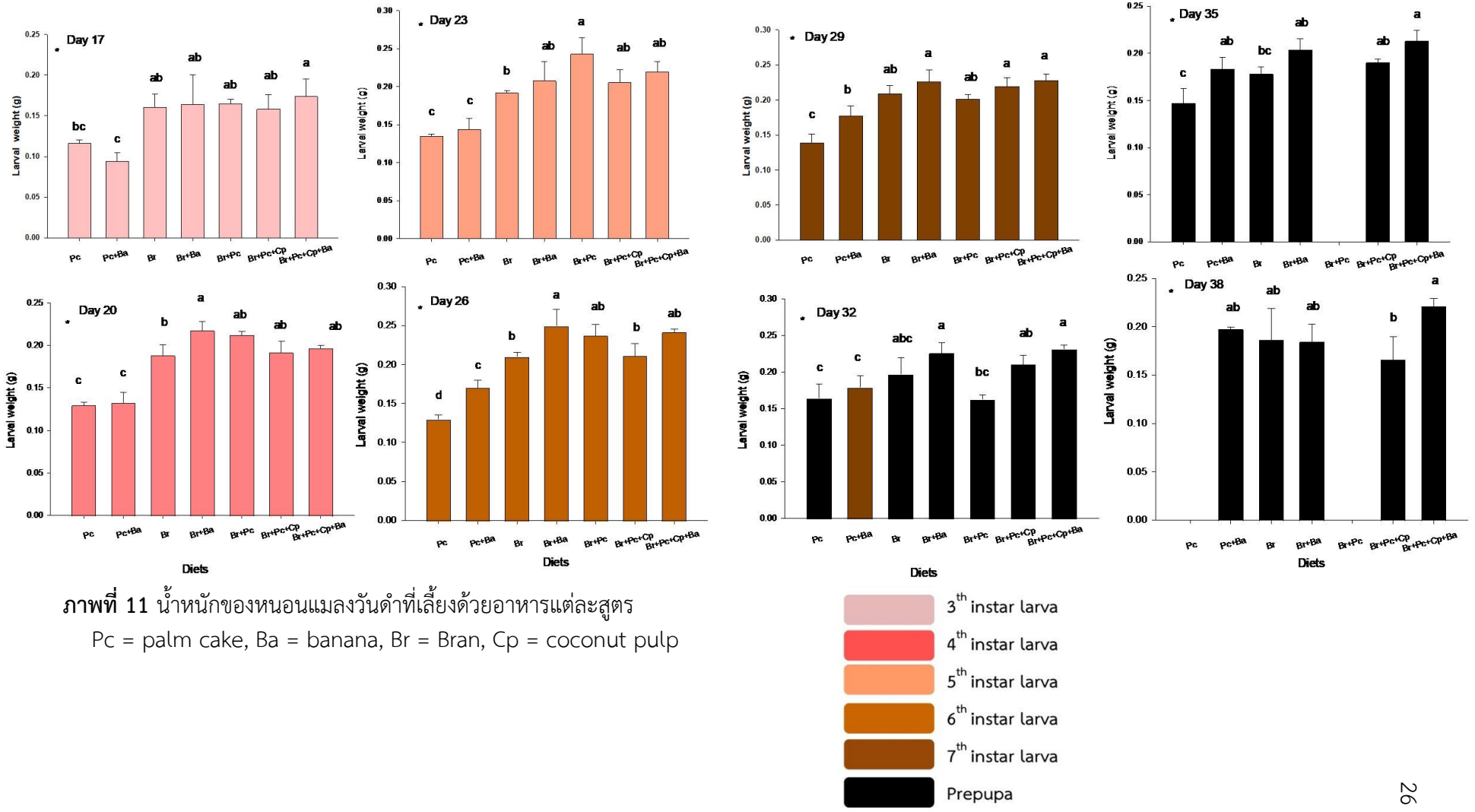
จ. รำข้าว + ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน

ฉ. รำข้าว + ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน+ กากมะพร้าว

ช. รำข้าว + ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน+ กากมะพร้าว+ เปลือกและผลกล้วย

4.2 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักตัวของหนอนแมลงวันดำที่เจริญเติบโตในอาหารแต่ละสูตร

ผลการวิเคราะห์น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนไปของหนอนแมลงวันดำ พบว่า น้ำหนักของหนอนในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเห็นชัดว่าหนอนที่เลี้ยงในอาหารสูตร ที่มีส่วนผสมของรำในสูตรอาหารที่ 3 ถึง 7 มีน้ำหนักตัวสูงกว่าหนอนที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กและขี้เค้กผสมกล้วย ตลอดระยะเวลาที่เลี้ยงจนกระทั่งเข้าสู่ช่วงก่อนระยะดักแด้ ตั้งแต่วันที่ 17 ถึง วันที่ 32 ของอายุหนอน น้ำหนักของหนอนแมลงวันดำเริ่มคงที่ต่อเนื่องจนถึงช่วงของระยะก่อนเข้าดักแด้ (ANOVA วันที่ 17 : $F_{6,23}$= 7.529 , P ≤ 0.01 ; วันที่20 : $F_{6,23}$ = 43.403 , P ≤ 0.01 ; วันที่ 23 $F_{6,23}$= 19.086 , P ≤ 0.01 ; วันที่ 26: $F_{6,23}$= 36.676 , P ≤ 0.01 ; วันที่29 : $F_{6,23}$ = 21.037, P ≤ 0.01; วันที่ 32 : $F_{6,23}$= 10.886, P ≤ 0.01) ในขณะที่วันที่ 35 น้ำหนักของหนอนแมลงวันดำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละสูตรอาหาร โดยพบว่าในสูตรที่ 4 รำaผสมกับกล้วย มีน้ำหนักของหนอนมากที่สุด ในสูตรที่ 5 รำผสมกับกากปาล์มไม่มีตัวหนอนเนื่องจากเข้าดักแด้จนหมด (ANOVA $F_{6,23}$= 12.532, P≤ 0.01 วันที่ 38 เป็นช่วงสุดท้ายจนหนอนแมลงวันดำเข้าดักแด้จนหมด (ANOVA $F_{6,23}$= 3.771, P≤ 0.05;) (ภาพที่ 11)

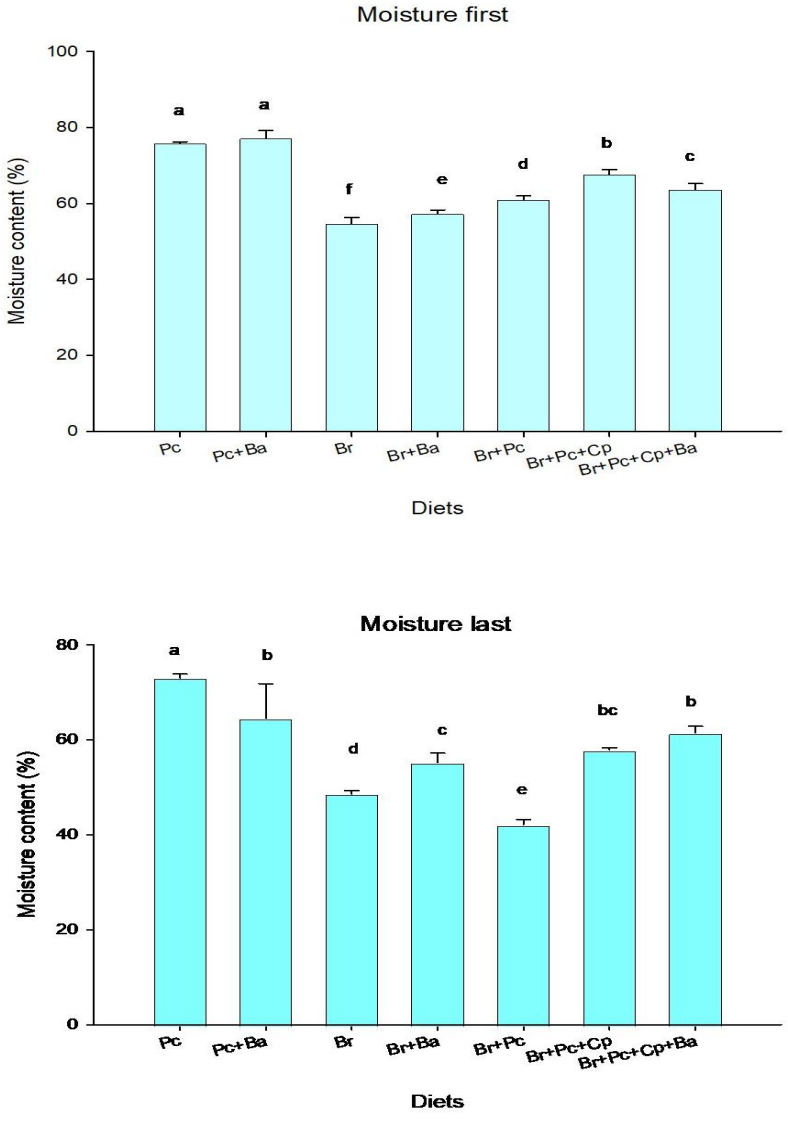


ภาพที่ 11 น้ำหนักของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตร

Pc = palm cake, Ba = banana, Br = Bran, Cp = coconut pulp

4.3 ผลการศึกษาความชื้นในอาหารแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดสอบเลี้ยงหนอนแมลงวันดำ

ผลการวิเคราะห์ความชื้นในอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า ความชื้นของอาหารมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยความชื้นของอาหารอยู่ที่ 50 – 77 % (ANOVA: $F_{6,14} = 4.993$, $P = 0.027$) (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นความชื้นของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

Pc = palm cake, Ba = banana, Br = Bran, Cp = coconut pulp

4.4 ผลการศึกษาความเหมาะสมของสูตรอาหารที่คัดเลือกเพื่อใช้ในการทดสอบอาหารไก่ไข่

จากการคัดเลือกสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมในการเลี้ยงหนอนแมลงวันดำเพื่อใช้ในการทดสอบอาหารไก่ไข่โดยยึดจากวัตถุดิบที่เกษตรกรสามารถหาได้ง่ายและลดต้นทุนการผลิตเมื่อนำมาเพาะขยายพันธุ์หนอนที่มีน้ำหนักของหนอนและจำนวนของหนอนสูงที่สุด 3 สูตร โดยนำมาศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดจำนวนตัวเต็มวัยของแมลงวันดำเพื่อคัดเลือกอาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันดำเพียงสูตรเดียวที่เหมาะสำหรับขยายพันธุ์และให้น้ำหนักของตัวหนอนและตัวเต็มวัยสูงที่สุด โดยสูตรที่ได้คือ 1. รำข้าวผสมกับเปลือกกล้วย 2. รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน และ 3. รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันสมเปลือกกล้วยและกากมะพร้าว ซึ่ง 3 สูตรนี้มีน้ำหนักของตัวหนอนที่สูงและจำนวนของตัวหนอนมากกว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยสูตรอื่น (ตารางที่ 7)

ผลการคัดเลือกสูตรอาหารที่เพาะขยายพันธุ์หนอนได้ดี พบว่า อาหารทั้ง 3 สูตรที่ศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดจำนวนตัวเต็มวัยของแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยเห็นชัดว่าอาหารไม่ส่งผลต่อตัวเต็มวัยของหนอนแมลงวันดำแต่ในสูตรรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันสมเปลือกกล้วยและกากมะพร้าวมีปริมาณขอองตัวเต็มวัยสูงที่สุดอีกทั้งอัตราของเพศผู้ต่อเพศเมียอยู่ที่ 2:1 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ในการผสมพันธุ์สูงจากรายงานของ กุลชาติ และทัศนีย์ (2554ก) รายงานว่าแมลงวันดำผสมพันธุ์เมื่อตัวเต็มวัยออกจากดักแด้พบการจับคู่ผสมพันธุ์ ซึ่งพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของแมลงวันดำ เมื่อตัวเต็มวัยอายุประมาณ 2 วัน โดยเพศผู้จะเกาะหลังเพศเมียบังคับเพศเมียให้บินลงสู่พื้น หลังจากการผสมพันธุ์ 2-4 วัน เพศเมีย จะวางไข่ ซึ่งการมีเพศผู้ในปริมาณที่สูงกว่าจะมีโอกาสเกิดเปอร์เซ็นต์ในการผสมพันธุ์สูงขึ้น

ตารางที่ 7 จำนวนตัวเต็มวัยของแมลงวันดำที่ออกจากดักแด้

Agricultural byproducts	Number of Adult	Number of Male	Number of Female	Sex ratio
Bran + Banana	105±30.35	51±14.01	50±17.61	1:1
Bran + Palm Cake	157±75.61	77±33.08	75±45.00	1:1
Bran +Palm Cake + Banana +coconut pulp	193±82.01	113±53.11	65±33.47	2:1
P-Value	0.340	0.204	0.680	

หมายเหตุ : วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Tukey-test, P ≤ 0.05)

4.5 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรรำข้าวผสมกับขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว

ผลการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่ได้มีปริมาณของโปรตีนใกล้เคียงกับโปรตีนที่ได้จากกากถั่วเหลือง (ตารางที่ 2) โดยที่องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ของหนอนแมลงวันดำมีปริมาณที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวผสมกับขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว

Nutrition value of black soldier fly larvae	Amount
Moisture, %	2.38
Protein, %	37.06
Fat, %	37.68
Ash, %	9.35
Carbohydrate, %	13.53
Total energy, kcal / 100g	541.48
Energy from fat, kcal / 100g	339.12
Calcium, mg / 100g	2,074
Phosphorus, mg / 100 g	657.80

4.6 ผลการศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่

4.6.1 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ด้านน้ำหนักตัว

จากการทดลองการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ที่อายุ 51-58 สัปดาห์ สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันลาย พบว่า น้ำหนักตัวเริ่มต้น น้ำหนักตัวสุดท้ายและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ด้านน้ำหนักตัว

Item	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Body weight gain (g)
SBM	1966.5±76.16	1998.9±63.48	32.4±137.16
HILM	1903.5±58.00	1948.2±85.24	44.7±123.27
SBM + HILM	1939.1±65.75	2059.5±97.31	120.4±61.25
SEM	17.44	36.04	28.76
P-Value	0.361	0.484	0.432

หมายเหตุ : SBM หมายถึง อาหารปกติที่ใช้กากถั่วเหลือง, HILM หมายถึง อาหารที่มีหนอนแมลงวันดำเป็นส่วนผสมแทนกากถั่วเหลือง, SBM + HILM หมายถึงอาหารที่มีส่วนผสมของทั้งกากถั่วเหลืองและหนอนแมลงวันดำ

4.6.2 ด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 51-54 สัปดาห์

ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยมีผลการทดลองดังนี้

(1) ผลผลิตไข่เฉลี่ย

ผลผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีผลผลิตไข่เฉลี่ยมากที่สุด คือ 83.57 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร (ตารางที่ 10)

(2) น้ำหนักไข่เฉลี่ย

น้ำหนักไข่เฉลี่ยของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยมากที่สุด คือ 62.20 กรัม รองลงมาคือไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง (ตารางที่ 10)

(3) มวลไข่

มวลไข่ของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีมวลไข่ที่สุด คือ 51.83 กรัม รองลงมาคือกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร (ตารางที่ 10)

(4) ปริมาณอาหารที่ไก่กิน

ปริมาณอาหารที่ไก่กินของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าปริมาณอาหารที่ไก่กิน คือ 111.60 , 95.35 , 108.57 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม

ที่ใช้กากถั่วเหลืองมีปริมาณอาหารที่ไก่กินมากที่สุดและไม่แตกต่างกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ แต่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารที่มีปริมาณอาหารที่กินลดลง (ตารางที่ 10)

(5) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ คือ 2.21 , 1.91 , 2.10 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่มากที่สุดแตกต่างกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร ซึ่งอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-54 สัปดาห์

Item	Egg production (%)	Egg weight (g/h/d)	Egg mass (g/h/d)	Feed intake (g/h/d)	Feed conversion ratio
SBM	83.09±6.16	60.92±1.79	50.68±4.83	111.60±6.18^{a}	2.21±0.22^{a}
HILM	80.35±8.65	62.20±3.66	49.80±3.98	95.35±8.07^{b}	1.91±0.07^{b}
SBM + HILM	83.57±9.89	62.10±0.95	51.83±5.51	108.57±5.34^{a}	2.10±0.16^{ab}
SEM	2.03	0.59	1.17	2.46	0.05
P-Value	0.810	0.661	0.803	0.005	0.043

หมายเหตุ : SBM หมายถึง อาหารปกติที่ใช้กากถั่วเหลือง, HILM หมายถึง อาหารที่มีหนอนแมลงวันดำเป็นส่วนผสมแทนกากถั่วเหลือง, SBM + HILM หมายถึงอาหารที่มีส่วนผสมของทั้งกากถั่วเหลืองและหนอนแมลงวันดำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Tukey-test, $P \leq 0.05$)

4.6.3 ด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 55-58 สัปดาห์

ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยมีผลการทดลองดังนี้

(1) ผลผลิตไข่เฉลี่ย

ผลผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีผลผลิตไข่เฉลี่ยมากที่สุด คือ 84.28 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มกากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร (ตารางที่ 11)

(2) น้ำหนักไข่เฉลี่ย

น้ำหนักไข่เฉลี่ยของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำในสูตรอาหารมีน้ำหนักไข่เฉลี่ยมากที่สุด คือ 63.49 กรัม รองลงมาคือ ไก่ที่ได้รับอาหาร กลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนและกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง (ตารางที่ 11)

(3) มวลไข่

มวลไข่ของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีมวลไข่ที่สุด คือ 53.45 กรัม รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง (ตารางที่ 11)

(4) ปริมาณอาหารที่ไก่กิน

ปริมาณอาหารที่ไก่กินของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าปริมาณอาหารที่ไก่กิน คือ 106.73 , 83.93 , 100.35 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่าไก่ที่ได้รับ

อาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีปริมาณอาหารที่ไก่กินมากที่สุดและไม่แตกต่างกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ แต่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารที่มีปริมาณอาหารที่กินลดลง (ตารางที่ 11)

(5) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ คือ 2.30 , 1.76 , 1.88 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่มากที่สุดแตกต่างกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร ซึ่งอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 55-58 สัปดาห์

Item	Egg production (%)	Egg weight (g/h/d)	Egg mass (g/h/d)	Feed intake (g/h/d)	Feed conversion ratio
SBM	76.07±12.97	61.90±1.46	47.18±8.68	106.73±14.56[a]	2.30±0.41[a]
HILM	76.07±9.24	63.07±4.01	47.77±4.20	83.93±4.84[b]	1.76±0.09[b]
SBM + HILM	84.28±9.56	62.49±1.72	53.45±5.55	100.35±8.29[a]	1.88±0.07[b]
SEM	2.76	0.66	1.71	3.51	0.08
P-Value	0.404	0.630	0.272	0.011	0.011

หมายเหตุ : SBM หมายถึง อาหารปกติที่ใช้กากถั่วเหลือง, HILM หมายถึง อาหารที่มีหนอนแมลงวันดำเป็นส่วนผสมแทนกากถั่วเหลือง, SBM + HILM หมายถึงอาหารที่มีส่วนผสมของทั้งกากถั่วเหลืองและหนอนแมลงวันดำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Tukey-test, $P \leq 0.05$)

4.6.4 ด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 51-58 สัปดาห์

ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยมีผลการทดลองดังนี้

(1) ผลผลิตไข่เฉลี่ย

ผลผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มกากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีผลผลิตไข่เฉลี่ยมากที่สุด คือ 83.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้อาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และไก่ที่ได้รับหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร (ตารางที่ 12)

(2) น้ำหนักไข่เฉลี่ย

น้ำหนักไข่เฉลี่ยของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยมากที่สุด คือ 62.79 กรัม รองลงมาคือไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง (ตารางที่ 12)

(3) มวลไข่

มวลไข่ของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ไก่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีมวลไข่ที่สุด คือ 52.64 กรัม รองลงมาคือ กลุ่มที่ไก่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง (ตารางที่ 12)

(4) ปริมาณอาหารที่ไก่กิน

ปริมาณอาหารที่ไก่กินของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าปริมาณอาหารที่ไก่กิน คือ 109.17 , 86.64 , 104.46 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่า

ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีปริมาณอาหารที่ไก่กินมากที่สุดและไม่แตกต่างกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ แต่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารที่มีปริมาณอาหารที่กินลดลง (ตารางที่ 12)

(5) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ คือ 2.26 , 1.83 , 1.99 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่มากที่สุดและไม่แตกต่างกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำแตกต่างกับกลุ่มที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงที่อายุ 51-58 สัปดาห์

Item	Egg production (%)	Egg weight (g/h/d)	Egg mass (g/h/d)	Feed intake (g/h/d)	Feed conversion ratio
SBM	79.46±9.53	61.38±1.63	48.87±6.76	109.17±9.35^{a}	2.26±0.3^{a}
HILM	78.21±8.66	62.61±3.78	48.78±3.98	89.64±5.91^{b}	1.83±0.43^{b}
SBM **+** HILM	83.93±9.63	62.79±1.27	52.64±5.43	104.46±6.67^{a}	1.99±0.11^{ab}
SEM	2.31	0.61	1.40	2.85	0.065
P-Value	0.605	0.634	0.472	0.004	0.013

หมายเหตุ : SBM หมายถึง อาหารปกติที่ใช้กากถั่วเหลือง, HILM หมายถึง อาหารที่มีหนอนแมลงวันดำเป็นส่วนผสมแทนกากถั่วเหลือง, SBM + HILM หมายถึงอาหารที่มีส่วนผสมของทั้งกากถั่วเหลืองและหนอนแมลงวันดำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Tukey-test, $P \leq 0.05$)

4.7 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ของไก่ไข่

4.7.1 ด้านคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในที่อายุ 52-58 สัปดาห์

ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ของไก่ไข่ ดังแสดงในภาพที่ 13

(1) น้ำหนักไข่ทั้งฟอง

น้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่อายุ 52-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันลายดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสัปดาห์ที่ 52-54 มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองมากที่สุด คือ 63.24 และ 66.52 กรัม ในสัปดาห์ที่ 56-58 ไก่กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอน มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองมากที่สุด คือ 68.48 และ 64.10 กรัม (ภาพที่ 13)

(2) น้ำหนักของเปลือกไข่

น้ำหนักของเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่อายุ 52-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำในสัปดาห์ที่ 52 มีน้ำหนักของเปลือกไข่มากที่สุด คือ 8.24 กรัม ต่อมาในสัปดาห์ที่ 54 ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำ 7.61 กรัม ในสัปดาห์ที่ 56 ไก่ที่ใช้ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนมีน้ำหนักของเปลือกไข่มากที่สุดคือ 8.24 กรัม และสัปดาห์ที่ 58 สัปดาห์สุดท้ายไก่ที่ได้รับอาหาร กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนมีน้ำหนักของเปลือกไข่มากที่สุดคือ 9.14 กรัม(ภาพที่ 13)

(3) ความแข็งแรงเปลือกไข่

ความแข็งแรงเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่อายุ 52-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนมีความแข็งแรงเปลือกไข่มากที่สุด คือ 4.80, 4.90, 4.14 และ 4.38 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 13)

(4) ความหนาเปลือกไข่

ความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่อายุ 52-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสัปดาห์ที่ 52-54 มีความหนาของเปลือกไข่มากที่สุด คือ 0.408 และ 0.40 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ต่อมาในสัปดาห์ที่ 56-58 ไก่ที่ใช้ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนมีความหนาของเปลือกไข่มากที่สุด คือ 0.376 และ 0.372 ตามลำดับ (ภาพที่ 13)

(5) น้ำหนักไข่ขาว

น้ำหนักไข่ขาวของไก่ไข่ที่อายุ 52-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสัปดาห์ที่ 52 มีน้ำหนักไข่ขาวมากที่สุดคือ 40.92 กรัม ต่อมาในสัปดาห์ที่ 54 ไก่ที่ใช้ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนมีน้ำหนักไข่ขาวมากที่สุดคือ 42.36 กรัม ในสัปดาห์ที่ 56 ไก่กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีน้ำหนักไข่ขาวมากที่สุดคือ 43.13 กรัม และสัปดาห์ที่ 58 ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนมีน้ำหนักไข่ขาวมากที่สุดคือ 37.74 กรัม (ภาพที่ 18)

(6) น้ำหนักไข่แดง

น้ำหนักไข่แดงของไก่ไข่ที่อายุ 52-58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสัปดาห์ที่ 52 มีน้ำหนักไข่แดงมากที่สุด คือ 16.13 กรัม และในสัปดาห์ที่ 54-58 ไก่กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีน้ำหนักไข่แดงมากที่สุด คือ 16.64, 17.44 และ 17.22 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 13)

(7) สีไข่แดง

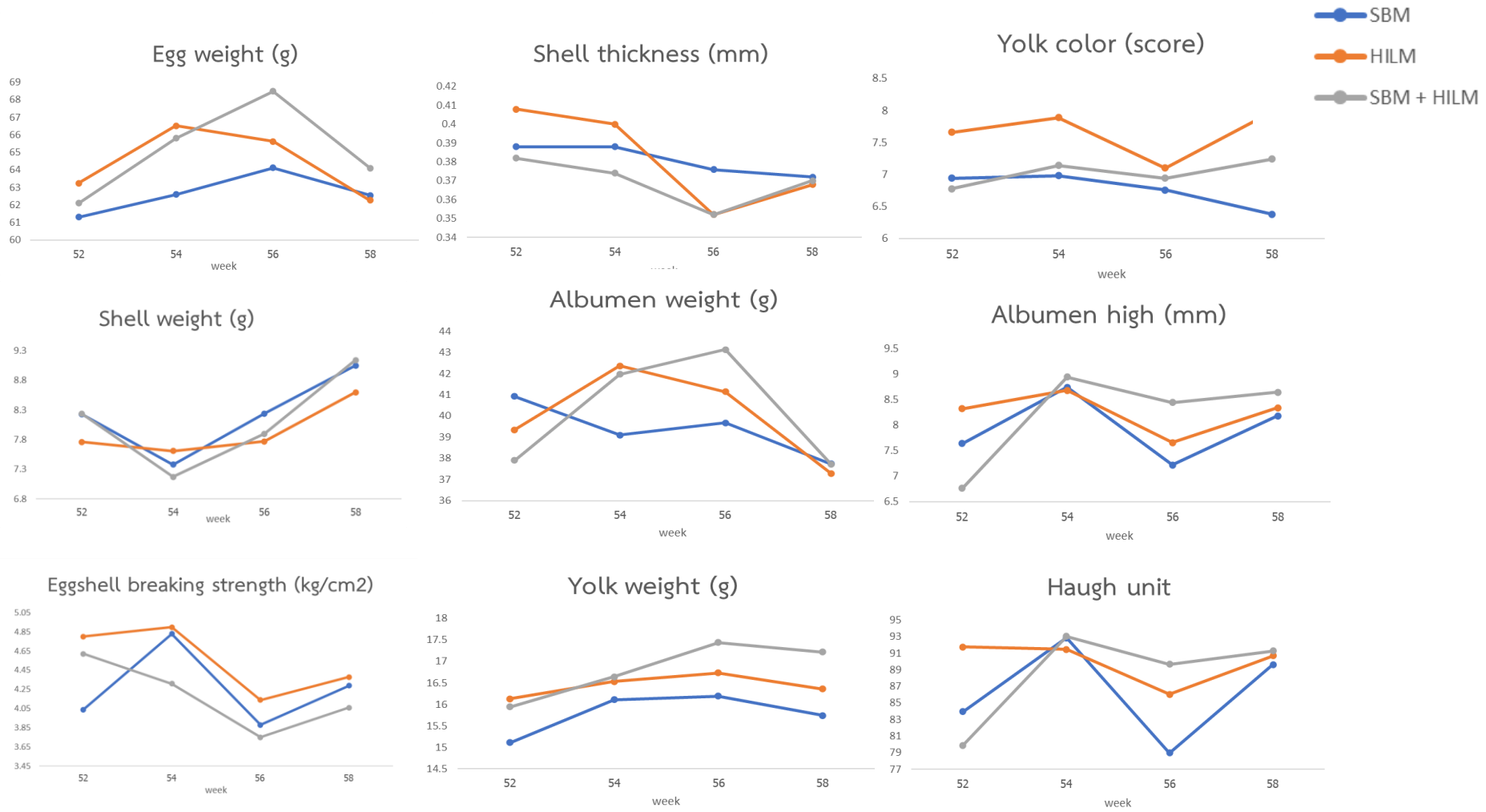
สีไข่แดงของไก่ไข่ที่อายุ 52 และ 58 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ พบว่า สีของไข่แดงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนมีสีไข่แดงมากกว่ากลุ่มทดลองอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 7.66 และ7.98 สำหรับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน และไก่ที่ใช้ได้รับอาหารกลุ่มกากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำพบว่ามีสีของไข่แดงไม่แตกต่างกัน ภาพที่ 13)

(8) ความสูงของไข่ขาว

ความสูงของไข่ขาวของไก่ไข่ที่อายุ 52 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนมีความสูงของไข่ขาวมากที่สุด คือ 8.32 มิลลิเมตร และในสัปดาห์ที่ 54-58 ไก่กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีความสูงของไข่ขาวมากที่สุด คือ 8.94, 8.44 และ 8.64 มิลลิเมตร ตามลำดับ ภาพที่ 13)

(9) ความสดของไข่

ความสดของไข่ของไก่ไข่ที่อายุ 52 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และไก่ที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)) โดยไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มหนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนมีความสดของไข่ขาวมากที่สุด คือ 91.76 และในสัปดาห์ที่ 54-58 ไก่กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีความสดของไข่ขาวมากที่สุด คือ 93.04, 89.68 และ 91.26 ตามลำดับ ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ของไก่ไข่อายุ 52-58 สัปดาห์

4.8 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและมีคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่ พบว่า ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า ไฮไลน์ บราวน์ ในอาหารแต่ละกลุ่มมีผลที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งไข่ไก่จากไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้หนอนแมลงวันดำทดแทนกากถั่วเหลืองจะมีค่าที่นำมาใช้เปรียบเทียบสูงกว่า เช่น คอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรตและไขมัน มีสูงกว่าไข่จากกลุ่มไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ ทำให้อาหารที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

ตารางที่ 13 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและมีคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่

Item		SBM	HILM	SBM **+** HILM
Ash	(g/100g)	0.92	0.79	0.86
Calories	(kcals/100g)	136	135	139
Carbohydrate	(g/100g)	1.17	1.46	1.40
Cholesterol	(mg/100g)	345	348	394
Fat	(g/100g)	8.81	9.05	9.24
Moisture	(g/100g)	76.1	76.7	76.0
Protein	(g/100g)	13.0	12.0	12.5

หมายเหตุ : SBM หมายถึง อาหารปกติที่ใช้กากถั่วเหลือง, HILM หมายถึง อาหารที่มีหนอนแมลงวันดำเป็นส่วนผสมแทนกากถั่วเหลือง, SBM + HILM หมายถึงอาหารที่มีส่วนผสมของทั้งกากถั่วเหลืองและหนอนแมลงวันดำ

บทที่ 5

วิจารณ์ผล (Discussion)

5.1 การเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารแต่ละสูตร

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำในอาหารที่ประกอบด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและนำมาผสมเป็นสูตรอาหารทั้งหมด 7 สูตร โดยศึกษาการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตจนเข้าสู่ระยะดักแด้ ผลการศึกษาพบว่า หนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตรใช้เวลาในการเจริญเติบโตในระยะหนอนและระยะดักแด้แตกต่างกัน ทั้งนี้การเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำขึ้นอยู่กับอาหารและปัจจัยอื่นๆที่ได้รับ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลงวันประกอบไปด้วย อาหาร น้ำ และอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้นจะส่งผลให้ระยะเวลาของช่วงชีวิตจากไข่ถึงตัวเต็มวัยสั้นลง อาหารพวกแป้งและน้ำตาลจะช่วยให้อายุของแมลงวันยืนยาวขึ้น ส่วนอาหารพวกโปรตีนจะช่วยในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Chia และคณะ, 2018; De Smet และคณะ, 2018) โดยหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นสูตรที่มีโปรตีนต่ำและคาร์โบไฮเดรตสูงในอาหาร (ตารางที่ 1) มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ เพราะหนอนเริ่มเข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแด้ก่อนหนอนที่เลี้ยงในอาหารสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Barragan และคณะ (2019) ที่พบว่า อาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันดำที่มีโปรตีนต่ำและคาร์โบไฮเดรตสูงในอาหาร จะมีการพัฒนาเป็นระยะก่อนเข้าดักแด้เร็ว โดยหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวหรือขี้เค้กปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว รอดชีวิตจนเข้าสู่ระยะดักแด้มากที่สุด โดยหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยรำข้าวเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักดักแด้รวมสูงเป็นลำดับที่ 4 จากอาหารทั้ง 7 ในขณะที่หนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว มีขนาดลำตัวหนอนในระยะก่อนเข้าดักแด้เล็กที่สุดและมีน้ำหนักดักแด้รวมน้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดักแด้แต่ละดักแด้มีน้ำหนักน้อย แสดงถึงความไม่สมบูรณ์ของดักแด้ ทำให้ทราบว่าขี้เค้กปาล์มน้ำมันไม่ใช่แหล่งอาหารที่ดีของหนอนแมลงวันดำ เนื่องจากยังขาดสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของหนอนแมลงวันดำ จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่ารำข้าวมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และใยอาหารต่ำกว่าขี้เค้กปาล์มน้ำมันไม่มาก แต่มีไขมันประกอบอยู่มากกว่าสองเท่าของขี้เค้กปาล์มน้ำมัน ดังนั้น ไขมันอาจเป็นสารอาหารสำคัญอย่างหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ นอกจากนี้ การสังเกตพบว่าแม้ขี้เค้กปาล์มน้ำมันมีความชื้นสูง แต่หนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงในขี้เค้กปาล์มน้ำมันมีการพัฒนาในระยะหนอนจนเข้าสู่ระยะดักแด้ใช้เวลาไม่แตกต่างกับอาหารอื่นๆที่มีความชื้นต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าความชื้นในอาหารไม่มีผลต่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ จากรายงานการศึกษาก่อนหน้าโดย Bekker และคณะ (2021) ยืนยันเช่นเดียวกันว่า ความชื้นของอาหารไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงานของหนอนแมลงวันดำ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงในรำข้าวผสมกล้วยกับหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงในขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมกล้วย สามารถเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนว่า หนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงในรำข้าวผสมกล้วยเจริญเติบโตเร็วกว่าและรอดชีวิตมากกว่า รวมไปถึงมีขนาดลำตัวโตกว่าและให้น้ำหนักดักแด้รวมสูงกว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงในขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมกล้วย ซึ่งกล้วยมีใยอาหารประกอบอยู่สูง แต่มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอื่นที่นำมาใช้ ดังนั้น เห็นได้ชัดว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการเลี้ยงหนอนแมลงวันดำ ควรต้องมีไขมันประกอบอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม รำข้าวจึงเป็นแหล่งอาหารอีกอย่างหนึ่งที่เหมาะสมในการนำมาใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันดำ เนื่องจากให้สารอาหารที่หนอนแมลงวันดำจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างความสมบูรณ์ของร่างกายได้ โดยเฉพาะมีไขมันประกอบอยู่มาก

ในขณะที่อาหารที่ใช้เศษวัสดุทางการเกษตรผสมกันมากที่สุดคือ รำข้าว ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว หนอนมีอัตราการรอดสูง ให้น้ำหนักดักแด้รวมสูงที่สุด และน้ำหนักดักแด้หนึ่งดักแด้สูงที่สุด แสดงว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งอาจเป็นเพราะสูตรอาหารที่ผสมทั้งรำข้าว ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วยและกากมะพร้าว ประกอบไปด้วยสารอาหารต่างๆหลากหลายมาผสมด้วยกัน ซึ่งวัตถุดิบบางอย่างอาจมีสารอาหารบางอย่างต่ำแต่ถูกชดเชยด้วยวัตถุดิบอย่างอื่นที่นำมาผสม ทำให้หนอนแมลงวันดำได้รับสารอาหารที่ต้องการอย่างครบถ้วนเพียงพอ

จากผลการศึกษาในอาหารทั้ง 7 สูตร ได้ทำการคัดเลือกอาหารจำนวน 3 สูตรที่ให้จำนวนตัวหนอนแมลงวันดำที่รอดชีวิตและน้ำหนักดักแด้สูง โดยให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงเป็นปัจจัยรองที่พิจารณา เนื่องจากเห็นว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอาหาร 3 สูตรที่เลือกคือ รำข้าวผสมกล้วย รำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน และรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว ผลการศึกษาพบว่า สูตรอาหารรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว ให้ตัวเต็มวัยแมลงวันดำสูงที่สุด คือ 193 ตัวจากไข่แมลงวันดำจำนวน 300 ตัวที่ใส่ในอาหารเลี้ยง ดังนั้นจึงเลือกสูตรอาหารรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว มาใช้ในการศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหนอนแมลงวันดำที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าว
พบว่าหนอนแมลงวันดำ มีองค์ประกอบของโปรตีน 37.06% ไขมัน 37.68% และคาร์โบไฮเดรต 13.53 % ซึ่งหนอนที่ได้จากการทดลองมีโปรตีนสูงกว่าหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยเปลือกขนุนและเปลือกสับปะรด ซึ่งมีองค์ประกอบของโปรตีน 12.61% และ 10.81% ตามลำดับ (กุลชาติ และทัศนีย์, 2554ข) โดยปริมาณโปรตีนของหนอนแมลงวันดำที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วย และกากมะพร้าวมีค่าใกล้เคียงกับหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยกากน้ำตาลจากหัวบีท เปลือกมันฝรั่ง กากธัญพืชจากการหมักเบียร์ เศษขนมปังและเศษคุกกี้ ซึ่งมีโปรตีนประกอบอยู่ประมาณ 38%-45% (Oonincx และคณะ 2015) จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่า รำข้าว ขี้เค้กปาล์มน้ำมัน กล้วยและกากมะพร้าว สามารถนำมาผสมกันเป็นอาหารเลี้ยงหนอนแมลงวันดำได้ โดยให้คุณค่าทางอาหารครบถ้วนและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ ทำให้มีอัตราการรอดชีวิตสูง และได้น้ำหนักดักแด้ที่สูง

5.2 การศึกษาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่

ผลการศึกษาผลการใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่สายพันธ์การค้า ไฮไลน์ บราวน์ อายุ 51 สัปดาห์ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ พบว่า ไก่ไข่กลุ่มที่ให้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร ไก่ไข่กลุ่มที่ให้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และไก่ไข่กลุ่มควบคุมที่ให้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร มีผลผลิตไข่เฉลี่ยในช่วงอายุ 51-58 สัปดาห์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหนอนแมลงวันดำสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองได้ โดยพบว่ากลุ่มที่ให้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ มีผลผลิตไข่เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มควบคุม ในขณะที่กลุ่มที่ให้หนอนแมลงวันดำเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตไข่เฉลี่ยน้อยที่สุด หลายงานวิจัยต่างยืนยันเช่นกันว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยหนอนแมลงวันดำเสริมหรือทดแทนกากถั่วเหลือง ไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไข่ของไก่ไข่ (Marono และคณะ, 2017 ; Secci และคณะ, 2018 ; Mwaniki และคณะ, 2018)

ผลการศึกษายังพบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ให้กากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำมีน้ำหนักไก่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยเช่นเดียวกัน โดยการที่ไก่กินอาหารได้มากขึ้น มีผลมาจากการปรับปรุงคุณภาพของอาหาร การมีระบบเผาผลาญ ระบบภูมิคุ้มกัน และสุขภาพของลำไส้ที่ดีขึ้น (Marono และคณะ, 2017; Bovera และคณะ, 2018; Cai และคณะ, 2018; Cutrignelli และคณะ , 2018; Sypniewski และคณะ, 2020) และในส่วนของ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลิตไข่ FCR ในไก่ไข่กลุ่มที่เลี้ยงโดยใช้หนอนแมลงวันดำบางส่วนหรือทั้งหมด มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ FCR ที่ต่ำ ซึ่งเป็นผลดีต่อต้นทุนการผลิต เมื่อเปรียบเทียบกับที่ใช้กากถั่วเหลืองทั้งหมดมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่สูง ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำเป็นการผลิตที่มีค่าที่ต่ำลง การค้นพบนี้สอดคล้องกับการค้นพบที่รายงานโดย Gariglio และคณะ (2019) และ Sypniewski และคณะ (2020) ที่รายงานว่าไม่มีผลกระทบในทางลบของการใช้หนอนแมลงวันดำ ในแง่ของน้ำหนักตัวขั้นสุดท้าย การเพิ่มของน้ำหนักตัวในแต่ละวัน ปริมาณอาหารในแต่ละวัน และค่า FCR และยังสามารถลดปริมาณอาหารที่ไก่กินและต้นทุนการผลิตในด้านของแหล่งโปรตีน ถึงแม้ว่าปริมารอาหารที่ไก่กินลดลง แต่การผลิตไข่ไม่ได้แตกต่างกันทางสถิติตลอดการทดลอง

5.3 การศึกษาผลการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

ผลการศึกษาพบว่า สีของไข่แดงในช่วงอายุ 52 - 58 สัปดาห์ ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำเพียงอย่างเดียว มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองผสมหนอนแมลงวันดำ และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุอาจอธิบายได้จากผลการทดลองจาก กลุ่มอาหารที่ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร ทำให้สีของไข่แดง มีแนวโน้มที่สีของไข่แดงมีสีที่เข้มกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มอื่น การค้นพบนี้สอดคล้องกับการค้นพบที่รายงานโดย Liu และคณะ (2021) ที่รายงานว่าการใช้หนอนแมลงวันดำเพื่อทดสอบการผลิต คุณภาพของไข่ และยังสามารถปรับปรุงสีของไข่แดง ซึ่งหนอนแมลงวันดำประกอบไปด้วยแคโรทีนอยด์คือ b-carotene และ lutein และในส่วนของปริมาณแคโรทีนอยด์ที่มีอยู่ในหนอนแมลงวันดำ มี lutein 1.15 และ zeaxanthin 0.96 ซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์กลุ่มแซนโทฟิล เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์สารให้สีได้ ดังนั้น สีของไข่แดงจึงขึ้นอยู่กับปริมาณสารให้สีในอาหาร ซึ่งเป็นสารละลายที่ส่งผลโดยตรงต่อสีของไข่แดง (Secci และคณะ, 2018) มีการยืนยันที่ชัดเจนในข้อมูลของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในหนอนแมลงวันดำและในอาหารที่มีหนอนแมลงวันดำผสมอยู่ โดย Moreno และคณะ (2016) รายงานว่าไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีหนอนแมลงวันดำนั้นอุดมไปด้วย b-carotene และ lutein ซึ่งเป็นสารสีที่ให้สีส้ม-เหลือง เม็ดสีทั้งสองอย่าง รวมทั้ง retinol และ zeaxanthin จะถูกถ่ายโอนไปยังไข่ ดังนั้นจึงสามารถสร้างระดับเบอร์สีของไข่แดงที่สูงขึ้นในไข่ได้ในอาหารที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำ ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ระดับเบอร์ของสีไข่แดงที่สูงที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำในช่วงอายุ 52, 54, 56 และ 58 สัปดาห์ คือ 7.66, 7.89, 7.10 และ 7.98 ตามลำดับ ซึ่งสีของไข่แดงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภค โดยใช้ในการประเมินคุณภาพไข่ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อสีของไข่แดงอยู่ในช่วงเบอร์ 7 ถึง 10 (Galobart และคณะ, 2004) ดังนั้นหนอนแมลงวันดำสามารถนำมาเป็นอาหารทางเลือกและเป็นสารให้สีจากแหล่งธรรมชาติเพื่อทดแทนสารสีสังเคราะห์ในการเลี้ยงไก่ไข่ เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันต้องการอาหารที่ปลอดภัย

โปรตีนจากหนอนแมลงวันดำที่นำมาใช้ทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองนั้นสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ในการผลิตไข่ของไก่ไข่ได้ ซึ่งส่วนประกอบอาหารทดลองสูตรพื้นฐานซึ่งยึดตามราคาวัตถุดิบตามท้องตลาด โดยราคาอาหารในกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 17.10 บาท/กิโลกรัม กลุ่มใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร 24.97 บาท/กิโลกรัม และกลุ่มเสริมใช้กากถั่วเหลืองผสมกับหนอนแมลงวันดำ 21.25 บาท/กิโลกรัม การใช้หนอนแมลงวันดำทดแทนกากถั่วเหลืองยังสามารถช่วยลดปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้ผสมในอาหารไก่เพื่อเป็นแหล่งไขมันได้ เนื่องจากหนอนแมลงวันดำนอกจากให้โปรตีนสูงแล้วยังให้ไขมันสูง หรือการที่สามารถเลี้ยงหนอนแมลงวันดำเองในฟาร์มแล้วนำตัวหนอนไปให้ไก่กินเสริมได้ ช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลง

บทที่ 6

บทสรุป (Conclusion)

จากการทดลองการนำหนอนแมลงวันดำที่เลี้ยงด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและนำหนอนแมลงวันดำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารไก่ไข่เป็นเวลา 8 สัปดาห์ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ สามารถสรุปได้ดังนี้

ความเหมาะสมของอาหารทั้ง 7 สูตร สูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุดคือสูตรรำข้าวผสมขี้เค้กปาล์มน้ำมันผสมกล้วยและกากมะพร้าว โดยให้จำนวนตัวหนอนปริมาณมากที่สุดและมีขนาดตัวสมบูรณ์ ตัวเต็มวัยมีอัตรารอดสูง มีความแข็งแรงเหมาะแก่การเพาะขายพันธุ์เพิ่มปริมาณ ซึ่งสูตรนี้เป็นสูตรที่ใช้ต้นทุนการผลิตหนอนแมลงวันดำน้อยที่สุดและเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายทั่วไป ช่วยให้เกษตรกรสามารถนำไปเลี้ยงเองได้

สมรรถภาพการผลิตไข่ไก่ การใช้หนอนแมลงวันดำทดแทนกากถั่วเหลืองในการเลี้ยงไก่ไข่มีผลทำให้ผลผลิตไข่ตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ได้ผสมหนอนแมลงวันดำ

คุณภาพไข่ไก่ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำ พบว่า หนอนเมลงวันดำสามารถนำมาใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารเลี้ยงไก่ไข่ได้ โดยไข่มีคุณภาพไม่แตกต่างจากไข่ที่ได้จากไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ การใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงไก่ไข่มีผลช่วยเพิ่มคุณภาพของไข่ในด้านสีของไข่แดง ทำให้ไข่แดงเข้มขึ้น โดยไข่ที่ได้จากไก่ที่เลี้ยงด้วยหนอนแมลงวันดำแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมด มีสีของไข่แดงเพิ่มขึ้นสูงกว่าไข่ที่ได้จากไก่ที่กินอาหารหนอนแมลงวันดำผสมกากถั่วเหลืองและไก่ที่กินอาหารปกติ ดังนั้นการใช้หนอนแมลงวันดำเลี้ยงในอาหารเลี้ยงไก่ไข่ จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการเสริมและทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

กุลชาติ บูรณะ และทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2554ก. พฤติกรรมการผสมพันธุ์และการวางไข่ของแมลงวันดำ *Hermetiaillucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). The 12th Graduate Research Conference, KhonKaen University, *20*, 591–597.

กุลชาติ บูรณะ และทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2554ข. การติดตามขนาดประชากร การเพาะเลี้ยง และคุณค่าทางโภชนะของแมลงวันดำ (*Hermetia illucens* L.). วารสารวิจัย มข. (บศ.) 11, 19-26.

นฤมล สมคุณา จรัส สว่างทัพ เอกสิทธิ์ สมคุณา นิตยา พุ่มอำภา นิพรรษา อินทร์แสง และยุภาพร นนเสนา. 2556. การเพิ่มระดับโปรตีนของกากมะพร้าว และ มันสำปะหลังโดยกระบวนการหมักยีสต์และยูเรีย. ว. วิทย. แก่นเกษตร. 44 (พิเศษ): 267-270.

นฤมล สมคุณา จรัส สว่างทัพ เอกสิทธิ์ สมคุณา จิรประภา รอดจากเข็ญ และสุรศักดิ์ อุตรวิเชียร 2557. การศึกษาการเพิ่มระดับโปรตีนของกากมะพร้าวสดและแห้ง โดยกระบวนการหมักยีสต์และยูเรีย. แก่นเกษตร. 42(พิเศษ): 290-294.

ฝ่ายปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 2560. รายงานผลการตรวจวิเคราะห์ Sludge cake decanter. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

เทียนทิพย์ ไกรพรม และ สิทธิศักดิ์ จันทรัตน์. 2561. ผลการใช้เศษเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารผสม สำเร็จในแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่าย และเมแทบอไลซ์ในเลือด. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

บัณฑิตา ทักขนนท์. 2014. ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่. วิยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยสุรนารี. 29–32.

เพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล. 2558. คัดเลือกพันธุ์และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเพื่อการบริโภคสดเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์และการนำสารสำคัญจากกล้วยไปใช้ประโยชน์. รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร. 151 น.

ภุชงค์ วีรดิษฐกิจ และ ไพโชค ปัญจะ. 2558. อิทธิพลของการเสริมใบมะรุมผงในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. 13.

ยุพา หาญบุญทรง ทัศนีย์ แจ่มจรรยา นพชนม์ ทับทิม และ ลำไย อิทธิจันทร์ . 2561. คู่มือการเพาะเลี้ยงแมลงที่เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ในฟาร์มที่ได้มาตรฐาน. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ. 44 น.

รัชตาภรณ์ลุนสิน สุนทรีพร ดวนใหญ่ เรืองยศ พิลาจันทร์ อนุสรณ์ เชิดทอง และเมธา วรรณพัฒน์. 2560. ผลของระดับการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดทดแทนอาหารข้นต่อปริมาณน้ำนมและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโครีดนม. แก่นเกษตร 45(ฉบับพิเศษ 1): 654-659.

วรรณดี อ่อนน้อม. 2557. ผลการใช้กากมะพร้าวเสริมด้วย เอนไซม์ไฟเตส. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ. 81 หน้า.

A.R.Y. El Boshy and A.F.B.Van der Poel.1994. House-fly larvae: Musca domestica L. Poultry Feed from Waste Processing and Use.

ALS Laboratory Group. 2018. Sludge cake decanter analysis report. Khwaeng Phatthanakan, Bangkok.

Barragan, F. K. B., G. Gort, M. Dicke and J. J. A. Van Loon. 2019. Effects of dietary protein and carbohydrate on life-history traits and body protein and fat contents of the black soldier fly *Hermetia illucens*. Physiological Entomology, 44(2), 148–159. https://doi.org/10.1111/phen.12285

Bekker, N. S., S. Heidelbach, S. Z. Vestergaard, M. E. Nielsen, M. Riisgaard-Jensen, E. J. Zeuner, S. Bahrndorff. and N. T. Eriksen. 2021. Impact of substrate moisture content on growth and metabolic performance of black soldier fly larvae. Waste Management, 127, 73–79.

Beniers, J. J. A., and R. I. Graham. 2019. Effect of protein and carbohydrate feed concentrations on the growth and composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. Journal of Insects as Food and Feed, 5(3), 193–199.

Bovera F., R. Loponte, ME. Pero, MI. Cutrignelli, S. Calabro, N. Musco, G. Vassalotti, V. Panettieri, P. Lombardi and G. Piccolo. 2018. Laying performance, blood profiles, nutrient digestibility and inner organs traits of hens fed an insect meal from *Hermetia illucens* larvae. Research in Veterinary Science. 120, 86–93.

Bradley, S.W., and D.C. Sheppard. 1984. Housefly oviposition Inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. Journal of Chemical Ecology, 10, 853-859.

Minmin, Cai., ST. Ma, RQ. Hu, JK. Tomberlin, LS. Thomashow, LY. Zheng, W. Li, ZN. Yu, and JB. Zhang. 2018. Rapidly mitigating antibiotic resistant risks in chicken manure by *Hermetia illucens* bioconversion with intestinal microflora. Environmental Microbiology. 20(11), 4051–4062.

Cammack, J. A and J. K. Tomberlin. 2017. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Insects, 8(2).

Chia, S. Y., C. M. Tanga, F. M. Khamis, S. A. Mohamed, D. Salifu, S. Sevgan, K. K. M. Fiaboe, S. Niassy, J. J. A. Van Loon, M. Dicke, and S. Ekesi, (2018). Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. PLoS ONE, 13(11), 1–26.

Cutrignelli, MI., M. Messina, F. Tulli, B. Randazzo, I. Olivotto, L. Gasco, R. Loponte. and F. Bovera. 2018. Evaluation of an insect meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. Research in Veterinary Science. 117, 209–215.

Dabbou, S., F. Gai, I. Biasato, M.T. Capucchio, E. Biasibetti, D. Dezzutto, M. Meneguz, I. Plachà, L. Gasco. and A. Schiavone. 2018. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effect on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. Journal of Animal Science and Biotechnology 9: 49.

Danieli, P.P., C. Lussiana, L. Gasco, A. Amici. and B. Ronchi. 2019. The effects of diet formulation on the yield, proximate composition, and fatty acid profile of the black soldier fly (*Hermetiaillucens* L.) prepupae intended for animal feed. Animals 9: 178.

De Smet, J., E. Wynants, P. Cos. and L. Van Campenhout. 2018. Microbial Community Dynamics during Rearing of Black. Applied and Environmental Microbiology, 84(9), 1–17.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030. สืบค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม2562. http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e00.htm#TopOfPage.g

Galobart, j., R. Sala, X. Rincon-carruyo, E.G. Manzanilla, B. Vil. and J. Gasa. 2004. Egg yolk color as affected by saponified oleoresin of red peper (*Capsicum annuum*) fed to laying hens. Poultry Science, 69, 462-470.

Gariglio, M., S. Dabbou, M. Crispo, I. Biasato, F. Gai, L. Gasco, F. Piacente, P. Odetti, S Bergagna. and I. Placha. 2019B. Effects of the dietary inclusion of partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal on the blood chemistry and tissue (spleen, liver, thymus, and bursa of fabricius) histology of muscovy ducks (*Cairina moschata domestica*). Animals (Basel). 9(6), 307.

Khuwijitjaru, P., K. Watsanit. and S. Adachi. 2012. Carbohydrate content and composition of product from subcritical water treatment of coconut meal. Ind. Eng. Chem. 18: 225-229.

Liu, X., X. Liu, Y. Yao, X. Qu, J. Chen, K. Xie, X. Wang, Y. Qi, B. Xiao. and C. He. 2021. Effects of different levels of *Hermetia illucens* larvae meal on performance, egg quality, yolk fatty acid composition and oxidative status of laying hens. Italian Journal of Animal Science, 20(1), 256–266.

Lohmann Brown classic Management Guide. 2011. http://www. specialisedbreeders.com.au/wp-content/uploads/2016/04/LTZManagement-Guide-LB-Classic-EN.pdf. Accessed 04/12/2016.

Marono, S., R. Loponte, P. Lombardi, G. Vassalotti, M. E. Pero, F. Russo, L. Gasco, G. Parisi, G. Piccolo, S. Nizza, C. Di Meo, Y. A. Attia. and F. Bovera. 2017. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. Poultry Science, 96(6), 1783–1790.

Maurer, V., M. Holinger, Z. Amsler, B. Früh, J. Wohlfahrt, A. Stamer. and F. Leiber. 2016. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. Journal of Insects as Food and Feed, 2(2), 83–90.

Moreno, J.A., J. Díaz-Gómez, C. Nogareda, E. Angulo, G. Sandmann, M. Portero-Otin, JCE. Serrano, RM. Twyman, T. Capell, C. Zhu. and P. Christou. 2016. The distribution of carotenoids in hens fed on biofortified maize is influenced by feed composition, absorption, resource allocation and storage. Scientific Reports 6, 35-46.

Mwaniki, Z., M. Neijat. and E. Kiarie. 2018. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn-soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from week 19 to 27 of age. Poultry Science, 97(8), 2829–2835.

Newton, L., S. Craig, D.W. Wes, B. Gary, and D. Robert. 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Journal Korean Entomology and Applied Science, 36(12).

Onsongo, V. O. 2018. Insects for income generation through animal feed:effect of dietary replacementof soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. Journal of economic entomology. 111(4):1966-1973

Oonincx, D.G.A.B., S. van Broekhoven, A. van Huis. and J.J.A. Van Loon. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS One. 10(12): https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601.

Rothman, J.M. 2014. Nutritional contributions of insects to primates diets: Implications for primate evolution. Journal of Human Evolution 71: 59-69.

Secci, G., F. Bovera, S. Nizza, N. Baronti, L. Gasco, G. Conte, A. Serra, A. Bonelli. and G. Parisi. (2018). Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. Animal, 12(10), 2191–2197.

Sypniewski, J., B. Kieronczyk, A. Benzertiha, Z. Miko łajczak, E. Pruszynska-Oszma łek, P. Kołodziejski, M. Sassek, M. Rawski, W. Czekała. and D. Jozefiak. 2020. Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. British Poultry Science. 61(3), 294–302.

United States Census Bureau. 2019. International Database. สืบค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2562. http://www.census.gov.

U.S. Department of Agriculture. 2019. Fooddata central search results. Retrieved 22 July 2019. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=ndbNumber:11477

Wachirasiri, P., S. JuLakarangka. and S. Wanlapa. 2009. The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fiber concentrate. Songklanakarin Journal of Science Technology, 31, 605-611.

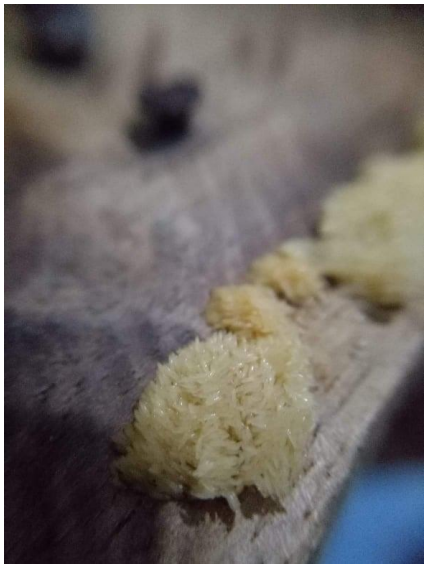
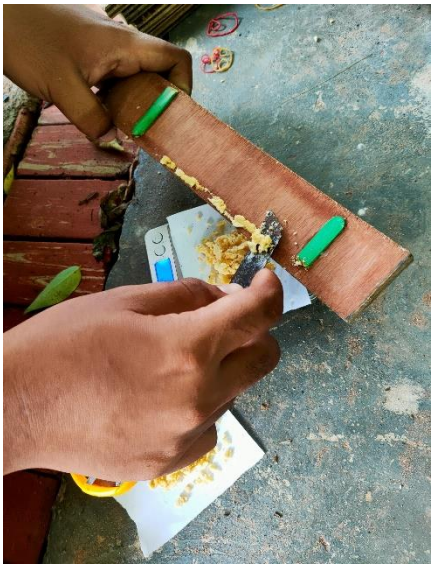
Yu, M., Z. Li, W. Chen, T. Rong, G. Wang. and X. Ma. 2019.*Hermetiaillucens* larvae as a potential dietary protein source altered the microbiota and modulated mucosal immune status in the colon of finishing pigs. Journal of Animal Science and Biotechnology 10: 50.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

การล่อตัวเต็มวัยเพื่อให้ได้ไข่มาใช้ในการทดลอง

ภาพผนวกที่ 1 คอนโดไม้สำหรับให้ตัวเต็มวัยวางไข่

ภาพผนวกที่ 2 การเก็บไข่หนอนแมลงวันดำ

ภาพผนวกที่ 3 อนุบาลหนอนแมลงวันดำ

ภาคผนวก

เพาะขยายหนอนแมลงวันดำสูตรที่ได้คัดเลือก

ภาพผนวกที่ 4 ผสมอาหารสูตรรำผสมขี้เคกปาล์มน้ำมันกล้วยและกากามะพร้าว

ภาพผนวกที่ 5 ชั้นวางถาดอาหารที่เลี้ยงหนอนแมลงวันดำ

ภาพผนวกที่ 6 อบแห้งด้วยตู้อบ Hot Air Oven รุ่น FD260 ยี่ห้อ Binder ภายใต้อุณหภูมิ 55-60 ทิ้งไว้ 1 วัน

ภาพผนวกที่ 7 เตรียมตัวอย่างสำหรับส่งวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ

ภาคผนวก

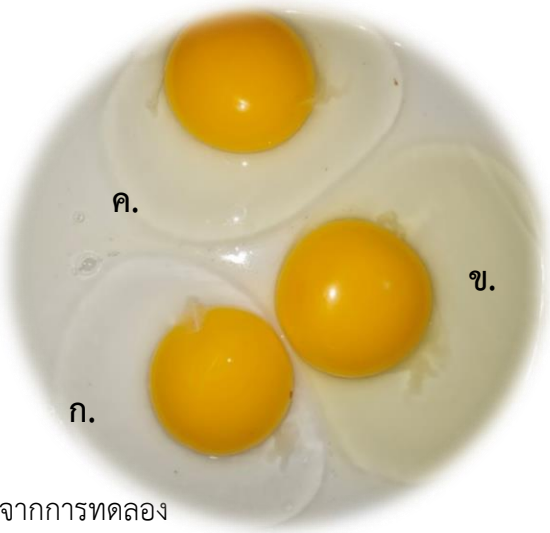
เตรียมอาหารในการทดลองไก่ไข่และวัดคุณภาพของไข่ไก่

ภาพผนวกที่ 8 ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบส่วนผสมและผสมอาหารไก่

ภาพผนวกที่ 9 ให้อาหารไก่ไข่

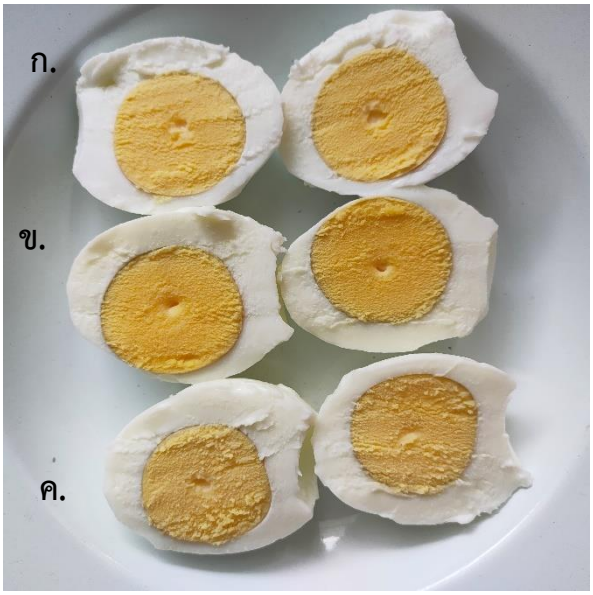
ภาพผนวกที่ 10 เก็บข้อมูลจำนวนไข่ที่ได้ต่อวันและน้ำหนักไข่ที่ได้

ภาพผนวกที่ 11 ตรวจสอบคุณภาพของไข่ไก่



ภาพผนวกที่ 12 ลักษณะไข่ไก่สดที่ได้จากการทดลอง

ก. กลุ่มควบคุม (ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร)
ข. กลุ่มที่ 2 ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร
ค. กลุ่มที่ 3 ใช้กากถั่วเหลือง + หนอนแมลงวันดำ



ภาพผนวกที่ 13 ลักษณะไข่ต้มที่ได้จากการทดลอง

ก. กลุ่มควบคุม (ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร)
ข. กลุ่มที่ 2 ใช้หนอนแมลงวันดำเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร
ค. กลุ่มที่ 3 ใช้กากถั่วเหลือง + หนอนแมลงวันดำ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นาย ชานุชาญ พันธุ์ทอง
รหัสประจำตัวนักศึกษา 6240320103
วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตทางพืช)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2562

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

- ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ 2564
- ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2564 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ชานุชาญ พันธุ์ทอง วิกันดา รัตนพันธ์ และเจษฎา รัตนวุฒิ. 2566. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันดำ *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) ที่เลี้ยงด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสำหรับการใช้เป็นโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์. วารสารผลิตกรรมการเกษตร: มหาวิทยาลัยแม่โจ้