การศึกษาสภาวะการเลี้ยงที่เหมาะสมในระดับอุตสาหกรรมและวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius)

STUDY ON INDUSTRIAL APPROPRIATE CULTURE CONDITIONS AND LIFE CYCLE OF SUPER WORM (*Zophobas morio* Fabricius)

พจมาน ล้อมวงค์

POTCHAMAN LOMWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-388

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON INDUSTRIAL APPROPRIATE CULTURE CONDITIONS AND LIFE CYCLE OF SUPER WORM (*Zophobas morio* Fabricius)

POTCHAMAN LOMWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023

KMITL-2023-AG-M-065-388

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสภาวะการเลี้ยงที่เหมาะสมในระดับอุตสาหกรรมและวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius)
นักศึกษา	นางสาวพจมาน ล้อมวงค์
รหัสประจำตัว	61640413
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. คำรณวิทย์ ทิพย์มณี

บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius) โดยใช้รำข้าวสาลี (CP00) ผสมกับสูตรอาหารโปรตีน (P18, P21, P24) ได้เป็นสูตรอาหาร CP18, CP21, CP24 ในอัตราส่วน 0:1,1:1,1:2 และ 2:1 พบว่าการใช้สูตรอาหาร CP18, CP21, CP24 ในอัตราส่วน 0:1 มีค่า Feed Conversion Ratio (FCR) เท่ากับ 5.40, 4.72 และ 4.70 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าการเลี้ยงด้วยสูตรชนิดอื่น (2.40-2.83) ส่วนเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วย สูตร CP00-1:0 มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด (76.0%) แต่ทั้งนี้การเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP21 และ CP24 ในอัตราส่วน 2:1 ก็มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตใกล้เคียงกัน (73.4-74.1%) และหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP24 ในอัตราส่วน 2:1 มีน้ำหนักและความยาวต่อตัวมากที่สุด (570.4 มิลลิกรัม, 4.64 เซนติเมตร) รองลงมาคือ สูตรอาหาร CP24 ในอัตราส่วน 1:1 (566.4 มิลลิกรัม, 4.64 เซนติเมตร) ส่วนหนอนที่มีน้ำหนักและความยาวต่อตัวน้อยที่สุดคือ การเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP18 ในอัตราส่วน 0:1 (237.1 มิลลิกรัม, 3.36 เซนติเมตร)

การศึกษารูปแบบการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ โดยใช้หนอนนกยักษ์อายุ 20 วัน เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี (CP00-10) สูตรอาหาร CP21 และ CP24 ในอัตรา 2:1 ในปริมาณอาหารที่แตกต่างกันตามช่วงอายุหนอน และเสริมด้วยฟักทอง เลี้ยงจนถึงอายุ 70 วัน พบว่าหนอนนกยักษ์อายุ 55 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP24-21-E, CP00-10-E, CP21-21-E (E คือปริมาณอาหาร 1,850 กรัม) มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงมาก โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 557.4, 555.5 และ 454.2 mg ตามลำดับ แต่เมื่อหนอนอายุได้ 70 วัน พบว่าเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP24-21-D, CP00-10-D, CP21-21-D (D คือปริมาณอาหาร 1,110 กรัม) หนอนมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไม่แตกต่างกันกับที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอาหาร CP24-21-E, CP00-10-E, CP21-21-E (738.4-767.9 มิลลิกรัม) ซึ่งทุกการทดลองมีอัตราการรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์มากกว่า 80% ขณะที่ค่า FCR ของหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วย CP21-21-E, CP24-21-E และ CP00-10-E มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.68, 2.64 และ 2.60 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของหนอนกยักษ์ในระยะต่าง ๆ โดยเลี้ยงหนอนนกยักษ์อายุ 25 วัน เลี้ยงจนถึงอายุ 70 วันด้วยรำข้าวสาลีเป็นอาหารหลัก และให้พืชอาหารเสริม ได้แก่ มันแกว ฟักทอง กล้วย แตงร้าน เปลือกแตงโม ฟัก ใบหม่อน แครรอท และกวางตุ้ง พบว่าการให้พืชอาหารเสริม ทำให้หนอนนกยักษ์มีน้ำหนักต่อตัวสูงกว่าการเลี้ยงโดยไม่ให้อาหารเสริม โดยแตงร้าน กล้วย กวางตุ้ง และฟัก มีน้ำหนักตัวหนอนที่สูงมาก (755.6-762.6 มิลลิกรัม) สูงกว่าการไม่ให้อาหารเสริม (701.5 มิลลิกรัม) และการให้พืชอาหารเสริมทุกชนิดพบว่าหนอนนกยักษ์มีอัตราการรอดชีวิต 80.1-98.7% สูงกว่าการไม่ให้พืชอาหารเสริม(73.1%) ส่วนในระยะดักแด้พบว่าการให้ฟักมีอัตราการเข้าดักแด้เร็วกว่าการให้พืชอาหารเสริมชนิดอื่น และการให้ใบหม่อนมีอัตราการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยสูงถึง 96% ในขณะที่การไม่ให้อาหารเสริมมีอัตราการรอดชีวิต 82 % และการให้ฟักทองเป็นอาหารเสริม และแยกตัวหนอนเมื่ออายุ 120 วัน เพื่อเตรียมเข้าดักแด้และออกเป็นตัวเต็มวัยพบว่าทำให้อัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียสูงถึง 1:9 เท่า

การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ รำข้าวสาลี อาหารไก่ และอาหารสูตร CP21 พบว่าการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ มี 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะก่อนเข้าดักแด้ ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย โดยระยะไข่จนถึงระยะเข้าดักแด้ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ระยะไข่มีระยะ 7.50 – 7.68 วัน ระยะหนอนมีทั้งหมด 13 วัย รวมระยะที่ 1-13 มีระยะ 141.20-150.97 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้มีระยะ 4.51-7.05 วัน ระยะดักแด้มีระยะ 7.17-7.80 วัน แต่ในระยะตัวเต็มวัยของเพศผู้ และเพศเมียมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยเพศผู้ที่กินรำข้าวสาลีมีระยะ72.25 วัน, หัวอาหารไก่ 67.90 วัน และสูตรอาหาร CP21 64.55 วัน และตัวเต็มวัยเพศเมียเลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี 80.20 วัน, หัวอาหารไก่ 77.40 วัน และสูตรอาหาร CP21 73.05 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Study on industrial appropriate culture conditions and life cycle of super worm (*Zophobas morio* Fabricius)
Student	Miss Potchaman Lomwong
Student ID	61604013
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kumronwit Tipmanee

ABSTRACT

The study on the optimal diet for super worm (*Zophobas morio* Fabricius) was studied by using wheat bran (CP00) mixed with protein diet (P18, P21, P24) as CP18, CP21, CP24 diet at the ratios of 0: 1,1:1,1:2 and 2:1 and showed that using formula CP18, CP21, CP24 in the ratio of 0:1 had feed conversion ratio (FCR) of 5.40, 4.72 and 4.70 respectively, which was higher than other formulas (with 2.40-2.83). The survival rate of super worm fed with CP00-1:0 formula had the highest survival rate (76.0%). However, the 2:1 ratio of CP21 and CP24 had similar survival percentages (73.4-74.1%). The larvae fed with CP24 at 2:1 were the largest (570.4 mg, 4.64 cm), followed by the 1:1 formula of CP24 (566.4 mg, 4.64 cm). Cultivation with CP18 at a ratio of 0:1 exhibited the lowest weight and long body (237.1mg, 3.36 cm).

Study of suitable feeding patterns for rearing super worm when 20 days old super worm fed with wheat bran (CP00-10) of CP21 and CP24 at 2:1ratio with different feed amounts according to the age of the worms and supplemented with pumpkin was performed. It was found that 55-days old super worm fed CP24-21-E, CP00-10-E, CP21-21-E (E= 1,850 g feeding) demonstrated very high growth rates. The average weights per worm were 557.4, 555.5 and 454.2 mg, respectively. However, when the worms were 70 days old, the worms with formulas CP24-21-D, CP00-10-D, CP21-21-D (D= 1,110 g feeding) showed non different body weight with formula CP24-21-E, CP00-10-E, CP21-21-E (738.4-767.9 mg), All treatments had survival rates of super worm with more than 80% while the FCR of super worm fed with CP21-21-E, CP24-21-E and CP00-10-E gave the highest values of 2.68, 2.64 and 2.60, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The effect of supplementation on the growth of super worm at different stages was studied by feeding super worm from 25 days old until 70 days of age with wheat bran as the main diet. The supplementary foods given were yam bean, pumpkin, banana, cucumber, watermelon rind, winter melon, mulberry leaf, carrot and cantonese. The average weight of super worm was higher than those of without supplementation. The cucumbers, bananas, cantonese and winter melon supplements presented very high larvae weights (755.6-762.6 mg) than those without supplementation (701.5 mg). The result revealed that larvae had a survival rate of 80.1-98.7% higher than without supplemental (73.1%). Giving mulberry leaf showed a survival rate of 96%, while without supplementation presented a survival rate of 82%. And giving pumpkin with separating the larvae at 120 days old in order to pupation developing to adults, induced a ratio of a male and female of 1:9.

The result of the life cycle of super worm reared with different food formulas as wheat bran, chicken feed and CP21 informed that there were 5 stage developments: egg, larva, prepupa, pupa and adult stages. From the egg until the pupa stages, there were no statistically different values among treatments. The egg stage took 7.50 – 7.68 days. The larva took 13 stages (141.20-150.97 days). The prepupa stage was 4.51-7.05 days and the pupa stage had 7.17-7.80 days. But the adult stage, male and female were statistically different in life span periods. The age of males fed wheat bran was 72.25 days, chicken feed=67.90 days and CP21=64.55 days. Whereas adult female fed with wheat bran=80.20 days, chicken feed=77.40 days and CP21=73.05 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ดร.จรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์เชี่ยวชาญ ประจำห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา ที่คอยดูแลให้คำปรึกษาชี้แนะตลอดจนการวางแผนการดำเนินงานในการทดลองและอำนวยความสะดวกในทุกเรื่องของการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัยให้ลุล่วงด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนและคอยให้กำลังใจในการเรียนและทำวิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้อง ๆ ในสาขาเกษตรศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ค่อยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์และให้กำลังใจต่อผู้วิจัยเสมอมา

คุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พจมาน ล้อมวงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญตาราง VIII
สารบัญภาพ IX
สารบัญภาคผนวก XI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แหล่งโปรตีนทดแทนสำหรับมนุษย์ 4
2.2 แหล่งโปรตีนทดแทนสำหรับสัตว์ 6
2.3 หนอนนกยักษ์ 9
2.4 พืชอาหารเสริมที่ใช้ในการทดลองกับหนอนนกยักษ์ 13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 22
3.1 อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย 22
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 24
3.3 การทดสอบสูตรอาหารหลัก และอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ 25
3.4 การศึกษาวงจรชีวิตหนอนนกยักษ์ 28
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 28
บทที่ 4 ผลการวิจัย 29
4.1 การทดสอบสูตรอาหารหลัก และอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ 29
4.2 การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญต่อ

หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 40
5.1 การทดสอบสูตรอาหารหลัก และอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ 40
5.2 การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ 41
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 42
6.1 สรุปผลการวิจัย 42
6.2 ข้อเสนอแนะ 44
บรรณานุกรม 45
ภาคผนวก 49
ประวัติผู้เขียน 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต น้ำหนักและความยาวตัวเฉลี่ย และค่า FCR ของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) อายุ 60 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ กัน ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน ถึงระยะ 60 วัน....29
ตารางที่ 4.2 สูตรอาหาร ปริมาณอาหาร ที่ใช้เลี้ยงหนอนนกยักษ์....30
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต น้ำหนักตัวเฉลี่ย และค่า FCR ของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) อายุ 55 และ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ กัน ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน....32
ตารางที่ 4.4 ระยะการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±2 %RH....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 วงจรชีวิตหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius).....9
2.2 ระยะไข่ของหนอนนกยักษ์.....10
2.3 ระยะหนอนของหนอนนกยักษ์.....10
2.4 ระยะก่อนเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์.....11
2.5 ระยะเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์.....11
2.6 ระยะตัวเต็มวัยเพศเมียของหนอนนกยักษ์.....12
2.7 มันแกว.....13
2.8 ฟักทอง.....14
2.9 กล้วยน้ำว้า.....15
2.10 แตงร้าน.....16
2.11 แตงโม.....17
2.12 ฟัก.....18
2.13 ใบหม่อน.....19
2.14 แครอท.....20
2.15 กวางตุ้ง.....21
3.1 ห้องเลี้ยงหนอนนกยักษ์ A: ระบบการเลี้ยงหนอน, B: ระบบแยกตัวหนอน, C: ระบบการเลี้ยงตัวเต็มวัย.....24
3.2 การศึกษาชนิดของอาหารเสริมที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงหนอนนกยักษ์.....26
3.3 การเลี้ยงหนอนนกยักษ์ในแก้วเลี้ยงเดี่ยว.....27
3.4 ตัวเต็มวัยหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius).....27
4.1 น้ำหนักหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไป (มิลลิกรัมต่อตัว) เมื่ออายุต่างๆ กัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00, CP21 และ CP24) ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน ถึงระยะ 70 วัน.....31
4.2. น้ำหนักหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อตัว) เมื่ออายุ 25-70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00=รำข้าวสาลี) ตั้งแต่หนอนอายุ 25 วัน ถึงระยะ 70 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจำกัดอาหาร 1,000 กรัม และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพต่อ

ภาพที่ **หน้า**

4.3. น้ำหนักหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อตัว) เมื่ออายุ 55, 60, 65 และ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00=รำข้าวสาลี) ตั้งแต่หนอนอายุ 25 วัน ถึงระยะ 70 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจำกัดอาหาร 1,000 กรัม และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ 34

4.4. เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เมื่ออายุ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00=รำข้าวสาลี) ตั้งแต่หนอนอายุ 25 วัน ถึงระยะ 70 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจำกัดอาหาร 1,000 กรัม และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ 34

4.5. เปอร์เซ็นต์การเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ 35

4.6. เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในวัย 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี 35

4.7. เปอร์เซ็นต์ของการเกิดเป็นเพศผู้เพศเมียและการตายของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในหนอนนกยักษ์อายุ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี 36

4.8. เปอร์เซ็นต์ของการเกิดเป็นเพศผู้เพศเมียและการตายของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในหนอนนกยักษ์อายุ 90 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี 37

4.9. เปอร์เซ็นต์ของการเกิดเป็นเพศผู้เพศเมียและการตายของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในหนอนนกยักษ์อายุ 120 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี 37

4.10 วงจรชีวิตหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP21 ในอัตราส่วน 2:1 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันการบริโภคอาหารประเภทโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เช่น หมู โค สัตว์ปีก และสัตว์น้ำมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับสารเคมี และสารพิษชนิดต่าง ๆ ปนเปื้อนเข้าไปด้วย เช่น สารเร่งเนื้อแดง ฮอร์โมน ฟอร์มารีน ยาปฏิชีวนะ เป็นต้น ดังนั้นแมลงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการบริโภคอาหารประเภทโปรตีน (สุปาณี, 2550) กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ศึกษาแมลงชนิดที่นิยมบริโภค คือ จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ดักแด้ไหม ตั๊กแตนปาทังก้า ตัวอ่อนของต่อ แมลงกินูน และหนอนไม้ไผ่ พบว่า แมลงหนัก 100 กรัม จะมีพลังงาน 98-231 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 9-28 กรัม ซึ่งโปรตีน ในแมลงทุกชนิดมีปริมาณเทียบเท่าเนื้อหมู เนื้อไก่ ปลาทูนึ่งและไข่ไก่ในขนาดน้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้ แมลงยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นทองแดง ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส ซีลีเนียม และสังกะสีด้วย (นันทกานต์, 2557)

แมลง เป็นสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนรวดเร็วในธรรมชาติ สามารถแพร่ขยายพันธุ์ไปตามที่ต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยลักษณะพิเศษ เช่น โครงสร้างที่มีขนาดเล็ก ความต้องการอาหารในปริมาณน้อย สามารถหลบภัยและอาศัยในถิ่นที่อยู่ได้ทุกประเภท มนุษย์ใช้ประโยชน์จากแมลงหลายด้าน เช่น ช่วยในการย่อยสลายหรือสร้างสมดุลของดิน การผสมเกสร การเป็นตัวห้ำหรือตัวเบียน การนำผลผลิตของแมลงมาใช้ประโยชน์ และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ พบแมลงมากกว่า 1,700 ชนิด ทั่วโลกที่สามารถบริโภคเป็นอาหารได้ พบแมลงที่เป็นอาหารได้ในทวีปเอเชียประมาณ 350 ชนิด (Ramos-Elorduy, 2005) ประเทศไทยมีแมลงที่มีคุณค่าทางอาหารอย่างน้อย และสามารถบริโภคได้มากกว่า 190 ชนิด (นันทกานต์, 2557) ในตลาดปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 20-30 ชนิด

นอกจากแมลงจะเป็นอาหารของมนุษย์แล้ว ปัจจุบันมีรายงานการเพาะเลี้ยงแมลงเพื่อทดแทนโปรตีนจากอาหารสัตว์อีกด้วย โดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ร่วมกับสำนักคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2556) ได้แนะนำวิธีการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันเพื่อทดแทนโปรตีนจากอาหารสัตว์ปีกและสัตว์ทั่วไป เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยหนอนแมลงวัน มีโปรตีน 45% ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าปลาป่น (55%) แต่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ระดับโปรตีน 44% ซึ่งปัจจุบันโลกมีความต้องการอาหารประเภทโปรตีนที่มีความยั่งยืนมากขึ้น ซึ่งแมลงก็เป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากมีโภชนาการสูง สามารถผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณโดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากสัตว์ประเภทอื่น และสามารถเพาะเลี้ยงจาก organic waste ได้ เช่น เศษผัก มูลสัตว์ จึงเป็นการลด waste ไปในตัว และ waste ที่เหลือก็ใช้เป็นปุ๋ยได้ (ธงชัย, 2556) ทั้งนี้องค์การอาหารและเกษตรกรรมของสหประชาชาติ ประเมินว่า เกษตรกรต้องเพิ่มการผลิตอาหารอีก 70% ในอีก 40 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างหน้า เพื่อให้สามารถสนองความต้องการด้านอาหารสัตว์ของโลก ซึ่งปลาป่นและถั่วเหลือง เป็นอาหารประเภทโปรตีนที่มักใช้ในการเลี้ยงสัตว์อย่างเช่น ไก่ และสุกร แต่ปัจจุบันอาหารทั้งสองตัวมีราคาแพงขึ้น เพราะปลามีน้อยลง ปัจจุบันมีบริษัทในแอฟริกาใต้ ได้ใช้วิธีเปลี่ยนขยะของเสียมาเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์เลี้ยง โดยความสำคัญของกระบวนการนี้ คือ แมลงวัน (คม ชัด ลึก, 2554) การใช้ประโยชน์จากแมลงเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับการบริโภคของมนุษย์ และเป็นอาหารสัตว์นอกจากจิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ดักแด้ไหม ตั๊กแตนปาทังก้า และหนอนไม้ไผ่แล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาแมลงชนิดอื่นเพิ่มเติม เพื่อเป็นทางเลือกของแหล่งโปรตีนมากขึ้น ภายใต้แมลงชนิดที่มนุษย์ และสัตว์สามารถบริโภคและเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ โดยหนอนนกยักษ์ (*Zophobas Morio* Fabricius) เป็นแมลงที่อยู่ในวงศ์ Tenebrionidae. อันดับ Coleoptera เป็นแมลงที่น่าสนใจในการนำมาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่มีราคาสูง สำหรับเป็นอาหารสัตว์น้ำ และสัตว์เลี้ยงโดยทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยหนอนหนึ่งตัว มีโปรตีน 17.4% สามารถเลี้ยงง่าย สะดวกต่อการจัดการ ทำให้มนุษย์นำมาเพาะเลี้ยงและใช้เป็นอาหารสัตว์ที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร ได้แก่ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ฟันแทะ นก เป็นต้น (กรสิริ และคณะ, 2554)

อย่างไรก็ตามการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม และตารางชีวิตของหนอนนกยักษ์ ภายใต้การเลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่าง ๆ เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องศึกษา เพื่อประโยชน์ในการจัดการระบบการเลี้ยงที่ได้มาตรฐาน และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลี้ยงสู่อุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรอาหาร และรูปแบบการเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์

1.2.2 เพื่อศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ เมื่อให้อาหารหลักและอาหารเสริมที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ โดยทำการคัดเลือกสูตรอาหารหลักและสูตรอาหารเสริมของหนอนนกยักษ์ โดยอาหารเสริมคัดเลือกจากพืชที่หาง่าย มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ประกอบด้วย มันแกว ฟักทอง กล้วย แตงร้าน เปลือกแตงโม ฟัก ใบหม่อน แครอท และกวางตุ้ง ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ โดยทำการศึกษาวงจรชีวิตพร้อมทั้งหารูปแบบการเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ โดยมีแนวทางในการคัดเลือกจากการศึกษาผลงานวิจัยและเอกสารทางวิชาการที่มีการนำพืชอาหารมาใช้ทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนนกยักษ์ สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomize design) และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบว่าสูตรอาหารหลัก และปริมาณที่เหมาะสม สำหรับการเลี้ยงหนอนนกยักษ์

1.4.2 ได้ทราบว่าพืชอาหารเสริมชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหนอนนกยักษ์

1.4.3 ได้ทราบวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งโปรตีนทดแทนสำหรับมนุษย์

ประเทศไทยมีแมลงที่มีคุณค่าทางอาหารและสามารถบริโภคได้ มากกว่า 190 ชนิด (นันทกานต์, 2557) ในตลาดปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 20-30 ชนิด แมลงเป็นสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในธรรมชาติ สามารถแพร่ขยายพันธุ์ไปตามที่ต่างๆ ได้ โดยอาศัยลักษณะพิเศษ เช่นโครงสร้างที่มีขนาดเล็ก ความต้องการอาหารในปริมาณน้อย สามารถหลบภัยและอาศัยในถิ่นที่อยู่ได้ทุกประเภท มนุษย์ใช้ประโยชน์จากแมลงหลายด้าน เช่น ช่วยในการย่อยสลายหรือสร้างสมดุลย์ของดิน การผสมเกสร การเป็นตัวห้ำหรือตัวเบียน การนำผลผลิตของแมลงมาใช้ประโยชน์ และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ พบแมลงมากกว่า 1,700 ชนิด ทั่วโลกที่สามารถบริโภคเป็นอาหารได้ พบแมลงที่กินได้ในทวีปเอเชียประมาณ 350 ชนิด (Ramos-Elorduy, 2005) จากรายงานของ นันทกานต์ (2557) พบว่าแมลงเป็นแหล่งโปรตีนเสริมอาหารให้กับเด็กที่เป็นโรคขาดโปรตีน โดยชนพื้นเมืองอัฟริการับประทานมด ปลวก หนอนด้วง หนอนผีเสื้อ และตั๊กแตนเป็นอาหารหลัก ประเทศแม็กซิโกนำหนอนผีเสื้อมาผลิตเป็นอาหารกระป๋อง ประเทศญี่ปุ่นนำดักแดหนอนไหมมาใช้เป็นอาหารและส่งออก ขณะที่ชาวบ้านทางตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทยก็นิยมบริโภคแมลงเป็นอาหาร ซึ่งการศึกษาของ ยุพา และคณะ (2544) พบว่าแมลงกินได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีมากกว่า 30 ชนิด

ในปัจจุบันการบริโภคอาหารประเภทโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เช่น หมู โค สัตว์ปีก และสัตว์น้ำมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับสารเคมี และสารพิษชนิดต่างๆ ปนเปื้อนเข้าไปด้วย เช่น สารเร่งเนื้อแดง ฮอร์โมน ฟอร์มาลีน ยาปฏิชีวนะ เป็นต้น ดังนั้นแมลงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการบริโภคอาหารประเภทโปรตีน (สุปาณี, 2550) กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ศึกษาแมลงชนิดที่นิยมบริโภค คือจิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ดักแด้ไหม ตั๊กแตนปาทังก้า ตัวอ่อนของต่อ แมลงนูน และหนอนไม้ไผ่ พบว่า แมลงหนัก 100 กรัม จะมีพลังงาน 98-231 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 9-28 กรัม ไขมัน 2-20 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1–5 กรัม ซึ่งโปรตีนในแมลงทุกชนิดมีปริมาณเทียบเท่าเนื้อหมู เนื้อไก่ ปลาทูนึ่งและไข่ไก่ในขนาดน้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้ แมลงยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นทองแดง ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส ซีลีเนียม และสังกะสีด้วย (นันทกานต์, 2557) แมลงแต่ละชนิดจะให้คุณค่าทางอาหารต่างกัน โดยมีปริมาณโปรตีน ประมาณ 40-70% (Ramos-Elorduy, 2005) อุไรวรรณ และคณะ (2542) รายงานว่าดักแด้ไหม มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 60-62% และมีไขมัน 15-18% โดยน้ำมันดักแด้ไหมจะมีกรดไขมัน ไม่อิ่มตัวสูงถึง 67.30 % โดยประกอบด้วยกรดไลโนเนอิค (linoneic acid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนบางชนิด ช่วยให้กล้ามเนื้อเรียบหดตัว ควบคุมการหลั่งน้ำย่อยของตับอ่อน และควบคุมความดันโลหิตและกรดไลโนเลนิค (linolenic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างการเจริญเติบโต ขณะที่ จิตเกษม (2544) วิเคราะห์แมลงกินได้ในภาคใต้ตอนบน พบว่า จักจั่นให้โปรตีนสูงสุด ด้วงงวงมะพร้าวให้ไขมันสูงสุด และผึ้งมิ้มให้พลังงานสูงสุด ส่วนทัศนีย์ (2555) รายงานว่าแมลงเม่า *Macrotermes subhyalinus* และหนอนด้วงงวง *Rhynchophorus phoenicis* ให้พลังงาน 613 และ 561 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม หนอนด้วงงวงและหนอนผีเสื้อยักษ์ *Usta Terpsichore* มีสังกะสี ไทอามีน และไรโบฟลาวินสูง หนอนผีเสื้อยักษ์มีธาตุเหล็กสูงด้วย

นอกจากการแมลงจะเป็นอาหารของมนุษย์แล้ว ปัจจุบันมีรายงานการเพาะเลี้ยงแมลงเพื่อทดแทนโปรตีนจากอาหารสัตว์อีกด้วย โดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ร่วมกับสำนักคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2556) ได้แนะนำวิธีการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันเพื่อทดแทนโปรตีนจากอาหารสัตว์ปีกและสัตว์ทั่วไป เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยหนอนแมลงวันประกอบด้วย โปรตีน 45% ไขมัน 15% เยื่อใย 6% เถ้า 16% ความชื้น 8% และพลังงาน 5,128 แกลอรีต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าปลาป่น (55%) แต่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ระดับโปรตีน 44% ซึ่งปัจจุบันโลกมีความต้องการอาหารประเภทโปรตีนที่มีความยั่งยืนมากขึ้น ซึ่งแมลงก็เป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากมีโภชนาการสูง สามารถผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณโดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำเมื่อเทียบกับโปรตีนจากสัตว์ประเภทอื่น และสามารถเพาะเลี้ยงจาก organic waste ได้ เช่น เศษผัก มูลสัตว์ จึงเป็นการลด waste ไปในตัว และ waste ที่เหลือก็ใช้เป็นปุ๋ยได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน EU ห้ามการใช้แมลงเป็นอาหารสัตว์ ยกเว้นเป็นอาหารปลา ขณะที่ PROteINSECT ซึ่งเป็นโครงการที่ได้เงินสนับสนุนจาก EU ร่วมกับองค์กรภายใน EU จีน และแอฟริกา ได้เสนอให้ EU แก้ไขกฎระเบียบเพื่อให้แมลงเป็นอาหารสัตว์ได้ (ธงชัย, 2556) องค์การอาหารและเกษตรกรรมของสหประชาชาติ ประเมินว่า เกษตรกรต้องเพิ่มการผลิตอาหารอีก 70% ในอีก 40 ปีข้างหน้า เพื่อให้สามารถสนองความต้องการด้านอาหารสัตว์ของโลก ซึ่งปลาป่นและถั่วเหลือง เป็นอาหารประเภทโปรตีนที่มักใช้ในการเลี้ยงสัตว์อย่างเช่น ไก่และสุกร แต่ปัจจุบันอาหารทั้งสองตัวมีราคาแพงขึ้น เพราะปลามีน้อยลง เช่นเดียวกับพื้นที่เพาะปลูกและน้ำ ปัจจุบันมีบริษัทในแอฟริกาใต้ ได้ใช้วิธีเปลี่ยนขยะของเสียมาเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์เลี้ยง โดยกุญแจสำคัญของกระบวนการนี้ คือ แมลงวัน (คม ชัด ลึก, 2554)

อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากแมลงเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับอาหารสัตว์นั้น นอกจากหนอนแมลงวันแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาแมลงชนิดอื่นเพิ่มเติม เพื่อเป็นทางเลือกของแหล่งโปรตีนมากขึ้น ภายใต้แมลงชนิดของแมลงที่มนุษย์สามารถบริโภคและเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ เช่น จิ้งหรีด หนอนด้วงงวงมะพร้าว หนอนนกยักษ์ และดักแด้หนอนไหม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แหล่งโปรตีนทดแทนสำหรับสัตว์

หนอนแมลงวันสามารถทดแทนโปรตีนจากอาหารสัตว์ได้โดยศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันปรากฏว่าเป็นอาหารที่มีระดับ โภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับโภชนาการของปลาป่นอัดน้ำมัน และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอท่าใหม่จังหวัดจันทบุรี, 2556) ซึ่งวัตถุดิบแหล่งโปรตีนมี 2 ประเภท คือ แหล่งโปรตีนจากพืช และแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ซึ่งแมลงเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ที่สำคัญอีกทางหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนแหล่งวัตถุดิบโปรตีนที่มีราคาสูงได้ เช่น แมลงวัน จิ้งหรีด หนอนไหม และหนอนนก เป็นต้น (สมหมาย และอัจฉรี, 2558; Bovera et.al., 2016) ดังนั้นจึงได้มีนักวิจัยศึกษาวิจัยใช้อาหารชนิดต่างๆ มาเสริมโปรตีนและจากการวิจัยในการทดสอบประสิทธิภาพของหนอนนกยักษ์ได้มีรายงานไว้ดังนี้ Nederlof et.al. (2017) รายงานการศึกษาการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ด้วยสาหร่ายนอร์เวย์ (*Ascophyllum nodosum*) พบว่าระดับโปรตีนของหนอนนกยักษ์ที่ให้อาหารด้วยสาหร่ายนอเวย์สามารถทดแทนปลาป่นได้ นอกจากนี้ Abd Rahman Jabir et.al. (2012) รายงานการศึกษาการประเมินเพื่อหาผลของการทดแทนอาหารปลา (FM) ในอาหารสำหรับปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ได้รับอาหารที่มีสูตรอาหารโปรตีน isonitrogeneous 5 ชนิด มีค่าน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะอัตราการแลกเนื้อที่ดีขึ้นและอัตราส่วนโปรตีนที่ดีขึ้น KÖse and Ozturk (2017) รายงานว่าหนอนนกยักษ์อุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นและแหล่งโปรตีนสูงสามารถใช้เป็นโปรตีนทดแทนได้ จากการศึกษาของ Meng et.al. (2017) รายงานการศึกษาการสกัดโปรตีนของหนอนนกยักษ์โดยใช้วิธีการ Saline (NaCl) จากหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนสูงสุด (49.20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ Abd Rahman Jabir et.al. (2012a) รายงานการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยอาหารของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) พบว่าหนอนนกยักษ์มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า (42.83%) เมื่อเทียบกับปลาป่น (52.64%)

Henry et.al. (2015) ได้รวบรวมผลการศึกษาการใช้แมลง 11 ชนิด ในการทำอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าหนอนนกยักษ์เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลและปลาดุก มีโปรตีน 30-35% ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารปลาในสูตรปกติ สอดคล้องกับ Williams et.al. (2016) ที่ได้ศึกษาแมลงที่มีความสำคัญในการเป็นแหล่งอาหารสำหรับคน และสัตว์เลี้ยง และได้มีการศึกษาวิเคราะห์สารอาหารในแมลงหลายชนิด พบว่าสารอาหารในแมลงมีความแตกต่างกัน และยังพบว่าหนอนนกยักษ์ มีโปรตีนสูงถึง 46.8% ไขมัน 42.0% ไฟเบอร์ 6.3% อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำหนอนนกยักษ์ มาพัฒนาให้เป็นแหล่งโปรตีนอาหารทางเลือกสำหรับสัตว์ ดังนี้ คือ Abd Rahman Jabir et.al. (2012) ได้ศึกษาการให้อาหารปลานิลที่ทำจากหนอนนกยักษ์ โดยที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 5.57 ± 0.15 กรัม เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีโปรตีนแตกต่างกัน 5 สูตร ประกอบด้วย 0, 25, 50, 75 และ 100% (อาหารสูตรที่1-5 ตามลำดับ) หลังจากให้อาหารปลานิลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาที่ให้อาหาร สูตรที่ 2 และ สูตรที่ 3 มีค่าน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการการแลกเนื้อ และอัตราส่วนโปรตีนที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น แต่พบว่าการให้อาหารทุกสูตรสามารถทำให้ปลามีอัตราการรอดชีวิตถึง 100% ส่วนปลาที่ให้อาหารสูตรที่ 5 มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ ส่วนในเรื่องความชื้น, โปรตีน, ไขมันและเถ้าในองค์ประกอบของปลา ผลการทดลองชี้ชัดว่าสามารถเปลี่ยนมาใช้อาหารปลาจากหนอนนกยักษ์ทดแทนการใช้ปลาป่นได้ โดยไม่มีผลเสียต่ออาหาร,ส่วนประกอบในปลา การเพิ่มน้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโต และในปีเดียวกัน Abd Rahman Jabir et.al. (2012a) ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องขององค์ประกอบเคมี และสารอาหารของหนอนนกยักษ์ในการเลี้ยงปลานิลแดง เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปลาป่น พบว่าอาหารจากหนอนนกยักษ์มีโปรตีนเท่ากับ 42.83 % ซึ่งน้อยกว่าปลาป่นที่มีโปรตีน 52.64% ทั้งนี้เนื่องมาจากหนอนนกยักษ์มีไขมันสูงถึง 40.01% ทำให้คุณภาพโปรตีนลดลง และกรดอะมิโนต่าง ๆ ของหนอนนกยักษ์น้อยกว่า เมื่อเทียบกับปลาป่น แต่หนอนนกยักษ์มีอาร์จีนีนและกลูตามิค สูงกว่าปลาป่น แต่อย่างไรก็ตามอาหารจากหนอนนกยักษ์สามารถนำมาทดแทนอาหารจากปลาป่นได้ Nederlof et.al. (2017) ได้ศึกษาความเหมาะสมของหนอนนกยักษ์เพื่อเป็นอาหารโปรตีนทดแทนสำหรับอาหารปลา โดยการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ด้วยสาหร่าย kelp และข้าวโอ๊ต แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบโปรตีนและกรดอะมิโนของสารอาหารที่อยู่ในตัวหนอนนกยักษ์ พบว่าหนอนนกที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 ชนิด มีองค์ประกอบโปรตีนและกรดอะมิโนไม่แตกต่างกัน และเมื่อทดลองนำหนอนนกยักษ์ดังกล่าวมาทำเป็นอาหารปลา สำหรับเลี้ยงปลานิล และปลาแซลมอน เปรียบเทียบกับอาหารปลาทั่วไป พบว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย kelp และข้าวโอ๊ต สามารถนำมาใช้แทนที่ปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำได้ ในปี 2016 Islam and Yang ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของอาหารสัตว์ที่ทำจากหนอนนกยักษ์ และหนอนนก ซึ่งพบว่ามีโปรตีน 27.15% และ 27.26% มีไฟเบอร์ 9.52% และ 12.71% ตามลำดับ และนำมาทำอาหารทดลองสำหรับเลี้ยงไก่ พบว่าอาหารที่ผสมกับหนอนนกยักษ์ และหนอนนก ส่งผลให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า การให้อาหารกลุ่ม control และเมื่อนำเนื้อไก่มาทดสอบหาเชื้อ Salmonella and E. coli ไม่พบว่ามีเชื้อที่เป็นอันตรายต่อการบริโภคของมนุษย์

สำหรับงานทดลองในประเทศไทย ในปี 2550 นฤมล ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงหนอนนกเชิงอุตสาหกรรม สามารถเลี้ยงได้ในสภาวะโรงเรือนปกติ ที่ไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิเนื่องจากหนอนนกสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ง่าย และควรเลี้ยงในภาชนะพลาสติก ให้อาหารทดลองในรูปแบบอาหารสำเร็จรูป โดยเฉพาะ หัวอาหารไก่เล็ก สำหรับอาหารเสริม ที่ควรเลือกใช้คือ ผักบุ้ง จึงจะส่งผลให้ธุรกิจการเพาะเลี้ยงหนอนนกประสบความสำเร็จมากขึ้น ต่อมา ณันญรัตน์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาผลของการเสริมหนอนนกต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุน และผลตอบแทนของการเลี้ยงเม่นแคระ โดยใช้เม่นแคระอายุ 4 สัปดาห์ เพศผู้ จำนวน 24 ตัว และเพศเมีย จำนวน 24 ตัว แบ่ง ออกเป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารทางการค้า (อาหารสูตรควบคุม) กลุ่มที่ 2 ได้รับหนอนนก กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนอนนก อัตราส่วน 50:50 และกลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนก อัตราส่วน 25:75 ผลการทดลองพบว่า เม่นแคระที่ได้รับอาหารทางการค้า และเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีผลทำให้อายุการเป็นสัดครั้งแรก จำนวนลูกแรกคลอด น้ำหนักลูกแรกคลอด จำนวนลูกมีชีวิตที่อายุ 1 สัปดาห์ และน้ำหนักลูกมีชีวิตที่อายุ 1 สัปดาห์ ดีกว่าเม่นแคระกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและกลุ่มที่ได้รับหนอนนก ($P<0.05$) จากผลของการเสริมหนอนนกทำให้เม่นแคระมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ ดีกว่านั้น ส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนจากการผลิตเม่นแคระสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและกลุ่มที่ได้รับหนอนนก โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 จะได้รับผลตอบแทนจากการผลิตเม่น แคระสูงที่สุด ในปี 2558 วัชรวิทย์ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอาหารหลักของการเลี้ยงหนอนนก (*Tenebrio molitor*) 4 ชนิด ได้แก่ หัวอาหารไก่เล็ก รำข้าวสาลี กากถั่วเหลืองผสมปลาป่น และแป้งมันสำปะหลัง พบว่าหัวอาหารไก่เล็ก มีผลการเลี้ยงดีที่สุด รองลงมาคือรำข้าวสาลี กากถั่วเหลืองผสมปลาป่น และแป้งมันสำประหลังตามลำดับซึ่งจากรายงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีแหล่งโปรตีนเป็นปัจจัยสำคัญ ในการเลี้ยงหนอนแต่อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี ซึ่งเป็นพืชอาหารหลักของหนอนนกก็ยังเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงการปรับปรุงสูตรสำหรับเลี้ยงหนอนนก และในปี 2561 สายชล และคณะได้ทำการศึกษาการใช้หนอนนกป่น (*Tenebrio molitor*) ที่ระดับร้อยละ 0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ใน สตูรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น โดยใช้นกกระทาเพศเมียอายุ 7 สัปดาห์ จำนวน 40 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 2 ตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ค่าสมรรถภาพการผลิตไข่ และค่าคุณภาพไข่ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกค่าที่ศึกษา สรุปได้ว่าสามารถใช้หนอนนกป่นที่ระดับร้อยละ 2 ในสูตรอาหารนกกระทาระยะไข่ โดยมีผลทำให้สมรรถนะการผลิตไข่และคุณภาพไข่ดีที่สุด ในส่วนของ FCR และ การผลผลิตไข่ โดยที่ต้นทุน ค่าอาหาร (บาทต่อฟอง) ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากอาหารควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หนอนนกยักษ์

ชื่อสามัญ: Super worm

ชื่ออื่น: Giant worm

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Zophobas morio* Fabricius

ชื่ออันดับ: Coleoptera

ชื่อวงศ์: Tenebrionidae

หนอนนกยักษ์เป็นแมลงที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยหนอนหนึ่งตัว มีโปรตีน 17.4% (USDA, 2008) สามารถเลี้ยงง่าย สะดวกต่อการจัดการ ทำให้มนุษย์นำมาเพาะเลี้ยงและใช้เป็นอาหารสัตว์ที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร ได้แก่ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ฟันแทะ นก เป็นต้น (กรสิริ และคณะ, 2554) หนอนนกยักษ์สามารถเพาะเลี้ยงได้โดยใช้รำแป้งข้าวสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง อยู่ในอันดับเดียวกันกับแมลง อยู่ในวงศ์ของแมลงปีกแข็งกลุ่มเดียวกับมอด หนอนนกมีการเจริญเติบโต 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ตัวเต็มวัยวางไข่สีขาวขุ่น กลมรี ผิวเรียบ ติดอยู่ตามพื้น มีเศษอาหารปกคลุม อายุไข่ประมาณ 8 วัน จะเริ่มฟักเป็นตัวอ่อน ในระยะนี้ตัวอ่อนจะลอกคราบ 13 ครั้ง เมื่อลอกคราบใหม่ๆ จะมีสีขาว แล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล ตัวอ่อนมีอายุประมาณ 140-145 วัน โดยระยะตัวหนอนสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ตั้งแต่อายุ 30 วัน เป็นต้นไป หลังจากหนอนลอกคราบครั้งสุดท้าย จะกลายเป็นดักแด้สีขาว ซึ่งจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ดักแด้มีอายุ 13-15 วัน ตัวเต็มวัยเมื่อออกจากดักแด้ จะมีปีกสีขาว แล้วเปลี่ยนเป็นสีดำ เริ่มผสมพันธุ์เมื่ออายุ 5-7 วัน หลังจากนั้น 2-4 วัน ก็จะเริ่มวางไข่ ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 60-90 วัน เมื่อหนอนนกโตเต็มวัย สามารถแยกเพศโดยสังเกตว่าตัวผู้จะมีขนาดเล็กกว่าตัวเมียเล็กน้อย และเมื่อใช้มือบีบบริเวณก้นองตัวผู้จะเห็นติ่งแหลม 2 อัน (ภาพที่ 2.1) (อภินันท์, 2543; โสภณ, 2556)

ภาพที่ 2.1 วงจรชีวิตหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ แบงเป็น 5 ระยะ ดังนี้

1. ระยะไข่ ลักษณะไข่ของหนอนนกยักษ์มีสีขาว รูปร่างกลมรี มีขนาดเล็ก ผิวเป็นมันและมีความหนึบเหนียว (ภาพที่ 2.2) เวลาวางไข่ตัวเมียจะแหวกอาหารลงไปไข่ไว้ที่ก้นภาชนะ เมื่อเทอาหารออกจึงจะเห็นไข่ที่ติดอยู่กับภาชนะที่เลี้ยง การฟักตัวออกจากไข่จนเป็นตัวอ่อนใช้เวลา 7.50±1.06 วัน ทั้งนี้ไข่จะฟักช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศด้วย ถ้าเป็นฤดูหนาวไข่อาจฟักออกเป็นตัวช้ากว่าในฤดูร้อน

ภาพที่ 2.2 ระยะไข่ของหนอนนกยักษ์

2. ระยะตัวหนอน (ภาพที่ 2.3) เมื่อฟักออกจากไข่ใหม่ๆ มีขนาดเล็กมาก มีความยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ลำตัวหนอนจะมีสีขาวใส แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากนั้นก็จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนตามลำดับ ถ้ามองผ่านกล้องสเตอริโอจะมองเห็นเส้นข้างลำตัวสีน้ำตาล และบนเส้นข้างลำตัวมีรูหายใจปล้องละ 1 รู ตัวหนอนจะเจริญเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ และมีการลอกคราบประมาณ 13 ครั้ง เมื่อโตเต็มที่มีความยาวประมาณ 3.36 - 4.64 เซนติเมตร มีจำนวน 12 ปล้อง ปล้องสุดท้าย มีขนาดเล็กที่สุด ลำตัวเรียวยาวคล้ายทรงกระบอก ขาสั้น ใช้ระยะเวลา 128.90±18.52 วัน ก็จะกลายเป็นดักแด้

ภาพที่ 2.3 ระยะหนอนของหนอนนกยักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระยะก่อนเข้าดักแด้ หนอนจะไม่กินอาหาร อยู่นิ่งๆ ไม่ขยับตัว ลำตัวจะหดสั้นลง แล้วจะค่อยๆ ขดตัวเป็นวงกลมหรือท่ารูปตัวซี ลำตัวจะมีสีน้ำตาลอมเหลือง (ภาพที่ 2.4) ในระยะนี้ใช้เวลา 5.02±2.56 วัน ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะดักแด้ต่อไป

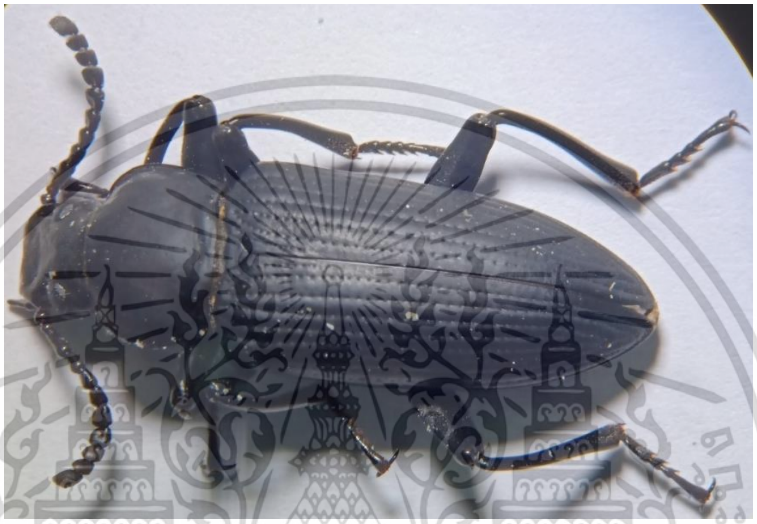
ภาพที่ 2.4 ระยะก่อนเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์

4. ระยะดักแด้ เมื่อเข้าสู่ระยะดักแด้ บริเวณหัวจะค่อนข้างโตแล้วค่อยๆ เรียวเล็กลงไปทางด้านหาง เมื่อเข้าดักแด้ใหม่ๆ ตัวเป็นสีขาว ลำตัวเหยียดตรง หลังจากนั้นก็เริ่มงอตัวทางด้านท้องแล้วเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลอ่อน จนกระทั่งเข้มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนหัวพับเข้าหาส่วนนอก ส่วนปีกพับลงไปอยู่ระหว่างขาเดินคู่ที่ 2 และ 3 จะนอนนิ่งไม่เคลื่อนไหว (ภาพที่ 2.5) นอกจากมีสิ่งรบกวนอาจมีการเคลื่อนที่ได้บ้างเล็กน้อย ระยะนี้ตัวอ่อนจะมีเปลือกอ่อนนุ่มแต่ในช่วงท้ายจะแข็ง มีขาจริง 3 คู่ ลำตัวเป็นปล้อง ระยะดักแด้ใชเวลา 7.17±1.29 วัน ก่อนที่จะเป็นตัวโตเต็มวัย

ภาพที่ 2.5 ระยะเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระยะตัวเต็มวัย หลังจากที่ตัวหนอนเข้าดักแด้แล้ว 7.17±1.29 วัน จะมีการลอกคราบอีกครั้งเพื่อออกมาเป็นตัวเต็มวัย โดยจะดันตัวออกมาทางส่วนหัวก่อน ตัวเต็มวัยที่ออกมาจากดักแด้ใหม่ๆ มีลำตัวสีขาว ส่วนหัว ขา และหนวด มีสีน้ำตาลเข้ม นัยนตามีสีดำ หลังจากนั้นส่วนต่างๆ ก็จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นจนกระทั่งกลายเป็นสีดำในที่สุด (ภาพที่ 2.6) เมื่อเข้าสู่วงจรของการเป็นแมลง ตัวเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้ ตัวเต็มวัยลำตัวจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นสีดำมันวาว มีปีกแข็งหุ้มลำตัวอยู่ด้านนอก



ภาพที่ 2.6 ระยะตัวเต็มวัยเพศเมียของหนอนนกยักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พืชอาหารเสริมที่ใช้ในการทดลองกับหนอนนกยักษ์

2.2.1 มันแกว

ชื่อสามัญ: Yam bean , Jicama

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.

ชื่อวงศ์: Fabaceae หรือ Leguminosae

ลักษณะทั่วไป

เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศเม็กซิโกและประเทศในแถบอเมริกากลาง โดยจัดเป็นพืชในตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง ลำต้นมีขน เป็นไม้เถาเลื้อย ทอดเลื้อยไปตามพื้นดิน ลำต้นอาจยาวได้ถึง 5.5 เมตร ต้นไม่แตกแขนง โคนต้นเนื้อแข็ง มีหัวใต้ดินเป็นรากสะสมอาหาร หัวมีลักษณะอวบและมีขนาดใหญ่ ขนาดจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ที่ปลูก หัวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ในหนึ่งต้นจะมีหัวเพียงหัวเดียว ลักษณะของหัวอาจจะเป็นหัวเรียบ ๆ หรือเป็นพู ส่วนมากจะเป็นหัวแบบมี 4 พู เนื้อในหัวเป็นสีขาวนวล (ภาพที่ 2.7) มีเส้นใยอาหารมาก มีรสชาติกรอบหวานมัน ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนระบายน้ำดี ใต้ร่มต้นไม้ใหญ่ พบได้ทุกภาคของประเทศไทย

การใช้ประโยชน์

มันแกวอุดมไปด้วยกรดโฟลิก ที่มีส่วนช่วยควบคุมไม่ให้หลอดเลือดหัวใจตีบ ช่วยทำให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจได้ดีขึ้น จึงช่วยป้องกันโรคหัวใจได้ รสหวานจากมันแกวมาจากอินูลิน (Inulin) ซึ่งเป็นน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส (Oligofructose) ซึ่งร่างกายไม่สามารถเผาผลาญได้ มันจึงเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน ใบมีสรรพคุณใช้ในการรักษาโรคผิวหนังกลากเกลื้อนและยาถ่ายพยาธิ (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2530)

ภาพที่ 2.7 มันแกว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ฟักทอง

ชื่อสามัญ: Pumpkin

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cucurbita moschata* Decne.

ชื่อวงศ์: Cucurbitaceae

ลักษณะทั่วไป

ไม้เลื้อยล้มลุก อายุปีเดียว ยาว 3-10 เมตร ลำต้นมีขนนุ่ม ปกคลุม ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่กว้างหรือรูปไตแกมรูปโล่ กว้าง 10-35 เซนติเมตร ยาว 7-35 เซนติเมตร ขอบใบหยักเว้าเป็น 5-7 แฉก ผิวใบด้านล่างมีขนสีขาว ดอกเดี่ยว ออกที่ซอกใบ แยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูประฆังสีเหลือง หรือสีเหลืองแกมส้ม ผลสดรูปกลมแป้น (ภาพที่ 2.8) เนื้อในสีเหลืองหรือส้ม เมล็ดมีจำนวนมากอยู่ระหว่างเนื้อฟูๆ ตรงกลางของผล ลักษณะแบน ขอบแข็งเป็นสัน

การใช้ประโยชน์

สรรพคุณทางด้านสมุนไพรไทยของฟักทอง สามารถใช้ประโยชน์ ทั้ง ใบ ดอก เมล็ด ราก และผล มีรายละเอียดดังนี้ ใบของฟักทองวิตามินซีสูงเหมือนเนื้อฟักทอง นอกจากวิตามินซีแล้ว ยังมีฟอสฟอรัสสูง ดอกของฟักทองมีวิตามินเอ แคลเซียม ฟอสฟอรัสสูง และวิตามินซีเล็กน้อย เมล็ดฟักทองมีคาร์โบไฮเดรต ฟอสฟอรัส โปรตีน และวิตามิน มีสารคิวเคอร์บิตาซิน (Cucurbitacin) สามารถกำจัดพยาธิตัวตืดช่วยขับปัสสาวะป้องกันการเกิดนิ่วและป้องกันมะเร็งกระเพาะปัสสาวะเมล็ดดอกฟักทองสามารถสกัดน้ำมันได้สรรพคุณช่วยบำรุงประสาทป้องกันโรคต่อมลูกหมากช่วยปรับระดับฮอร์โมนเพศชาย รากฟักทองนำมาต้มใช้ดื่มแก้ไอยังช่วยบำรุงร่างกาย ผลฟักทองมีไขมันน้อยจึงเหมาะแก่คนที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ฟักทองยังมีกากใยอาหารมากช่วยระบบขับถ่ายมีคาร์โบไฮเดรตสูงช่วยรักษาและบรรเทาอาการแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ ฟักทองมีคอลลาเจนตามธรรมชาติจะช่วยทำให้ผิวพรรณผ่องใส ผลของฟักทองยังสามารถช่วยบรรเทาอาการหอบหืดที่เกิดจากหลอดลมอักเสบ เปลือกของผลฟักทอง ควบคุมระดับน้ำตาลในร่างกาย รักษาโรคเบาหวานได้ ควบคุมความดันโลหิต บำรุงตับ บำรุงไต บำรุงดวงตา และสร้างเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์เก่าที่เสื่อมสภาพได้อีกด้วย (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2530)

ภาพที่ 2.8 ฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กล้วยน้ำว้า

ชื่อสามัญ: Banana

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Musa acuminata × Musa balbisiana* 'Pisang Awak'

ชื่อวงศ์: Musaceae

ลักษณะทั่วไป

ไม้ล้มลุก สูง 2-4.5 เมตร มีลำต้นใต้ดิน ลำต้นเหนือดินเกิดจากกาบใบหุ้มซ้อนกันใบเดี่ยวเรียงสลับซ้อนกันรอบต้นที่ปลายยอดรูปขอบขนาน กว้าง 25-40 เซนติเมตร ยาว 1-2 เมตร ผิวใบเรียบมัน ท้องใบสีอ่อนกว่ามีนวลดอกช่อเรียกว่า หัวปลีออกที่ปลายยอด ใบประดับหุ้มช่อดอกสีแดงหรือม่วงกลีบดอกสีขาว (ภาพที่ 2.9)

การใช้ประโยชน์

รักษาอาการท้องเสียและบิด โดยกินครั้งละครึ่งหรือหนึ่งผล มีรายงานว่า มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารของหนูขาวที่ถูกกระตุ้นด้วยยาแอสไพริน เชื่อว่าฤทธิ์ดังกล่าวเกิดจากการถูกกระตุ้นผนังกระเพาะอาหารให้หลั่งสารเมือกออกมามากขึ้น (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2530)

ภาพที่ 2.9 กล้วยน้ำว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 แตงร้าน

ชื่อสามัญ: cucumber

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cucumis sativus* L.

ชื่อวงศ์: Cucurbitaceae

ลักษณะทั่วไป

เป็นแตงกวาชนิดหนึ่ง เป็นไม้เลื้อย มีอายุสั้น มีลำต้นเดี่ยว ลำต้นมีลักษณะกลมๆ ลำต้นเป็นเถาเลื้อย เถาแข็งและเหนียว มีสีเขียว ใบมีลักษณะรูปสามเหลี่ยมยาว สีเขียว ดอกมีสีเหลือง ผลมีลักษณะทรงกลม ทรงกระบอก เรียวยาว (ภาพที่ 2.10) ผลอ่อนมีหนามสั้นๆ ผลมีสีเขียวเข้ม มีใส้ภายในผลอ่อนนุ่มลื่นคล้ายเจล มีเมล็ดเรียงกันอยู่ เนื้อแน่นฉ่ำน้ำ มีรสชาติกรอบอร่อย มีกลิ่นเฉพาะตัว ผลมีขนาดใหญ่ยาวกว่า แตงกวาพันธุ์พื้นเมืองของไทย ใช้รับประทานเมื่อยังอ่อน มีปลูกหลายสายพันธุ์

การใช้ประโยชน์

ช่วยลดอุณหภูมิในร่างกายแตงร้านมีฤทธิ์เย็น เป็นยาระบายความร้อน ลดพิษไข้ แก้ไข้ตัวร้อน รักษาอาการไอ ขับเสมหะคออักเสบแก้กระหายน้ำ แก้ร้อนใน บรรเทาอาการกระสับกระส่าย และช่วยระบายของเสียออกจากร่างกาย ดูแลสุขภาพผิวภายในแตงร้านมีวิตามินมากมาย และเป็นแหล่งสำคัญของซิลิกา ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการบำรุงและดูแลผิวให้มีสุขภาพดีมากยิ่งขึ้น โดยจะเริ่มตั้งแต่การดูแลจากเส้นเอ็น กระดูกอ่อนกล้ามเนื้อและที่สำคัญซิลิกาจะทำให้มีผิวที่สดใสรวมถึงภายในแตงร้านมีส่วนประกอบของน้ำปริมาณมาก ก็จะทำให้ผิวชุ่มชื้นมากยิ่งขึ้น โดยยังช่วยลดอาการ อักเสบจากผิวไหม้แดดได้ดี นอกจากนี้ยังมีการประกอบไปด้วยกรดแอสคอร์บิค ดังนั้นจึงสามารถที่จะลดความเสี่ยงจากการสูญเสียน้ำจากผิวไปได้ ดีต่อระบบขับถ่าย แตงร้านนอกจากจะมีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำแล้วภายในแตงร้านก็ยังมีส่วนประกอบของไฟเบอร์เพราะฉะนั้นเมื่อทานแตงร้านก็เหมือนกับเป็นการเพิ่มไฟเบอร์เข้าสู่ร่างกายไปในตัว ทำให้การขับถ่ายดีขึ้นและสามารถดึงเอาของเสียออกมาได้มากยิ่งขึ้น (ศริษฐ์สพล, 2559)

ภาพที่ 2.10 แตงร้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 แตงโม

ชื่อสามัญ: Watermelon

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Citrullus lanatus*

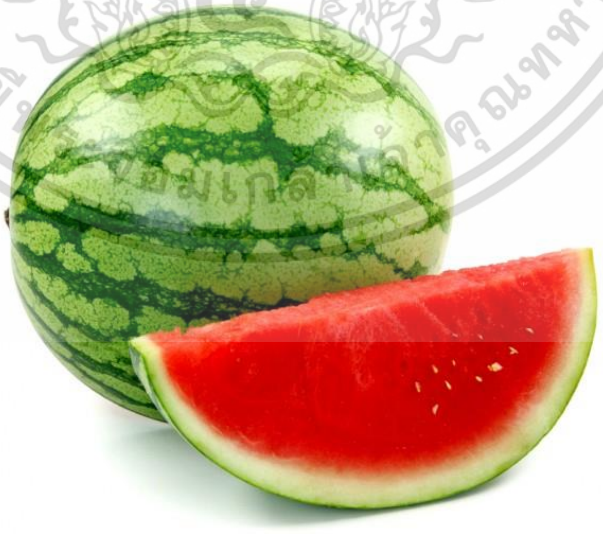
ชื่อวงศ์: Cucurbitaceae

ลักษณะทั่วไป

เป็นผลไม้ที่มีน้ำประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก และหวานมากแต่มีน้ำตาลน้อยกว่าผลไม้บางชนิด เนื่องจากน้ำตาลในผลคือน้ำตาลกลูโคส แตงโมเป็นพืชในวงศ์เดียวกับแคนตาลูปและฟัก เป็นพืชล้มลุก เป็นเถา อายุสั้น เถาจะเลื้อยไปตามพื้นดิน มีขนอ่อนปกคลุม ผลมีทั้งทรงกลมและทรงกระบอก เปลือกแข็ง มีทั้งสีเขียวและสีเหลือง บางพันธุ์มีลวดลายบนเปลือก ในเนื้อมีเมล็ดสีดำแทรกอยู่ (ภาพที่ 2.11)

การใช้ประโยชน์

แตงโมเป็นผลไม้ที่มีคุณสมบัติเย็น จะช่วยลดอาการปวด ไข้ คอแห้ง บรรเทาแผลในปาก เปลือกแตงโมนำไปต้มเดือด แล้วเติมน้ำตาลทราย ดื่มเพื่อป้องกันเจ็บคอ กินเป็นผลไม้สด ทำเป็นน้ำผลไม้ เปลือกหรือผลอ่อนใช้ทำอาหาร เช่น แกงส้ม แตงโมที่นิยมปลูกโดยทั่วไปมี 3 พันธุ์ คือพันธุ์ธรรมดา มีเมล็ดขนาดเล็ก รสหวาน แบ่งย่อยได้อีกหลายพันธุ์ เช่น แตงโมจินตหรา ผลยาวรี เปลือกเขียวเข้ม มีลาย เนื้อสีแดง แตงโมตอร์ปิโด ลูกรีกว่าพันธุ์จินตหรา แตงโมกินรี ผลกลม เนื้อแดง แตงโมน้ำผึ้ง ผลกลม เนื้อเหลือง แตงโมไดอานา เปลือกเหลือง เนื้อสีแดง แตงโมจิ๋ว ผลขนาดเท่ากำปั้น เนื้อเหลือง เป็นต้น พันธุ์ไม่มีเมล็ด เป็นพันธุ์ผสมเพื่อใช้ในการส่งออก ไม่มีเมล็ดแก่สีดำภายในและพันธุ์กินเมล็ด ปลูกเพื่อนำเมล็ดมาคั่ว พันธุ์นี้มีเนื้อมาก (มานิต, 2553)



ภาพที่ 2.11 แตงโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ฟัก

ชื่อสามัญ: Winter melon

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Benincasa hispida*

ชื่อวงศ์: Cucurbitaceae

ลักษณะทั่วไป

ฟักเขียวเป็นพืชอายุสั้น มีลำต้นสีเขียวมีขนขึ้นปกคลุมอยู่ทั่วลำต้น แตกกิ่งก้านสาขามากมาย ใบมีลักษณะเป็นหยักคล้ายฝ่ามือขอบใบแยกออกเป็น 5–7 แฉก ปลายแฉกแหลมใบหยาบเรียงสลับกันตามข้อต้น ใบกว้างประมาณ 5–15 เซนติเมตร มีขนปกคลุม ก้านใบยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มีดอกเดี่ยว (Solitary Flower) สีเหลือง ดอกเพศผู้มีลักษณะเป็นหลอดยาว 5–10 เซนติเมตร ปลายดอกแยกออกเป็น 5 กลีบ มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ ส่วนดอกเพศเมียก้านดอกจะสั้นกว่าดอกเพศผู้ ปลายดอกแยกออกเป็น 3 แฉก มีรังไข่อยู่ภายในดอก ผลมีลักษณะเป็นรูปกลมยาวกว้างประมาณ 20–30 เซนติเมตร ยาว 30–60 เซนติเมตร เปลือกแข็งสีเขียวเนื้อในสีขาว (ภาพที่ 2.12) เนื้อแน่น ฉ่ำน้ำ มีเมล็ดอยู่ภายในจำนวนมากสีขาวออกเหลือง

การใช้ประโยชน์

ใบ แก้ฟกช้ำ แก้พิษผื้งต่อย ช่วยรักษาบาดแผล แก้โรคบิดแก้ร้อนในกระหายน้ำ แก้บวมอักเสบมีหนอง ผล ขับปัสสาวะ ขับเสมหะ แก้ไอ แก้ธาตุพิการแก้โลหิตเป็นพิษบวมน้ำหลอดลมอักเสบ เมล็ด ลดไข้ แก้ริดสีดวงทวาร แก้โรคทางเดินปัสสาวะ แก้ไตอักเสบ บำรุงผิว ละลายเสมหะ ราก แก้ไข้ แก้กระหายน้ำ ถอนพิษ เถาสด รสขมเย็น ใช้รักษาริดสีดวงทวาร มีไข้สูง เปลือก บำบัดอาการบวมน้ำ ขับปัสสาวะ แก้ท้องเสีย แผลบวมอักเสบมีหนอง (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2530)

ภาพที่ 2.12 ฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ใบหม่อน

ชื่อสามัญ: Mulberry tree, White Mulberry

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Morus sp.*

ชื่อวงศ์: Moraceae

ลักษณะทั่วไป

หม่อน เป็นไม้พุ่มขนาดย่อม เปลือกต้นสีน้ำตาลแดง ใบเดี่ยวออกสลับสีเขียวเข้ม รูปหัวใจขอบจัก ฟันเลื่อย ผิวสาก สีเขียวเข้ม เส้นใบตามยาว 3 เส้น ดอกเล็ก ๆ กลม เป็นช่อแท่งกลมเล็ก ๆ ดอกตัวผู้และตัวเมียแยกกัน ดอกย่อยมี 4 กลีบ ออกตามซอกใบที่ปลายกิ่ง ยาวราว 1 นิ้ว ผลเป็นผลรวมออกเป็นพวงวงกลมเล็กเมื่อสุกมีสีม่วงแดงถึงดำผลกลมเล็ก ๆ เมื่อสุกสีน้ำตาลดำเป็นพวง (ภาพที่ 2.13)เป็นพืชอาหารตามธรรมชาติของหนอนไหม คุณภาพของรังไหมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของใบหม่อนที่ตัวไหมกินเข้า ไป ต้นหม่อนสามารถเจริญเติบโตได้ดี ตั้งแต่เขตอบอุ่นถึงเขตร้อน

การใช้ประโยชน์

ผลหม่อน เป็นผลหม่อนมีลักษณะสีแดง สีม่วงแดง และสุกจัดจะออกสีม่วงดำหรือสีดำ พบสารในกลุ่ม anthocyanin ที่มีฤทธิ์ต่อต้านอาการขาดเลือดในสมอง ต่อต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นยังพบวิตามินซี ในปริมาณสูง ช่วยป้องกันเลือดออกตามไรฟันอีกด้วย

ใบหม่อน (ต้มน้ำหรือใบแห้งชงเป็นชาดื่ม) ช่วยในการผ่อนคลาย, แก้ร้อนใน กระหายน้ำ, ช่วยลดไข้หวัด และอาการปวดหัว, ต้านอนุมูลอิสระ ลดการเสื่อมสภาพของเซลล์, ช่วยลดน้ำตาลในเลือด และช่วยทุเลาอาการจากโรคเบาหวาน, ลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด, ป้องกันโรคหัวใจ และหลอดเลือด, ช่วยลดความดันเลือด และต้านแบคทีเรีย ช่วยแก้อาการท้องเสีย (นิจศิริ และธวัชชัย, 2547)

ภาพที่ 2.13 ใบหมอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 แครอท

ชื่อสามัญ: Carrot

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Daucus carota* L.

ชื่อวงศ์: Umbelliferae

ลักษณะทั่วไป

แครอทเป็นไม้ล้มลุก อายุ 1 - 2 ปี ลำต้นจะยืดตัว สร้างก้านดอกยาว 2-4 ฟุต บนยอดมีช่อดอกหัวเป็นสีส้ม และมีสารแคโรทีนอยู่เป็นจำนวนมาก รากยาวเรียว ใบมีลักษณะเป็นฝอย แครอท เป็นพืชกินหัวชนิดหนึ่ง มีลักษณะยาว (ภาพที่ 2.14) หัวแครอทมีหลายสี เช่น เหลือง ม่วง ส้ม แต่ที่นิยมรับประทานในปัจจุบันคือสีส้ม เป็นพืชแถบเอเชียตะวันออกและเอเชียกลาง มีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กเท่าแท่งดินสอ หรือที่เรียกว่าเบบี้แครอท ไปจนถึง ขนาดใหญ่

การใช้ประโยชน์

สารเบต้าแคโรทีนที่ช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเซลล์ของมะเร็ง ต่อต้านการเกิดเซลล์มะเร็งได้เป็นอย่างดี โดยจะช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคมะเร็งในปอดได้ ซึ่งคนที่กินผักที่มีเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุด จะเสี่ยงต่อมะเร็งในปอดมากเป็นเจ็ดเท่าของคนที่กินมากที่สุด นอกจากนั้นแล้วก็ยังช่วยให้ตับขับสารพิษออกจากร่างกายได้ดี และยังมีแคลเซียมเพคเตทที่ช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอล ลดการเกิดโรคหัวใจและภาวะหัวใจล้มเหลว นอกจากนั้นในแครอทยังมีวิตามินเอสูง ช่วยบำรุงและลดการเสื่อมของตา มีสารต่างๆ ที่เป็นทั้งเกลือแร่และวิตามินอีกมากมาย เช่น ธาตุแคลเซียม มีฟอสฟอรัส เหล็ก มีวิตามินเอ บี1 บี2 และวิตามินซี อีกทั้งยังช่วยบำรุงเซลล์ผิวหนังและเส้นผมให้มีสุขภาพดี หัวแครอทมีวิตามินเอสูง ใช้รับประทานเพื่อบำรุงสายตา แก้โรคตาฟาง ใช้เป็นยาขับปัสสาวะเนื่องจากมีปริมาณเกลือโปแทสเซียมสูง และยังสามารถใช้เป็นยาขับพยาธิไส้เดือนได้ (ดนัย, 2543)

ภาพที่ 2.14 แครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.9 กวางตุ้ง

ชื่อสามัญ: Cantonese

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Brassica chinensis* var. parachinensis

ชื่อวงศ์: Cruciferae

ลักษณะทั่วไป

ผักกวางตุ้ง (False Pak Choi) เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก อยู่ในตระกูลกะหล่ำและผักกาด มีก้านใบยาว ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่ฐานลำต้น มีก้านใบหนาและยาวอวบน้ำ มีสีเขียวอ่อน หรือสีขาวตามสายพันธุ์ ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ มีลักษณะทรงกลมรี ใบกว้างใหญ่ ผิวใบบางเรียบ ใบมีสีเขียว (ภาพที่ 2.15) ดอกออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกใหญ่ยาว มีแขนงก้านย่อยมาก มีดอกย่อยออกที่ปลายยอด ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลืองสด

การใช้ประโยชน์

มีแคลเซียม มีเส้นใย มีวิตามินซี มีโพแทสเซียม มีวิตามินเอ มีฟอสฟอรัส มีเหล็ก มีวิตามินบี1 มีวิตามินบี2 มีวิตามินบี3 มีเบตาแคโรทีน มีคาร์โบไฮเดรต มีโปรตีน มีไขมัน มีแมกนีเซียม ป้องกันโรคมะเร็ง ป้องกันโรคกล้ามเนื้อเสื่อม รักษาอาการปวดตามข้อ ป้องกันโรคเลือดหัวใจตีบ ระบบขับถ่าย แก้ท้องผูก บำรุงกระดูก บำรุงฟัน บำรุงเลือด เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน บำรุงสายตา บำรุงผิวพรรณและรักษาอาการตะคริว (Santisuk and Larsen, 1997)

ภาพที่ 2.15 กวางตุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การเพาะเลี้ยงแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง

1. หนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius).
2. รำข้าวสาลี
3. ถาดเพาะเลี้ยง

3.1.2 สูตรอาหารหลัก

1. สูตรอาหาร CP00 (รำข้าวสาลี)
2. สูตรอาหาร CK00 (หัวอาหารไก่)
3. สูตรอาหาร CP18 (โปรตีน 18 %)
4. สูตรอาหาร CP21 (โปรตีน 21 %)
5. สูตรอาหาร CP24 (โปรตีน 24 %)

3.1.3 พืชอาหารเสริม

1. มันแกว
2. ฟักทอง
3. กล้วยน้ำว้า
4. แตงร้าน
5. แตงโม
6. ฟัก
7. ใบหม่อน
8. แครอท
9. กวางตุ้ง

3.1.4 การทดสอบสูตรอาหารหลัก อาหารเสริม และวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์

1. ตัวเต็มวัยของหนอนนกยักษ์
2. ระยะไข่ของหนอนนกยักษ์
3. ระยะตัวหนอนของหนอนนกยักษ์
4. ระยะก่อนเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

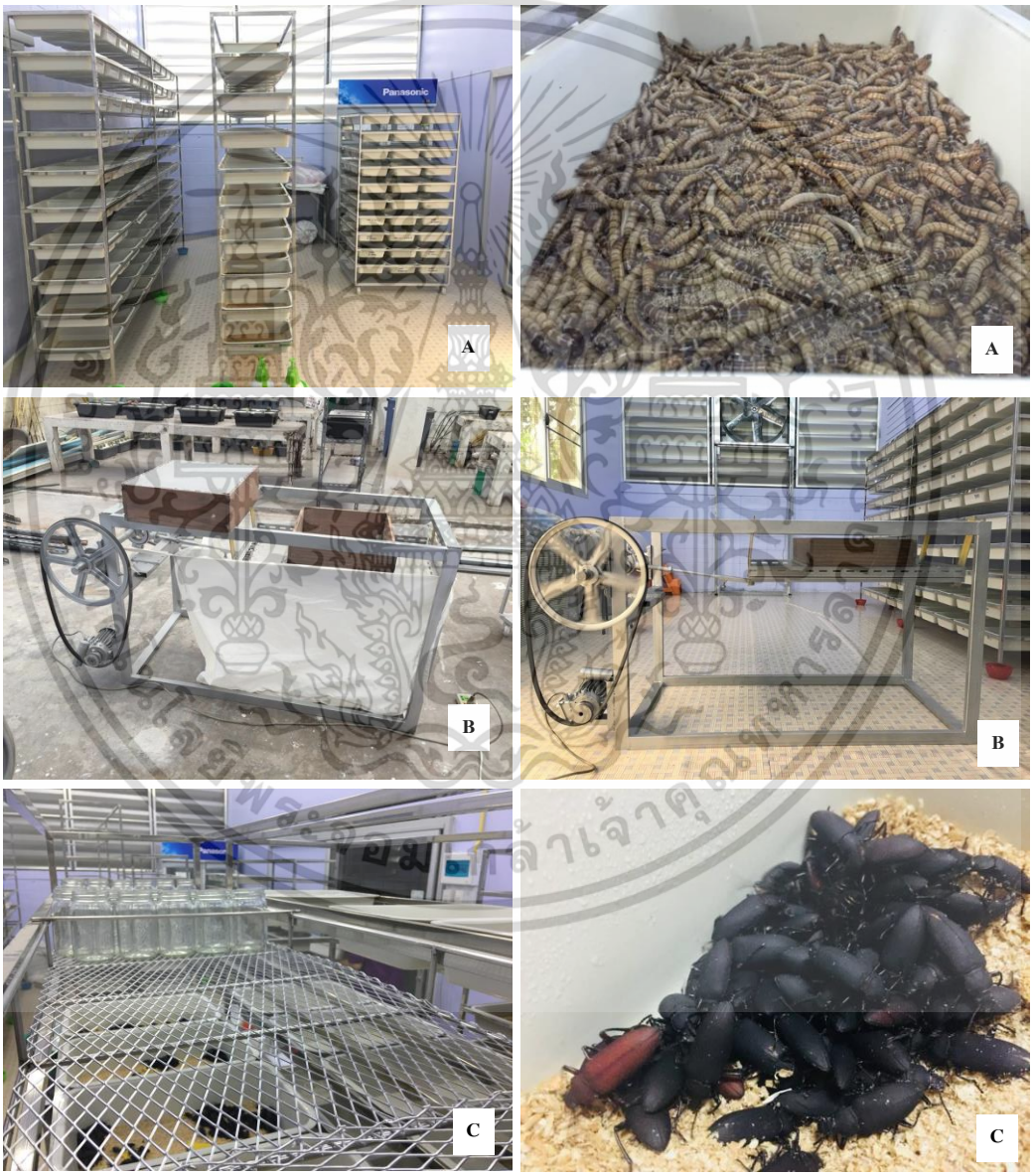
5. ระยะดักแด้ของหนอนนกยักษ์
6. กล้องสเตอริโอไมโครสโคป
7. ถาดเพาะเลี้ยง
8. ถาดอาหาร
9. กระชอนแยกหนอน
10. ชั้นสำหรับวางถาดเลี้ยงหนอนนก
11. แก้วพลาสติก 6 ออนซ์
12. ขวดแก้ว
13. ถังพ่นน้ำ
14. เทอร์โทมิเตอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น
15. Foggy sprayer
16. พืชอาหารเสริม 9 ชนิด
17. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
18. สำลี
19. กระดาษขาว
20. กระดาษดำ
21. มีด เขียง ช้อน
22. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สมุด ดินสอ ปากกา ไม้บรรทัด
23. พัดลม
24. พัดลมระบายอากาศ
25. ตะกร้าพลาสติก
26. ถ้วยรองขาตู้
27. ตู้เย็น
28. เครื่องร่อนมูลหนอนนกยักษ์
29. บันไดอะลูมิเนียม
30. ป้ายชื่อกระดาษ
31. ปากคีบ (forceps)
32. กล่องพลาสติกเลี้ยงแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การเพาะหนอนนกยักษ์

การเตรียมแมลงเพื่อทำการทดสอบ นำหนอนนกยักษ์จากฟาร์มเพาะเลี้ยงของเกษตรกรในพื้นที่เขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร นำมาทำการเพาะเลี้ยงต่อทำพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ เพื่อเพิ่มปริมาณ โดยตัวหนอนนกยักษ์จากฟาร์มมีอายุ 60-70 วัน เลี้ยงต่อด้วยรำข้าวสาลี ในถาดพลาสติกขนาด 28 X 42 X 9.5 เซนติเมตร จากนั้นทำการแยกตัวหนอนใส่แก้วพลาสติก เพื่อให้ตัวหนอนเข้าดักแด้ และลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ทำการผสมพันธุ์ วางไข่ และฟักเป็นตัวหนอน นำตัวอ่อนในรุ่นต่อไปที่มีอายุ 20 วัน ไปใช้ในการทดลอง (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 ห้องเลี้ยงหนอนนกยักษ์ A: ระบบการเลี้ยงหนอน, B: ระบบแยกตัวหนอน, C: ระบบการเลี้ยงตัวเต็มวัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมอาหาร

ทำการคัดเลือกสูตรอาหารของหนอนนกยักษ์ โดยดัดแปลงจากรายงานของ อภินันท์ (2543) และ โสภณ (2556) โดยมีรำข้าวสาลี เป็นกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบกับสูตรอาหารอื่น ทำการเลี้ยงกับหนอนนกยักษ์ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

3.2.2.1 การศึกษาสูตรอาหารหลักที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobus morio*) ประกอบด้วยสูตรอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ (P) 18, 21 และ 24% (P18, P21 และ P24 ตามลำดับ) และสูตรที่มีการผสมระหว่าง P และ รำข้าวสาลี (C) ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 มีวิธีการเลี้ยงคือนำหนอนนกยักษ์อายุ 20 วัน (น้ำหนักเฉลี่ย 46.39 มิลลิกรัมต่อตัว) แบ่งใส่ถาดเลี้ยงขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 28 x 42 x 9.5 เซนติเมตร ถาดละ 100 กรัม จากนั้นใส่อาหารสูตรต่างๆ โดยให้อาหารทุกๆ 7 วัน ในปริมาณที่เพียงพอ ให้ความชื้นโดยวิธีการสเปรย์น้ำ วันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 และ 16.00 น. ทำการศึกษา ณ ห้องเลี้ยงแมลง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประกอบด้วยระบบถ่ายเทอากาศ ระบบการจัดการแยกหนอน และระบบการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์

3.2.2.3 การเตรียมอาหารเสริมของหนอนนกยักษ์ 9 ชนิด ได้แก่ มันแกว ฟักทอง กล้วย แตงร้าน เปลือกแตงโม ฟัก ใบหม่อน แครอท กวางตุ้ง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าก่อนนำมาให้แมลง สำหรับมันแกว, กล้วย และฟัก นำมาปอกเปลือก ฝานเป็นชิ้นขนาดพอดี ฟักทอง, แตงร้าน, เปลือกแตงโม และแครอท ไม่ต้องปอกเปลือกฝานใส่ถาดเลี้ยงได้เลย ใบหม่อนและกวางตุ้งใช้มีดหั่นเป็นชิ้นหยาบๆ ใส่ตามปริมาณเท่ากับสูตรอาหาร

3.3 การทดสอบสูตรอาหารหลัก และอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 การทดสอบสูตรอาหารหลัก

การทดสอบสูตรอาหารต่าง ๆ โดยสูตรอาหารประกอบด้วย CP00-00 = รำข้าวสาลี : P18 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 18%) = 1:0, CP18-0:1, CP18-1:1, CP18-1:2, CP18-2:1 = รำข้าวสาลี : P18 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 18%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ, CP21-0;1, CP21-1:1, CP21-1:2, CP21-2:1 = รำข้าวสาลี : P21 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 21%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ, และ CP24-0:1, CP24-1:1, CP24-1:2, CP24-2:1 = รำข้าวสาลี : P24 (สูตรอาหาร KMITL ที่มีโปรตีน 24%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ นำหนอนนกยักษ์อายุ 20 วัน แบ่งใส่ถาดเลี้ยง ถาดละ 100 กรัม จากนั้นใส่อาหารสูตรต่างๆ โดยให้อาหารทุกๆ 7 วัน ให้ความชื้นโดยวิธีการสเปรย์น้ำ วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 16.00 น. ทำการศึกษา ณ ห้องเลี้ยงแมลง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการเก็บบันทึกผลการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์และส่วนของอาหารที่เหลือเมื่ออายุ 60 วัน เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาปริมาณสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์

โดยใช้สูตรอาหารทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ CP21 (ในอัตราส่วน 2:1), CP24 (ในอัตราส่วน 2:1) และ CP00 (ในอัตราส่วน 1:0) ในปริมาณ 555, 740, 925, 1,110 และ 1,850 กรัม เริ่มต้นจากหนอนอายุ 20 วัน น้ำหนักรวม 50 กรัมต่อถาด ให้อาหารทุกๆ 5 วัน ให้ความชื้นโดยวิธีการสเปรย์น้ำ วันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 และ16.00 น. ทำการศึกษา ณ ห้องเลี้ยงแมลง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.3 การทดสอบสูตรอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ

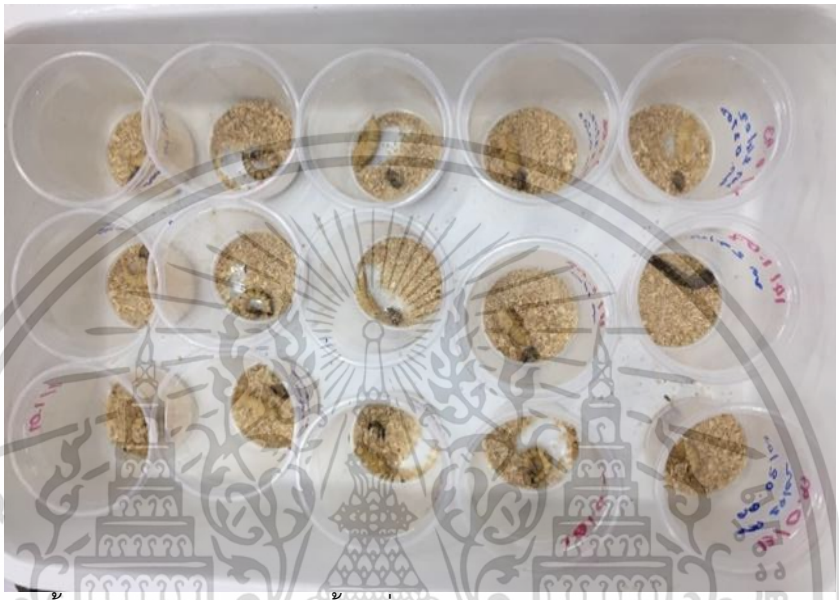
นำหนอนนกยักษ์ อายุ 20 วัน มาแบ่งใส่ถาดเลี้ยง ถาดละ 50 กรัม เลี้ยงด้วยอาหารหลักสูตรต่าง ๆ เสริมด้วยพืชอาหารเสริมจากธรรมชาติ ได้แก่ มันแกว ฟักทอง กล้วยน้ำว้า แตงร้าน เปลือกแตงโม ฟัก ใบหม่อน แครอท กวางตุ้ง ให้อาหารหลักและอาหารเสริมทุกๆ 5 วัน จนหนอนนกยักษ์อายุ 65 วัน โดยมีสัดส่วนของรำข้าวสาลีเพิ่มขึ้นตามอายุ และการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ คือ หนอนนกยักษ์ที่อายุ 20, 25, 30, วัน ให้รำข้าวสาลี 60 กรัม หนอนนกยักษ์ที่อายุ 35, 40, 45, วัน ให้รำข้าวสาลี 120 กรัม หนอนนกยักษ์ที่อายุ 50, 55, 60, วัน ให้รำข้าวสาลี 160 กรัม และให้พืชอาหารเสริมแต่ละชนิด ตามปริมาณรำข้าวสาลีข้างต้น ให้ความชื้นโดยวิธีการสเปรย์น้ำ วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 16.00 น. ทำการศึกษา ณ ห้องเลี้ยงแมลง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการเก็บบันทึกอัตราการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ เมื่ออายุ 70 วัน (ภาพที่ 3.2)

ภาพที่ 3.2 การศึกษาชนิดของอาหารเสริมที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงหนอนนกยักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การศึกษาผลของอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาเป็นดักแด้และตัวเต็มวัย

จากการทดลองที่ 3.3.3 นำตัวหนอนที่มีอายุครบ 70 วัน สุ่มแต่ละการทดลอง การทดลองละ 50 ตัว แยกเลี้ยงเดี่ยวโดยนำหนอนนกยักษ์ไปใส่ในแก้วใส เพื่อทำการแยกเลี้ยงเดี่ยว (ภาพที่ 3.3) เลี้ยงตัวหนอนต่อไปด้วยรำข้าวสาลี ทำการบันทึกวันที่หนอนเข้าดักแด้และออกเป็นตัวเต็มวัย (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.3 การเลี้ยงหนอนนกยักษ์ในแก้วเลี้ยงเดี่ยว

ภาพที่ 3.4 ตัวเต็มวัยหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การศึกษาผลของอาหารเสริมที่มีผลต่ออัตราส่วนของเพศในตัวเต็มวัย

จากการทดลองที่ 3.3.3 นำตัวหนอนที่มีอายุครบ 70, 90 และ 120 วัน แยกเลี้ยงเดี่ยวโดยนำหนอนนกยักษ์ไปใส่ในแก้วใสเลี้ยงเดี่ยว รอจนออกเป็นตัวเต็มวัยเลี้ยงแล้วนำมาแยกเพศผู้และเพศเมีย ทำการแยกเพศโดยสังเกตว่าตัวผู้จะมีขนาดเล็กกว่าตัวเมียเล็กน้อย และเมื่อใช้มือบีบบริเวณก้นของ ตัวผู้จะเห็นติ่งแหลม 2 อัน (อภินันท์, 2543)

3.4 การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์

การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ เริ่มต้นโดยนำตัวเต็มวัยของหนอนนกยักษ์ ตัวผู้และตัวเมียจำนวน 20 คู่ มาทำการผสมพันธุ์กัน เพื่อให้ได้ไข่มาใช้ในการทดลองแต่ละทรีตเมนท์จำนวน 100 ฟอง นำไข่ใส่แก้ว ใบละ 1 ฟอง และบันทึกผลตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัย จนกระทั่งทุกตัวตายหมด ครบหนึ่งอายุขัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบสูตรอาหารหลัก และอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ

4.1.1 การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์

จากการทดลองพบว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร P18, P21 และ P24 เพียงอย่างเดียว มีค่า Feed Conversion Ratio (FCR) เท่ากับ 5.40, 4.72 และ 4.70 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการเลี้ยงด้วยสูตรที่มีการผสมระหว่าง P และ C หรือ C เพียงอย่างเดียว (2.40-2.83) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) หนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตร P21 และ P24 ผสมกับ C อัตราส่วน 2:1 มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ73.4-74.1% ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม (76.0%) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ส่วนหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรที่มีการผสมระหว่าง P และ C มีความยาวและน้ำหนักต่อตัวของหนอนมากกว่าการเลี้ยงด้วยสูตร P เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต น้ำหนักและความยาวตัวเฉลี่ย และค่า FCR ของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) อายุ 60 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ กัน ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน ถึงระยะ 60 วัน

สูตรอาหาร	% การรอดชีวิต	FCR	น้ำหนักต่อตัว (mg) ที่ 60 วัน	ความยาวตัว (cm)
CP00-1:0	76.0±5.4 ^{a}	2.61±0.09 ^{c}	513.1±19.8 ^{b}	4.47±0.06 ^{cd}
CP18-0:1	60.3±6.3 ^{de}	5.40±0.18 ^{a}	237.1±24.2 ^{d}	3.36±0.06 ^{g}
CP18-1:1	65.1±6.2 ^{cd}	2.83±0.20 ^{c}	551.6±22.2 ^{ab}	4.42±0.03 ^{d}
CP18-1:2	70.9±3.6 ^{abc}	2.80±0.60 ^{c}	531.9±20.9 ^{ab}	4.49±0.09 ^{bcd}
CP18-2:1	70.6±1.7 ^{abc}	2.48±0.27 ^{c}	563.6±26.5 ^{a}	4.42±0.05 ^{d}
CP21-0:1	51.5±6.3 ^{f}	4.72±0.13 ^{b}	307.1±32.9 ^{c}	3.69±0.20 ^{e}
CP21-1:1	67.3±4.1 ^{bcd}	2.80±0.26 ^{c}	538.6±13.6 ^{ab}	4.55±0.05 ^{abc}
CP21-1:2	70.8±2.7 ^{abc}	2.79±0.32 ^{c}	510.6±39.7 ^{b}	4.37±0.03 ^{d}
CP21-2:1	73.4±6.0 ^{ab}	2.58±0.35 ^{c}	540.5±46.7 ^{ab}	4.58±0.12 a^{bc}
CP24-0:1	53.8±5.8 ^{ef}	4.70±0.28 ^{b}	297.0±35.0 ^{c}	3.52±0.12 ^{f}
CP24-1:1	66.3±6.6 ^{bcd}	2.71±0.18 ^{c}	566.4±53.4 ^{a}	4.62±0.12 ^{ab}
CP24-1:2	67.5±6.3 ^{bcd}	2.71±0.22 ^{c}	549.1±18.4 ^{ab}	4.59±0.08 ^{abc}
CP24-2:1	74.1±3.2 ^{ab}	2.40±0.20 ^{c}	570.4±24.8 ^{a}	4.64±0.11 ^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาปริมาณสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์

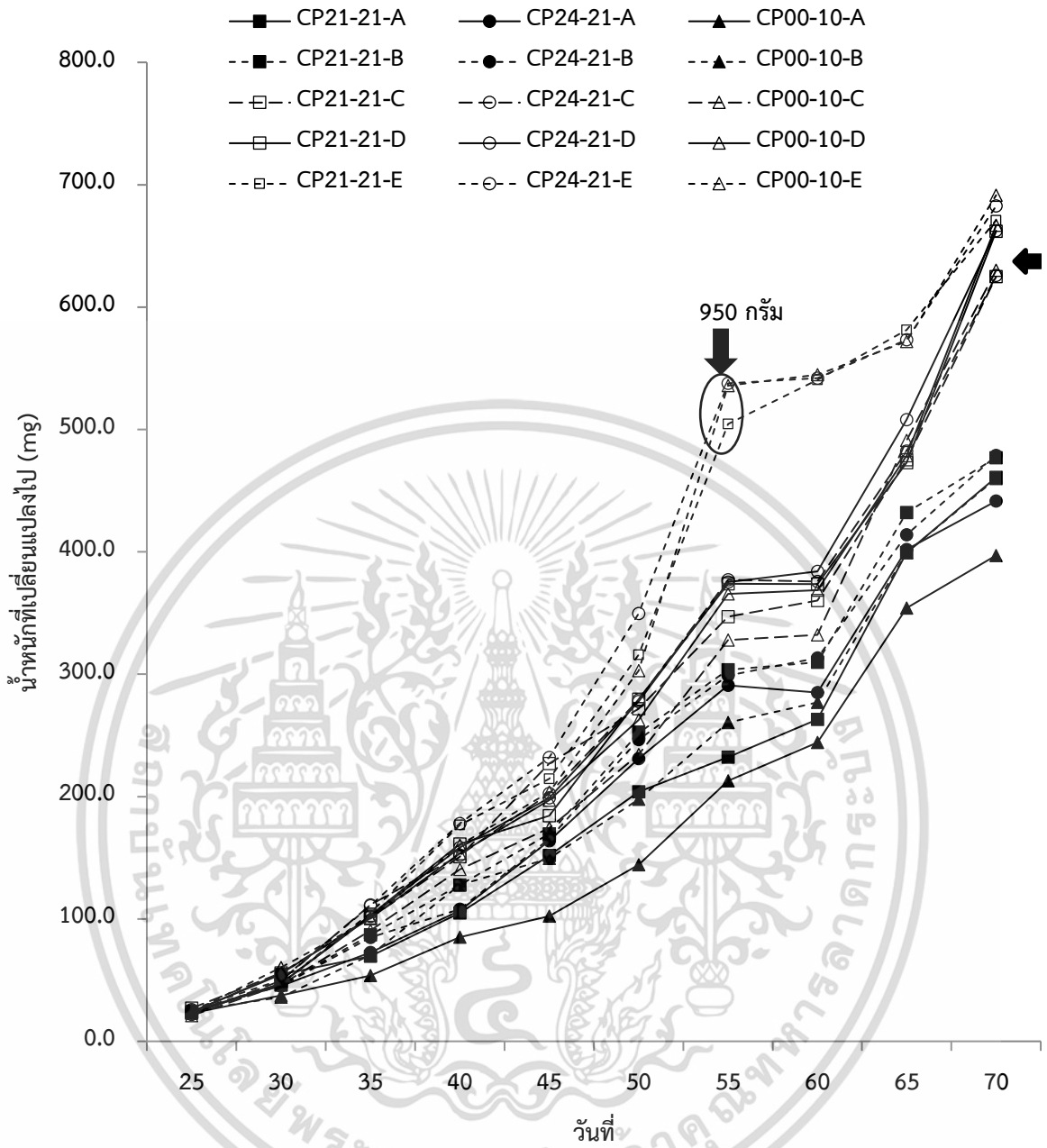
จากผลการทดลองขั้นที่ 1 สรุปได้ว่าควรมีการนำสูตรอาหาร P21 และ P24 ผสมด้วยรำข้าวสาลีอัตราส่วน 2:1 เลี้ยงหนอนนกยักษ์ จึงได้ดำเนินการเลี้ยงด้วยการให้ปริมาณอาหารในปริมาณต่างๆ กัน (กรัม) ต่อถาด (เริ่มต้นที่ตัวหนอนอายุ 20 วัน น้ำหนักรวม 50 กรัม ตามรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 สูตรอาหาร ปริมาณอาหาร ที่ใช้เลี้ยงหนอนนกยักษ์

การทดลอง (TRT)	ปริมาณอาหารที่ให้ (กรัม) ต่อถาด ในวันที่											รวม (กรัม)
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
TRT-1 (A)	15	30	30	30	60	60	60	90	90	90	-	555
TRT-2 (B)	20	40	40	40	80	80	80	120	120	120	-	740
TRT-3 (C)	25	50	50	50	100	100	100	150	150	150	-	925
TRT-4 (D)	30	60	60	60	120	120	120	180	180	180	-	1,110
TRT-5 (E)	50	100	100	100	200	200	200	300	300	300	-	1,850

จากการทดลองพบว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP00, CP21 และ CP24 ปริมาณที่ให้อาหาร 1,850 กรัม มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยในวันที่ 55 หนอนนกยักษ์มีน้ำหนักตัวประมาณ 500 กรัม (มีการให้อาหารประมาณ 950 กรัม) ขณะที่ในการทดลองอื่นๆ ตัวหนอนมีน้ำหนักต่ำกว่า 400 กรัม และเลี้ยงต่อไปพบว่า หนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP00, CP21 และ CP24 ปริมาณที่ให้อาหาร กล่าวคือตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตถึง 70 วัน มีการให้อาหารเพียง 1,110 กรัม มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับการเลี้ยงที่ให้ปริมาณอาหาร 1,850 กรัม ส่วนการทดลองอื่นที่มีการเลี้ยงแบบจำกัดอาหารที่ปริมาณ 555, 740 และ 925 กรัม ไม่เพียงพอต่อความต้องการของหนอนนกยักษ์ ทำให้น้ำหนักตัวหนอนต่ำกว่า 500 กรัม (ภาพที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



***(CP00-10 = รำข้าวสาลี), CP21-01, CP2111, CP2112, CP2121 = รำข้าวสาลี : P21 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 21%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ, และ CP24-01, CP24-11, CP24-12, CP24-21 = รำข้าวสาลี : P24 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 24%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ, โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยง A= จำกัดอาหาร 555 กรัม, B= จำกัดอาหาร 740 กรัม, C= จำกัดอาหาร 925 กรัม, D= จำกัดอาหาร 1,110 กรัม, E= 1,850 กรัม)

ภาพที่ 4.1 น้ำหนักหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไป (มิลลิกรัมต่อตัว) เมื่ออายุต่างๆ กัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00, CP21 และ CP24) ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน ถึงระยะ 70 วัน

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตจากการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ด้วยสูตรอาหารต่างๆ กัน และเลี้ยงเสริมด้วยฟักทอง พบว่าทุกการทดลองหนอนมีอัตราการรอดชีวิตมากกว่า 80% ถึงแม้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนนกยักษ์จากการเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP00-10, CP21-21 และ CP24-21 ปริมาณที่ให้อาหาร 1,850 กรัม จะมีน้ำหนักตัวที่สูงในวันที่ 55 แต่เมื่อมีการเลี้ยงต่อไปจนถึงวันที่ 70 กลับพบว่า CP00-10, CP21-21 และ CP24-21 ปริมาณที่ให้อาหารจำกัด (ประมาณ 925-1,110 กรัม) มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้อาหารที่ปริมาณ 1,850 กรัม ขณะที่ค่า FCR ของหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่จำกัดปริมาณ 1,110 กรัม มีค่าเท่ากับ 1.43-1.63 ซึ่งต่ำกว่าการให้อาหารที่ปริมาณ 1,850 กรัม (2.60-2.68) (ตารางที่ 4.3)

ดังนั้นจึงควรนำสูตรอาหาร CP สูตร CP00-10, CP21-21 และ CP24-21 ไปเลี้ยงหนอนนกโดยมีการกำจัดอาหารประมาณ 1,000-1,200 กรัม ตลอดการเลี้ยง 70 วัน จะมีค่า FCR เท่ากับ 1.43-1.63

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต น้ำหนักตัวเฉลี่ย และค่า FCR ของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) อายุ 55 และ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ กัน ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน

สูตรอาหาร	% การรอดชีวิต	น้ำหนักเฉลี่ยตัวต่อ (mg)		FCR	
		ที่ 55 วัน	ที่ 70 วัน	ที่ 55 วัน	ที่ 70 วัน
CP21-21-A	86.4±8.7^{abcd}	251.9±41.5^{hi}	537.3±16.4^{cd}	2.07±0.54^{d}	1.16±0.44^{f}
CP21-21-B	97.5±4.9^{abc}	323.3±23.2^{ef}	553.4±17.6^{c}	1.84±0.10^{e}	1.49±0.43^{cd}
CP21-21-C	82.6±11.5^{d}	366.8±19.0^{cd}	701.3±25.1^{b}	2.41±0.28^{c}	1.44±0.31^{d}
CP21-21-D	90.0±8.9^{abcd}	393.6±19.4^{c}	738.4±22.2^{a}	2.47±0.25^{c}	1.63±0.27^{b}
CP21-21-E	84.2±12.3^{cd}	454.2±32.7^{b}	747.4±24.2^{a}	3.84±0.47^{a}	2.68±0.17^{a}
CP24-21-A	85.0±11.6^{bcd}	310.6±27.6^{fg}	517.9±24.8^{d}	1.68±0.26^{f}	1.21±0.50^{f}
CP24-21-B	98.4±3.5^{ab}	318.6±16.7^{ef}	555.1±13.4^{c}	1.85±0.10^{e}	1.49±0.35^{cd}
CP24-21-C	85.2±2.6^{bcd}	396.8±26.1^{c}	702.2±16.3^{b}	2.14±0.15^{d}	1.43±0.30^{d}
CP24-21-D	90.2±3.0^{abcd}	395.0±30.0^{c}	738.9±9.6^{a}	2.45±0.22^{c}	1.63±0.19^{b}
CP24-21-E	93.5±4.5^{abcd}	557.4±21.8^{a}	759.0±29.5^{a}	2.78±0.15^{b}	2.64±0.11^{a}
CP00-10-A	99.8±7.3^{a}	233.0±20.9^{i}	473.5±17.8^{e}	1.88±0.21^{e}	1.33±0.40^{e}
CP00-10-B	97.6±5.3^{abc}	280.2±25.1^{gh}	536.3±22.1^{cd}	2.13±0.23^{d}	1.55±0.38^{bc}
CP00-10-C	83.1±3.6^{d}	347.6±8.8^{de}	706.5±27.3^{b}	2.51±0.15^{c}	1.43±0.25^{d}
CP00-10-D	81.4±5.2^{d}	385.4±14.1^{c}	754.8±45.2^{a}	2.77±0.04^{b}	1.59±0.22^{b}
CP00-10-E	94.5±7.1^{abcd}	555.5±21.8^{a}	767.9±20.1^{a}	2.77±0.25^{b}	2.60±0.07a

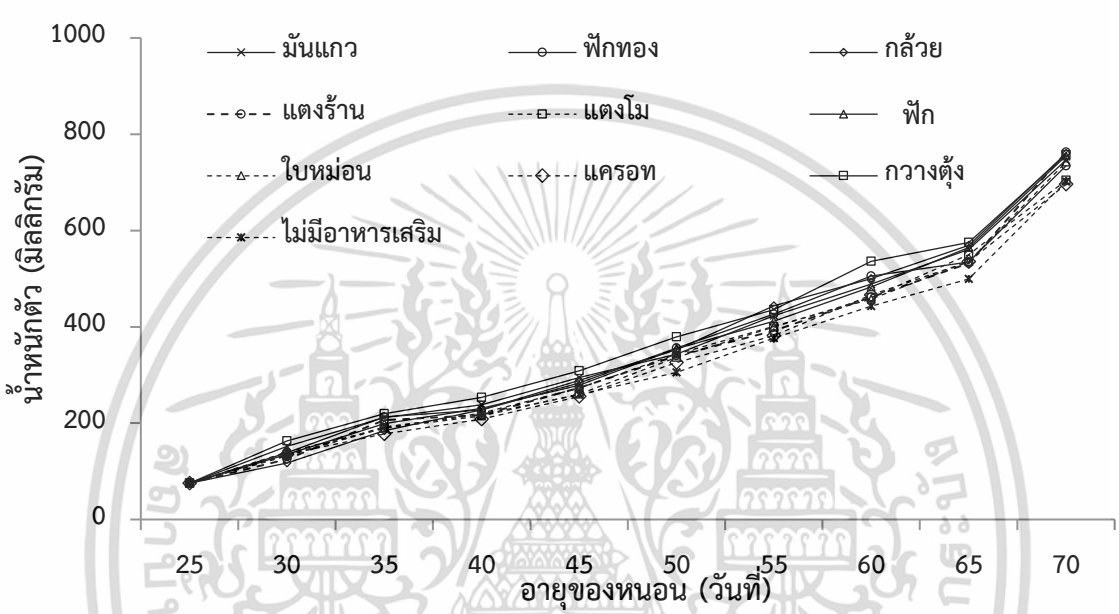
สูตรอาหาร CP (CP00, CP21 และ CP24) ตั้งแต่หนอนอายุ 20 วัน ถึงระยะ 70 วัน (CP00-10 = รำข้าวสาลี), CP21-01, CP2111, CP2112, CP2121 = รำข้าวสาลี : P21 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 21%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ, และ CP24-01, CP24-11, CP24-12, CP24-21 = รำข้าวสาลี : P24 (สูตรอาหาร CP ที่มีโปรตีน 24%) = 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ตามลำดับ, โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยง A= จำกัดอาหาร 555 กรัม, B= จำกัดอาหาร 740 กรัม, C= จำกัดอาหาร 925 กรัม, D= จำกัดอาหาร 1,110 กรัม, E= 1,850 กรัม)

4.1.3 การศึกษาชนิดของอาหารเสริมที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงหนอนนกยักษ์

จากการทดลองพบว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงโดยการให้อาหารเสริม มีน้ำหนักตัวหนอนสูงกว่าการเลี้ยงโดยไม่ให้อาหารเสริม โดยการให้แตงร้าน กล้วย กวางตุ้ง และฟัก เป็นอาหารเสริม น้ำหนักตัวหนอนสูงที่สุด (755.6-762.6 มิลลิกรัมต่อตัว) สูงกว่าการไม่ให้อาหารเสริม (701.5 มิลลิกรัมต่อตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ที่ความเชื่อมั่น 95% (ภาพที่ 4.2-4.3) ขณะที่การเลี้ยงหนอนนกยักษ์โดยให้กวางตุ้งเป็นอาหาร

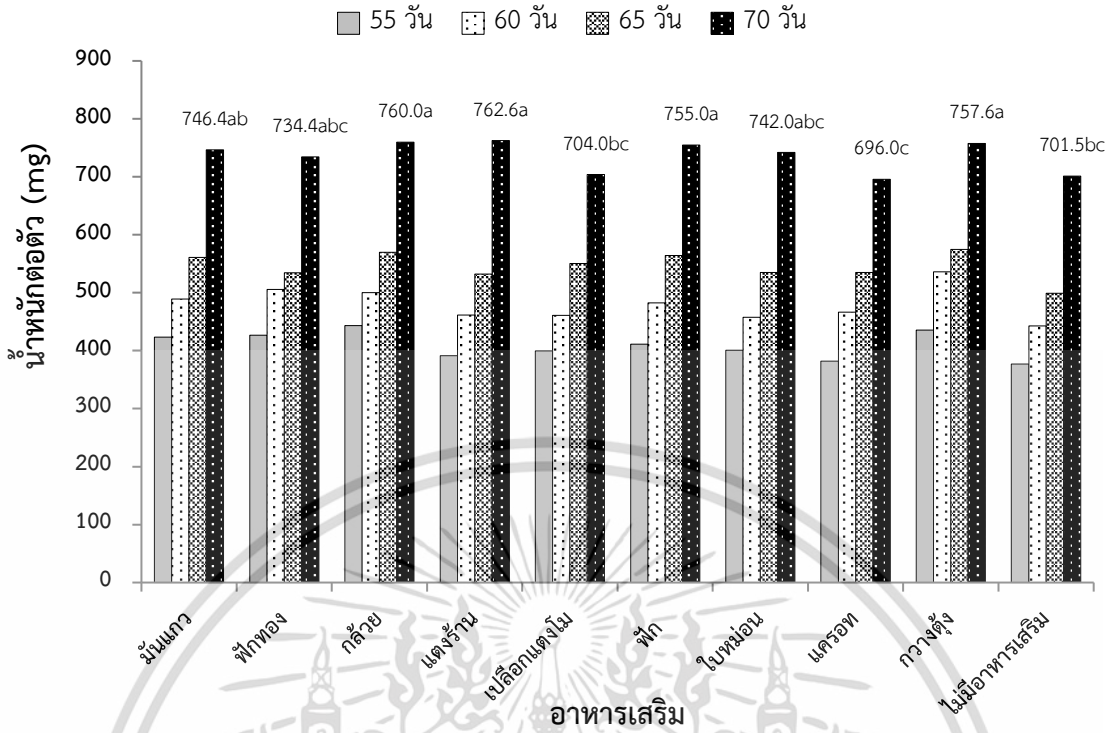
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริม ตัวหนอนมีน้ำหนักตัวสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของตัวหนอน ส่วนการเลี้ยงหนอนนกยักษ์โดยมีอาหารเสริมมีอัตราการรอดชีวิต (80.1-98.7%) สูงกว่าการไม่ให้อาหารเสริม (71.1%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ที่ความเชื่อมั่น 95% (ภาพที่ 4.4) แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ให้สูงขึ้น ยังต้องเพื่อศึกษาผลของอาหารเสริมต่อการพัฒนาของหนอนนกยักษ์ในระยะตัวเต็มวัยเพิ่มเติมต่อไป

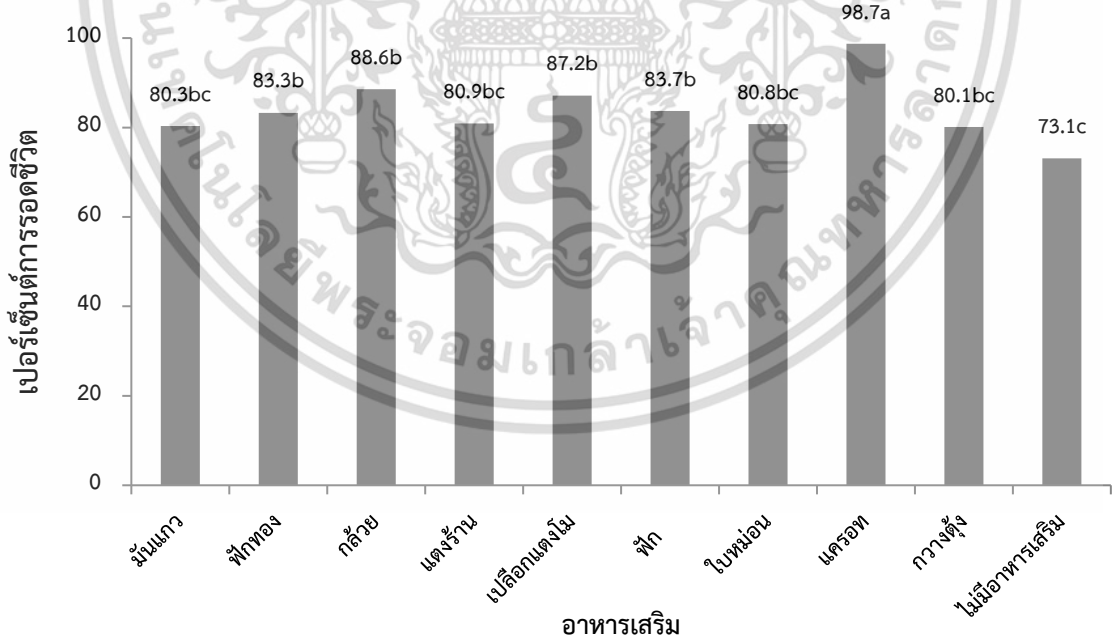


ภาพที่ 4.2 น้ำหนักหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อตัว) เมื่ออายุ 25-70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00=รำข้าวสาลี) ตั้งแต่หนอนอายุ 25 วัน ถึงระยะ 70 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจำกัดอาหาร 1,000 กรัม และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 น้ำหนักหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อตัว) เมื่ออายุ 55, 60, 65 และ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00=รำข้าวสาลี) ตั้งแต่หนอนอายุ 25 วัน ถึงระยะ 70 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจำกัดอาหาร 1,000 กรัม และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ

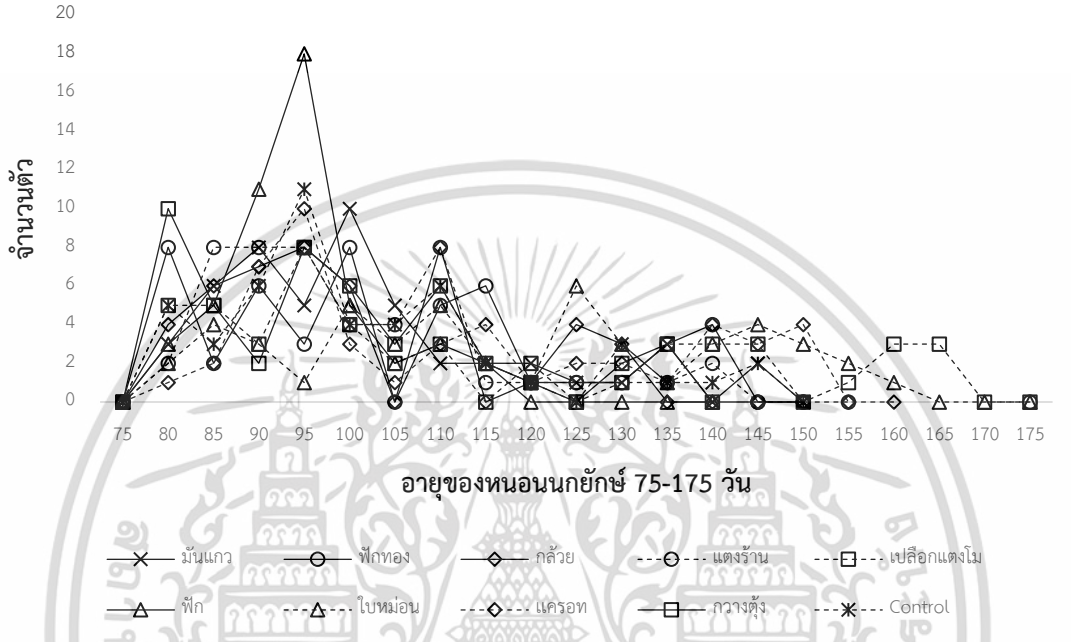


ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) เมื่ออายุ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP (CP00=รำข้าวสาลี) ตั้งแต่หนอนอายุ 25 วัน ถึงระยะ 70 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจำกัดอาหาร 1,000 กรัม และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ

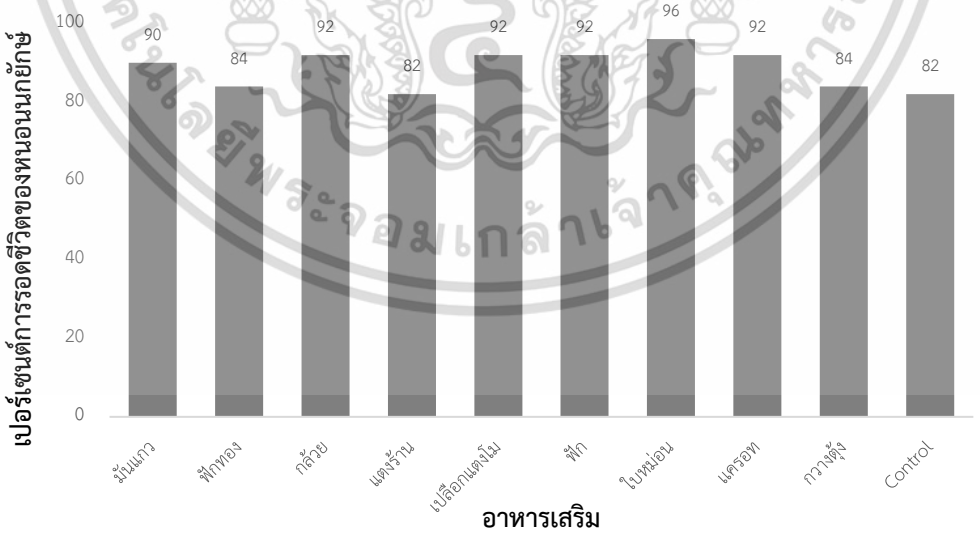
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลของอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาเป็นดักแด้และตัวเต็มวัย

หนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยฟักเป็นอาหารเสริมมีอัตราการเข้าดักแด้ได้เร็วกว่ากลุ่มของอาหารเสริมชนิดอื่น ขณะที่การให้เปลือกแตงโมและใบหม่อนเป็นอาหารเสริมส่งผลให้หนอนเจริญเติบโตเป็นดักแด้ได้ช้าสุดโดยบางตัวเข้าดักแด้ในวันที่ 165-170 วัน (ภาพที่ 4.5) ส่วนการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ตั้งแต่ระยะหนอนจนถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยมีอาหารเสริมมีอัตราการรอดชีวิต 82-96% (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การเข้าดักแด้ของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี และมีการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดต่างๆ

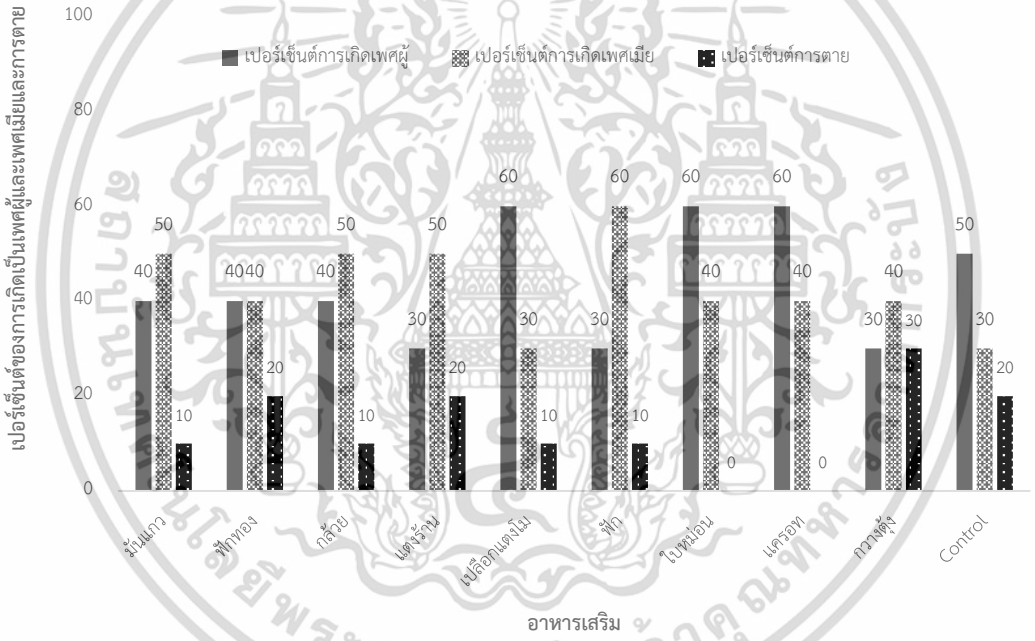


ภาพที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในวัย 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

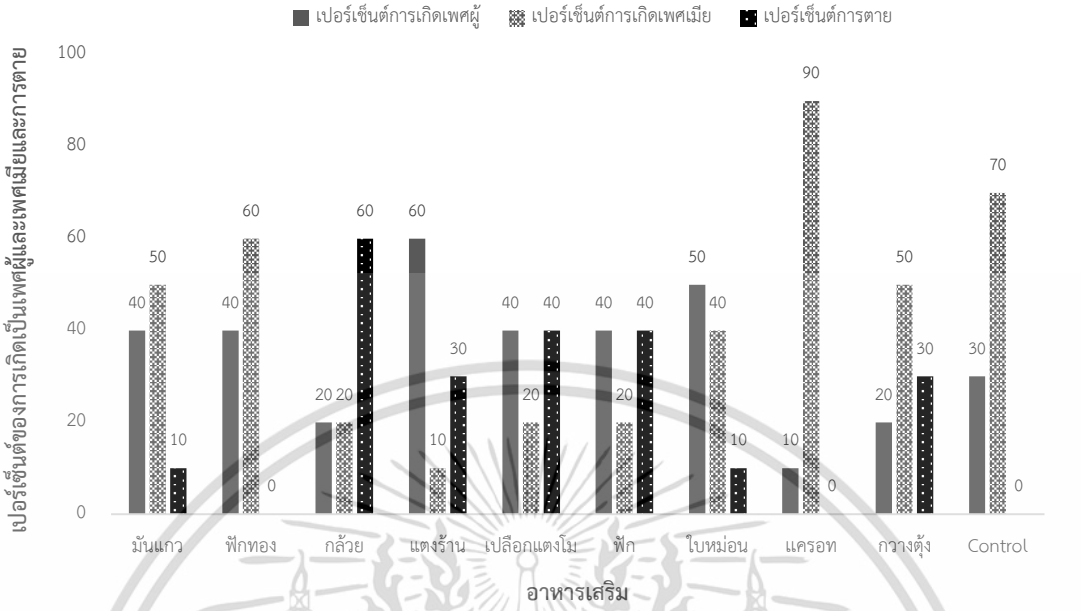
4.1.5 ผลของอาหารเสริมที่มีผลต่ออัตราส่วนของเพศในตัวเต็มวัย

หนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเช่นฟัก มันแกว กล้วย และแตงร้าน จนหนอนมีอายุ 70 วัน แล้วทำการแยกเลี้ยงเดี่ยวเพื่อเตรียมเข้าดักแด้และออกเป็นตัวเต็มวัย พบว่าตัวเต็มวัยหนอนนกยักษ์เป็นเพศเมียสูง (50-60%) และมีอัตราการตายต่ำ (ภาพที่ 4.7) ส่วนหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยแครอทเป็นอาหารเสริมจนมีอายุ 90 วัน แล้วทำการแยกเลี้ยงเดี่ยวเพื่อเตรียมเข้าดักแด้และออกเป็นตัวเต็มวัยพบว่าตัวเต็มวัยหนอนนกยักษ์เป็นเพศเมีย (90%) สูงกว่าเพศผู้ (10%) และมีอัตราการตายต่ำ (10%) (ภาพที่ 4.8) ขณะที่หนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยฟักทองเป็นอาหารเสริมจนมีอายุ 120 วัน แล้วทำการแยกเลี้ยงเดี่ยวเพื่อเตรียมเข้าดักแด้และออกเป็นตัวเต็มวัยพบว่าตัวเต็มวัยหนอนนกยักษ์เป็นเพศเมีย (90%) สูงกว่าเพศผู้ (10%) และไม่มีอัตราการตาย (0%) ซึ่งการไม่ให้อาหารเสริมแก่หนอนนกตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 120 พบว่าหนอนนกยักษ์เจริญเติบโตเป็นเพศเมียคิดเป็น 50.0% และเพศผู้ 50.0% (ภาพที่ 4.9)

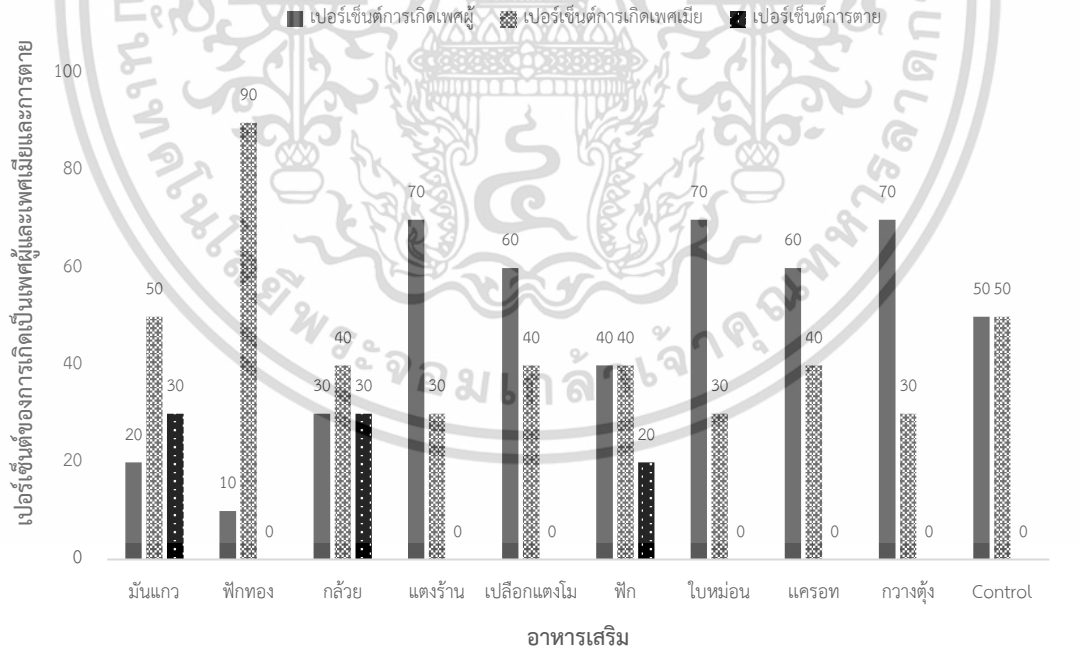


ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ของการเกิดเป็นเพศผู้เพศเมียและการตายของหนอนนกยักษ์(*Zophobas morio*) ในหนอนนกยักษ์อายุ 70 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์ของการเกิดเป็นเพศผู้เพศเมียและการตายของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในหนอนนกยักษ์อายุ 90 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี



ภาพที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ของการเกิดเป็นเพศผู้เพศเมียและการตายของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ในหนอนนกยักษ์อายุ 120 วัน ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์

การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ พบว่าการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ มี 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะก่อนเข้าดักแด้ ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย เมื่อทำการเลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ CP00 (รำข้าวสาลี) CK00 (หัวอาหารไก่) และอาหารสูตรโปรตีน CP21 (รำข้าวสาลีและอาหารโปรตีน 21% ในอัตราส่วน 2:1) ตลอดอายุการเลี้ยง พบว่าการเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 ชนิด ในช่วงอายุระยะไข่ (7.50 – 7.68 วัน) ระยะตัวหนอนรวมช่วงอายุวัย 1-13 (128.90 – 140.70 วัน) ระยะก่อนเข้าดักแด้ (5.02-6.31 วัน) ระยะดักแด้ (7.17 – 7.80 วัน) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในระยะตัวเต็มวัยของเพศผู้กับเพศเมียมีความแตกต่างกันทางสถิติ เพศผู้มีช่วงอายุของแมลงที่เลี้ยงด้วยอาหาร CP00 (80.20 วัน) มีช่วงอายุยาวนานกว่าการเลี้ยงด้วยอาหาร CK00 (77.40 วัน) และ อาหารสูตร CP21 (73.05 วัน) ในเพศเมียมีช่วงอายุของแมลงที่เลี้ยงด้วยอาหาร CP00 (80.20 วัน) มีช่วงอายุยาวนานกว่าการเลี้ยงด้วยอาหาร CK00 (77.40 วัน) และ อาหารสูตร CP21 (73.05 วัน)

ตารางที่ 4.4 ระยะการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio*) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารชนิดต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±2 %RH

ระยะการเจริญเติบโต		ระยะเวลา (วัน) (mean±SD) ทรีทเมนต์		
		CP00	CK00	CP21
ระยะไข่		7.68±1.35[a]	7.58±0.59[a]	7.50±1.06[a]
ระยะหนอน:	หนอนวัย 1	3.50±1.18[a]	3.48±1.55[a]	3.50±1.43[a]
	หนอนวัย 2	4.14±1.16[a]	3.89±0.95[a]	3.98±0.77[a]
	หนอนวัย 3	6.08±0.52[a]	5.91±0.28[a]	6.13±0.63[a]
	หนอนวัย 4	4.01±1.10[a]	3.92±0.67[a]	3.82±0.85[a]
	หนอนวัย 5	4.00±1.08[a]	3.82±0.81[a]	3.84±0.64[a]
	หนอนวัย 6	3.15±0.15[a]	3.13±0.21[a]	3.06±0.18[a]
	หนอนวัย 7	5.92±0.27[a]	5.93±0.91[a]	5.87±0.57[a]
	หนอนวัย 8	5.45±0.52[a]	5.40±0.72[a]	5.43±0.85[a]
	หนอนวัย 9	5.42±0.84[a]	5.45±1.09[a]	5.45±0.53[a]
	หนอนวัย 10	5.00±1.05[a]	5.02±0.82[a]	4.99±1.04[a]
	หนอนวัย 11	4.81±1.07[a]	4.88±0.95[a]	4.86±0.91[a]
	หนอนวัย 12	3.40±0.97[a]	3.40±0.97[a]	3.42±0.94[a]
	หนอนวัย 13	61.20±1.03[a]	60.10±1.10[b]	59.97±0.53[b]
ระยะหนอนทั้งหมด:	หนอนวัย 1-13	140.70±13.71[a]	134.90±11.25[a]	128.90±18.52[a]
ระยะก่อนเข้าดักแด้		6.31±3.93[a]	6.09±3.70[a]	5.02±2.56[a]
ระยะดักแด้		7.80±1.19[a]	7.23±0.39 [a]	7.17±1.29[a]
ตัวเต็มวัย:	เพศเมีย	72.25±1.58[a]	67.90±0.87[b]	64.55±0.98[c]
	เพศผู้	80.20±0.85[a]	77.40±2.06[b]	73.05±1.03[c]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.10 วงจรชีวิตหนอนนกยักษ์ (*Zophobas morio* Fabricius) ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP21 ในอัตราส่วน 2:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดสอบสูตรอาหารหลัก และอาหารเสริม ในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ด้วยรำข้าวสาลีและอาหารเสริมนั้น ทำให้น้ำหนักหนอนนกยักษ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าการเลี้ยงโดยไม่ให้อาหารเสริม และยังส่งผลต่อระยะการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ในระยะดักแด้ ระยะตัวเต็มวัย และทำให้อัตราส่วนเพศเมียมากกว่าเพศผู้ถึง 9:1 เท่า และเมื่อทำการเพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ CP00 (รำข้าวสาลี) CK00 (หัวอาหารไก่) และอาหารสูตรโปรตีน CP21 (รำข้าวสาลีและอาหารโปรตีน 21% ในอัตราส่วน 2:1) ตลอดอายุการเลี้ยง พบว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร CP21 ทั้งในระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะก่อนเข้าดักแด้ และระยะดักแด้ มีการเจริญเติบโตที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตรอาหารอื่น แต่ในระยะตัวเต็มวัยมีช่วงอายุของตัวเต็มวัยเพศเมียกับเพศผู้ที่สั้นกว่าสูตรอาหารอื่น ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วัชรวิทย์ (2558) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอาหารหลักของการเลี้ยงหนอนนก (*Tenebrio molitor*) 4 ชนิด ได้แก่ หัวอาหารไก่เล็ก รำข้าวสาลี กากถั่วเหลืองผสมปลาป่น และแป้งมันสำปะหลัง พบว่าหัวอาหารไก่เล็กมีผลการเลี้ยงดีที่สุด รองลงมาคือรำข้าวสาลี กากถั่วเหลืองผสมปลาป่น และแป้งมันสำประหลัง ตามลำดับซึ่งจากรายงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีแหล่งโปรตีนเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงหนอน ในขณะที่ วรยุทธ และกรินทร์ (2561) ได้นำต้นปอสามาเป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงหนอนนก (*Zophobas morio* Fabricius) โดยในใบปอสามีโปรตีนสูงประมาณ 18% และยังทำให้หนอนนกที่มีการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยออกไข่ได้มาก ดังนั้นจึงน่าจะสรุปได้ว่า การเลี้ยงหนอนนกมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการให้อาหารเสริมควบคู่กับการให้อาหารหลัก นอกจากนี้งานวิจัยของ Nederlof et.al. (2017) ยังมีรายงานว่าการนำอาหารเสริมที่เป็นรำข้าวโอ๊ตกับสาหร่ายทะเลนอเวย์มาเลี้ยงหนอนนกยักษ์สามารถเพิ่มน้ำหนักของหนอนนกยักษ์ได้ ขณะที่วัชรวิทย์ (2558) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอาหารเลี้ยงหนอนนก (*Tenebrio molitor* L.) พบว่าการให้อาหารในการเลี้ยงหนอนนกที่แตกแต่งกันส่งผลต่อการเจริญเติบโตของตัวหนอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมลงที่แตกต่างกันถึงแม้ว่าจะมีอาหารหลักที่เหมือนกัน การให้อาหารเสริม ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนที่เลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์

จากการศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารหลักและอาหารเสริม พบว่าการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ มีทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ (7.50 วัน) ระยะตัวหนอน (128.90 วัน) ระยะก่อนเข้าดักแด้ (5.02 วัน) ระยะดักแด้ (7.17 วัน) และระยะตัวเต็มวัยเพศเมียกับเพศผู้ (64.55 และ 73.05 วัน) สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±2 %RH จากการศึกษาของ Fursov and Cherney (2018) พบว่าในระยะไข่ของหนอนนกมีลักษณะเป็นรูปวงรี สีขาว ขนาดลำตัว 1.7 X0.7 มม. ตัวเมียแต่ละตัวสามารถวางไข่ได้จำนวนมาก (มากถึง 2,200 ฟอง) ตลอดช่วงอายุขัย (Tschinkel, 1993). ในระยะตัวหนอนมีรูปร่างทรงกระบอก ยาว 55 มม. (Friederich and Volland, 2004) ใช้เวลาในการฟักออกจากไข่ที่ 8 วัน ที่อุณหภูมิ 25℃ (Kim et al. 2015) ส่วนจำนวนและระยะเวลาของระยะตัวหนอน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น กล่าวคือ จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่าตัวหนอน ได้รับการเพาะเลี้ยงในแบบแยกเดี่ยวหรือแบบบกลุ่ม ตัวอย่างเช่น การเลี้ยงแบบแยกเดี่ยว ตัวอ่อนที่เพิ่งฟักออกจากไข่ จะมีเวลาในการเจริญเติบโตที่ไวเมื่อเทียบกับตัวอ่อนระยะแรกที่ถูกเลี้ยงแบบกลุ่ม (Quennedey et al. 1995) ถ้าเลี้ยงแยกตัวหนอน จะเข้าดักแด้หลังการลอกคราบ 11–18 ครั้ง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การดักแด้ที่ดีที่สุดเกิดขึ้นหลังจากการลอกคราบที่ 16 หรือ 17 ครั้ง (Quennedey et al. 1995, Kim et al. 2015) สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งของสปีชีส์นี้คือในระยะตัวหนอนจะไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ภายใต้สภาพที่แออัด ทำให้ตัวหนอนจะยังคงลอกคราบต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งตาย (Tschinkel and Willson, 1971 ; Quennedey et al, 1995). ในการผลิตเชิงพาณิชย์ต้องมีการเลี้ยงตัวหนอนแบบแยกเดี่ยว เพื่อให้ตัวหนอนสามารถเข้าดักแด้ได้ ประมาณ 6 วันหลังจากทำการแยกตัวหนอน ที่อุณหภูมิ 25℃ ตัวหนอนจะขดในท่ารูปตัวซีซึ่งจะเข้าระยะก่อนดักแด้ ในระยะก่อนดักแด้จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่สัมผัสได้ด้วยการสะบัดตัว ในขณะที่ต้องใช้เวลาอีก 7 วัน จึงจะกลายเป็นดักแด้ จากการศึกษาของ Quennedey et al. (1995) พบว่าระยะเวลาของการดักแด้คือ 13–15 วัน ที่อุณหภูมิ 25℃ ซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำหนักดักแด้ (ตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้เร็วจะมีขนาดเล็ก) และอุณหภูมิ (การตัวเต็มวัยจะออกจากดักแด้เร็ว ที่อุณหภูมิ 29℃) ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้ถึง 6 เดือน (Fursov and Cherney 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ เพื่อดูอัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต อัตราการแลกเนื้อ โดยใช้อาหารสูตรต่าง ๆ ได้แก่ สูตรอาหารโปรตีน P18, P21, P24 รำข้าวสาลีผสมกับสูตรอาหารโปรตีน (CP18, CP21 และ CP24) ในอัตราส่วน 1:1,1:2 และ 2:1 และรำข้าวสาลีซึ่งเป็นกลุ่มอาหาร Control พบว่าการเลี้ยงหนอนด้วยรำข้าวสาลี ผสมกับอาหารสูตร P24 ในอัตรา 2:1 เมื่อหนอนนกยักษ์ที่อายุ 70 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักต่อตัวถึง 570.4 มิลลิกรัม และความยาวต่อตัว 4.64 ซม. ส่วนเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์ที่ใช้สูตรผสมระหว่างรำข้าวลาสีสูตรอาหารโปรตีน P21 และ P24 ในอัตราส่วน 2:1 (CP21-2:1, CP24-2:1) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 73.4-74.1% ใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยรำข้าวสาลีที่ 76.0% ในเรื่องอัตราการแลกเนื้อพบว่าการใช้สูตรอาหาร P18 มีค่าสูงที่สุดที่ 5.40 และรองลงมาคือ P21 มีค่า 4.72 และ P24 มีค่า 4.70 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษารูปแบบการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ ทดลองโดยใช้หนอนนกยักษ์ที่มีอายุเริ่มต้น 20 วัน เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี สูตรอาหารโปรตีน CP21 และ CP24 ในอัตราส่วน 2:1 และเสริมด้วยฟักทอง แต่ให้ปริมาณอาหารที่แตกต่างกันตามช่วงอายุหนอน เลี้ยงจนถึงอายุ 70 วัน พบว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยรำข้าวสาลี, สูตรอาหารโปรตีน CP21 และ CP24 ในปริมาณอาหารที่ให้สูงสุด 1,850 กรัม เมื่อหนอนอายุ 55 วัน หนอนมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีน้ำหนักต่อตัวมากกว่า 500 มิลลิกรัม แต่เมื่อหนอนอายุได้ 70 วัน กลับพบว่าน้ำหนักหนอนไม่มีความแตกต่างกันกับการเลี้ยงด้วยอาหารที่ปริมาณ 1,110 กรัม คือมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงมากกว่า 700 มิลลิกรัม ขณะที่ค่าอัตราการแลกเนื้อของหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่จำกัดอาหาร 1,110 กรัม มีค่าเท่ากับ 1.43-1.63 ซึ่งต่ำกว่าการเลี้ยงแบบปริมาณอาหาร 1,850 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.60-2.68 แต่ในทุกการทดลองจะเห็นได้ว่ามีอัตราการรอดชีวิตของหนอนนกยักษ์มากกว่า 80%

การศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ในระยะหนอน ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัย รวมทั้งศึกษาอัตราของเพศเมื่อได้รับอาหารเสริมที่แตกต่างกัน วิธีการคือ เลี้ยงหนอนนกยักษ์จากอายุ 25 – 70 วัน ด้วยรำข้าวสาลีเป็นอาหารหลัก และให้อาหารเสริมร่วมด้วย ได้แก่ มันแกว ฟักทอง กล้วย แตงร้าน เปลือกแตงโม ฟัก ใบหม่อน แครรอท และกวางตุ้ง เปรียบเทียบกับการเลี้ยงโดยไม่ให้อาหารเสริม จากการทดลองพบว่าหนอนนกยักษ์ที่เลี้ยงโดยการให้อาหารเสริมทุกชนิดที่ 70 วัน มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักหนอนต่อตัวสูงกว่าการเลี้ยงโดยไม่ให้อาหารเสริม โดยเฉพาะกล้วย แตงร้าน ฟัก และกวางตุ้ง หนอนมีน้ำหนักตัวที่สูงมากถึง 755.6-762.6 มิลลิกรัม สูงกว่าการไม่ให้อาหารเสริมซึ่งมีน้ำหนัก 701.5 มิลลิกรัม ขณะที่หนอนที่เลี้ยงด้วยกวางตุ้งเป็นอาหารเสริม ตัวหนอนมีน้ำหนักตัวสูงที่สุดตลอดระยะการเลี้ยง ส่วนการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ด้วยแครอทเป็นอาหารเสริม มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดที่ 98.7% โดยที่อัตราการรอดชีวิตของอาหารเสริมชนิดอื่นอยู่ที่ 80.1-88.6% สูงกว่าการไม่ให้อาหารเสริมซึ่งมีอัตรารอดชีวิตเพียง 73.1% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การพัฒนาของหนอนนกยักษ์ในระยะดักแด้ เมื่อให้ฟักเป็นอาหารเสริมทำให้เข้าดักแด้ได้เร็วกว่ากลุ่มของอาหารเสริมชนิดอื่น ในขณะที่การให้เปลือกแตงโมและใบหม่อนเป็นอาหารเสริมมีผลให้หนอนเจริญเติบโตเป็นดักแด้ได้ช้าสุดโดยบางตัวเข้าดักแด้ในวันที่ 165-170 วัน การให้ใบหม่อนเป็นอาหารเสริมตอนที่ยังเป็นตัวหนอนส่งผลให้ในระยะดักแด้มีอัตราการรอดชีวิตถึง 96 % ในขณะที่อาหารเสริมชนิดอื่นมีอัตราการรอดชีวิตอยู่ที่ 90-92% ยกเว้นฟักทอง แตงร้าน กวางตุ้งที่มีอัตราการรอดอยู่ที่ 82-84 % เท่ากับหรือใกล้เคียงกับการไม่ให้อาหารเสริม

จากการทดลองผลของอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาของหนอนนกยักษ์ในระยะตัวเต็มวัยด้วยวิธีการแยกเลี้ยงเดี่ยวในระยะอายุของหนอนนกยักษ์ที่แตกต่างกันคือ 70, 90 และ 120 วัน พบว่าการแยกเลี้ยงเดี่ยวในระยะ 70 วัน ตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยฟักมีอัตราเพศเมียสูงถึง 60% และมีอัตราการตายต่ำ ในขณะที่แยกเมื่ออายุ 90 วัน เลี้ยงด้วยแครอทมีอัตราเพศเมียสูงถึง 90% และไม่พบอัตราการตายเลย และสุดท้ายเมื่อแยกหนอนที่อายุ 120 วัน กลับกลายเป็นฟักทองที่มีอัตราเพศเมียสูงถึง 90% และไม่พบอัตราการตายเช่นกัน จึงกล่าวได้ว่าควรแยกหนอนนกยักษ์ที่หนอนอายุ 90 วัน และให้อาหารเสริมเป็นแครอท เพราะให้เปอร์เซ็นต์เพศเมียต่อเพศผู้ถึง 9:1

การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ พบว่าการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ มี 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะก่อนเข้าดักแด้ ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย เมื่อทำการเลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ CP00 (รำข้าวสาลี) CK00 (หัวอาหารไก่) และอาหารสูตรโปรตีน CP21 (รำข้าวสาลีและอาหารโปรตีน 21% ในอัตราส่วน 2:1) ตลอดอายุการเลี้ยง พบว่าการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ด้วยสูตรอาหาร CP21 ในช่วงอายุระยะไข่ อยู่ที่ 7.50 วัน ระยะตัวหนอนรวมช่วงอายุวัย 1-13 อยู่ที่ 128.90 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้ อยู่ที่ 5.02 วัน ระยะดักแด้ อยู่ที่ 7.17 วัน เมื่อเทียบกับอาหารสูตร CP00 และ CK00 จะเห็นได้ว่าหนอนนกยักษ์มีการเจริญเติบโตที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในระยะตัวเต็มวัยของเพศผู้กับเพศเมียมีความแตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นว่าช่วงระยะเวลาของการเป็นตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร CP21 สามารถเร่งการเจริญเติบโตของหนอนนกยักษ์ ทำให้มีช่วงอายุของตัวเต็มวัยเพศเมียกับเพศผู้ที่สั้นกว่าสูตรอาหารอื่น อยู่ 64.55 และ 73.05 วัน เมื่อเปรียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารสูตร CP00 และ CK00 อยู่ที่ 72.25, 80.20 67.90 และ 77.40 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาวะการเลี้ยงที่เหมาะสมและการศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์นี้เป็นไปเพื่อเป็นแนวทางในการเลี้ยงเพิ่มปริมาณ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ในระดับท้องถิ่น จนนำไปสู่ระบบอุตสาหกรรมในอนาคต โดยจากการทดลองนี้พบว่าสูตรอาหารหลักที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหนอนนกยักษ์ คือ การใช้อาหารสูตรผสมกันระหว่างรำข้าวสาลีกับอาหารโปรตีน P21 ในอัตราส่วน 2:1 (CP21) ทำให้หนอนนกยักษ์มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่น ส่วนปริมาณการให้อาหารที่เหมาะสมคือ ปริมาณ 1,110 กรัม ในหนอนช่วงอายุ 20-70 วัน การศึกษาการให้พืชอาหารเสริมชนิดต่างๆ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดชีวิตสูงกว่าการไม่ให้พืชอาหารเสริมเลย การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนนกยักษ์ด้วยอาหารต่างชนิดกันในการทดลองนี้พบว่า ตั้งแต่ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะก่อนเข้าดักแด้ และระยะดักแด้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเพียงระยะตัวเต็มวัยของเพศผู้และเพศเมียที่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาสูตรอาหารหลักและอาหารเสริมชนิดอื่นๆเพิ่มต่อไปในอนาคต เพื่อความหลากหลายของชนิดอาหาร เพิ่มปริมาณ และคุณภาพของหนอนนกยักษ์ต่อไป และเพิ่มเติมการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหาร และหนอนนกยักษ์ในระยะต่างๆ สำหรับเลือกไปใช้ในเชิงพานิชย์

ในระบบการผลิตหนอนนกยักษ์ นอกจากต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของตัวหนอน เพื่อให้หนอนที่มีคุณภาพตามต้องการ โตเร็ว ใช้เวลาน้อย และต้นทุนต่ำแล้ว ระบบการเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ เพื่อเพิ่มปริมาณก็เป็นส่วนที่สำคัญมาก ทั้งนี้หากทราบปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้หนอนนกยักษ์ฟักเป็นตัวเต็มวัยออกเป็นเพศเมีย สภาวะที่ส่งผลต่อปริมาณการวางไข่ การฟักไข่ และอัตราการรอดชีวิต จะสามารถวางแผนการผลิตหนอนนกยักษ์เพื่อผลิตเป็นการค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรสิริ ศรีนิล ไสว บูรณพานิชพันธุ์ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง จิราพร กุลสาริน และ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2554. ศักยภาพของหนอนนกยักษ์ *Zophobas morio* Fabricius ในการเป็นอาหารของมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Wolff). **วารสารเกษตร**. 27(3): 209-218.

คม ชัด ลึก. 2554. แอฟริกาใช้หนอนแมลงวันเป็นอาหารสัตว์. ข่าวต่างประเทศ วันที่ 26 ธันวาคม 2554. [Online]. Available: http://www.komchadluek.net/news/foreing/118800. (กันยายน 2559).

คริษฐ์สพล หนูพรหม. 2559. **หลักการผลิตผัก**. สหมิตรพัฒนาการพิมพ์. สงขลา. 200 น.

จิตเกษม หลำสะอาด. 2544. การศึกษาชนิดและคุณค่าทางอาหารของแมลงกินได้ทางภาคใต้ตอนบน. **แก่นเกษตร.** 29: 45-49.

ณัณญรัตน์ คุ้มครอง กมลพรรณ เจือกโว้น โสภณ บุญล้ำ และ พีรวัจน์ ชูเพ็ง. 2557. ผลของการเสริมหนอนนกต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุน และผลตอบแทน ของการเลี้ยงเม่นแคระ. **วารสารเกษตร**. 31(2): 135-143.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2543. “ขบวนการหลังการเก็บเกี่ยวแครอทและเบบี้แครอท” มาตรฐานผักบนที่สูง. งานคัดบรรจุเชียงใหม มูลนิธิโครงการหลวง. หน้า 57-58.

ทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2555. ความยั่งยืนของธุรกิจแมลงกินได้. **วารสารแก่นเกษตร**. 40 : 203-206

ธงชัย บุณยโชติมา. 2556. แมลงกำลังจะเป็นอาหารสัตว์.[Online]. Available: http://www.cpthailand.com. (กันยายน 2559).

นิจศิริ เรืองรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547. หนังสือสมุนไพรไทย เล่ม 1. 327น.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2550. สภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงหนอนนก (*Tenebrio molitor* L.) เชิงอุตสาหกรรม เขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. **Journal of Community Development Research**. 1(1): 1-13.

นันทกานต์ สัตยวงศ์. 2557 . แมลงทอด อร่อยดี มีคุณค่า. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** 62(194): 42-43.

มานิต ธีระตันติกานนท. 2553. แตงโมผลไม้ปลอดภัยมีประโยชน์. แหล่งที่มา (Available Source) : http://www.vcharkarn.com/Varticle/40390, 18 เมษายน พ.ศ. 2562.

ยุพา หาญบุญทรง อาจินต์ รัตนพันธุ์ ยงยุทธ ไวคกุล และองุ่น ลิ่ววานิช. 2544. การสำรวจแมลงกินได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **แก่นเกษตร.** 29: 35-44.

วรยุทธ พลเสน และ กรินทร์ อยู่เกิด. 2561. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 1-4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัชรวิทย์ รัศมี. 2558. ผลของอาหาร 4 ชนิดต่อน้ำหนักของหนอนนก. การประชุมเชิงวิชาการและการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2. วิทยาลัยนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. หน้า 163-165.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2556. วิธีการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันเพื่อทดแทนโปรตีนจากอาหารสัตว์. พิมพ์ ครั้งที่ 1. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี. 11 หน้า.

สมหมาย เรียงสันเทียะ และ อัจฉรี เรืองเดช. 2558. การใช้จิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารกบ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 33(2): 102-109.

สายชล เลิศสุวรรณ และ วรพงษ์ นลินานนท์. 2561. ผลของการใช้หนอนนกป่นในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น. **แก่นเกษตร**. 46 ฉบับพิเศษ:2561. 566-570.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2530. ก้าวไปกับสมุนไพร เล่ม 2. ธรรกมลการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 207น.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ฟักเขียว. ระบบวินิจฉัยและการรักษาอาการอันเนื่องจากพืชพิษในประเทศไทย. 2530. แหล่งที่มา (Available Source) : http://www.medplant.mahidol.ac.th/pharm/botanic.asp?bc=0471&kw=%BF%D1%A1%E0%A2%D5%C2%C7, 18 เมษายน พ.ศ. 2562.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ฟักทอง. ระบบวินิจฉัยและการรักษาอาการอันเนื่องจากพืชพิษในประเทศไทย. 2530. แหล่งที่มา (Available Source) : http://www.Medplant.mahidol.ac.th/pharm/botanic.asp?bc=0473&kw=%BF%D1%A1%B7%CD%A7*, 18 เมษายน พ.ศ. 2562.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. มันแกว. ระบบวินิจฉัยและการรักษาอาการอันเนื่องจากพืชพิษในประเทศไทย. 2530. แหล่งที่มา (Available Source) : http://www.medplant.mahidol.ac.th/tpex/, 18 เมษายน พ.ศ. 2562.

สุปราณี เลี้ยงพรพรรณ. 2550. การบริโภคแมลงส่งผลต่อมนุษย์อย่างไร. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 10(2): 1-11.

โสภณ บุญล้ำ. 2556. คู่มือเพาะเลี้ยงหนอนนก. เอกสารวิชาการ โครงการคลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีงบประมาณ 2556. 24/201372174401.pdf. (สิงหาคม 2559).

อภินันท์ สุวรรณรักษ์. 2543. หนอนนก : อาหารสุขภาพสัตว์. **วารสารแม่โจ้ปริทัศน์**. 1(6): 68-75.

อุไรวรรณ นิลเพ็ชร์ รักเกียรติ แสนประเสริฐ และเฉลียว บุญมั่น. 2542. การศึกษาชนิดและคุณค่าทางอาหารของแมลงที่พบในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. **วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**. 2: 29-34.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abd Rahman Jabir, M. D., Razak, S. A. and Vikineswary, S. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. **African Journal of Biotechnology** Vol. 11(24). pp. 6592-6598.

Abd Rahman Jabir, M.D., Razak, S.A. and Vikineswary, S. 2012a. Chemical composition and nutrient diges.tibility of super worm meal in red tilapia. juvenile. **Pakistan Veterinary Journals**. 32 (4): 489-493.

Amza, N. and Metekia, T. 2017. Insects as an option to conventional protein sources in animal feed: a review paper. **Global Journals Incorporated**. USA. 17: 30-42.

Anankware, P.J., Fening, K,O., Osekre, E., and Obeng-Ofori, D. 2015. Insects as food and feed: a review. **International Journal of Agricultural Research and Review**. 3: 143-51.

Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Laconisi, V., Gasco, L. and Nizza, A. (2016). Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **American Society of Animal Science**. 94: 639-647.

Friederich, U., and Volland. W. 2004. Breeding food animals: live food for vivarium animals. Krieger publishing company, Malabar, FL, 178 p.

Fursov, V.N., and Cherney. L.S. 2018. *Zophobas atratus* (Fabricius, 1775)— New genus and species of darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) for the fauna of Ukraine. Ukr. **Entomol. J.** 1: 10–24.

Ghaly, A.E., and Fahad A. 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. **American Journal of Agricultural and Biological Science**. 4: 319–331.

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. and Fountoulaki, E. 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. Animal Feed Science and Technology journal. 1-22.

Islam, M.M. and Yang, C.J. 2016. Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with Salmonella and E. coli infection in broiler chicks.Poultry Science. 1-8.

Kim, S.Y., Kim, H.G., Song, S.H., and Kim. N.J. 2015. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. **Int. J. Ind. Entomol**. 30: 45–49.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KÖse, B., and Ozturk, E. 2017. Evaluation of worms as a source of protein in poultry. **Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences**. 31:107-111.

Makkar, H.P.S., Gilles, T., Valérie, H. and Philippe, A. 2014. State of the art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**. 197: 1-33.

Meng, T.K., Fauzi, N.A.M. and Kassim, A.S.M. 2017. The extraction of protein from superworm (*Zophobas morio*) using saline (NaCl) method. **Journal of Engineering and Applied Sciences**. 12: 6953-6957.

Nederlof, M.A.J., Durif, C.M.F., Verdegem, M.C.J., Booms, R.G.H., de Vries, E. and van Ginneken, V.J.T. 2017. Giant Mealworm (*Zophobas Morio*) as a "Vehicle" to Transport Healthy Nutritional Ingredients from Seaweed (*Ascophyllum Nodosum*) towards Fish Cultured: Amino Acids. **International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology**. Vol.4: 1-13.

Quennedey, A., Aribi, N., Everaerts, C., and Delbecque. J.-P. 1995. Postembryonic development of *Zophobas atratus* Fab. (Coleoptera: Tenebrionidae) under crowded or isolated conditions and effects of juvenile hormone analogue applications. **J. Insect Physiol**. 41: 143–152.

Ramos-Elorduy, J. 2005. Insects: a hopeful food source. In M.G. Paoletti, ed. Ecological implications of minilivestock. Science Pub. Enfield NH, USA. pp. 263-291.

Ramos-Elorduy, R., Ernesto, A.G., Alma, R.H. and José, M.P. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**. 95: 214–220.

Santisuk, T. and Larsen, K (Eds). 1997. Flora of Thailand Vol. 6 part 3. Diamond printing Co, Ltd. Bangkok. 67pp.

Tschinkel, W.R. 1993. Crowding, maternal age, age at pupation, and life history of *Zophobus atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Ann. Ent. Soc. Amer**. 86: 278–297.

Tschinkel, W.R., and Willson. C.D. 1971. Inhibition of pupation due to crowding in some tenebrionid beetles. **J. Exp. Zool**. 176: 137–145.

Williams, J.P., Williams, J.R., Kirabo, A., Chester, D. and Peterson, M. 2016. Nutrient Content and Health Benefits of Insects. Insects as Sustainable Food Ingredients. 61-84.

USDA, (2008). Diet. (Online). Available http://www.loveablepocketpets.com/diet.htm (August 5, 2008).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISFAS-0050
Seeking for Appropriate Insect Food Recipes for Mass Rearing of Super Worm (*Zophobas morio* Fabricius) in Laboratory Conditions

Potchaman Lomwong[a], Jarongsak Pumnuan[b], Ammorn Insung[c], Noratat Prachom[d]

[a,b,c] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

[d] Department of Animal Production Technology and Fishery, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

E-mail: potchaman2529@gmail.com [a], jarongsak.pu@kmitl.ac.th [b], ammorn.in@kmitl.ac.th [c], noratat.pr@kmitl.ac.th [d]

Abstract

The current market of aquaculture feed always needs fishmeal, a major component of animal feed in highly amount. But the feed production normally faces with some limits in terms of price, quantity and quality of this raw material, then the study for a high protein fishmeal replacement is needed. The super worm (*Zophobas morio* Fabricius) is an alternative insect to be used as a source of high protein and easily rearing. The objective of this study was to formulate the suitable recipe for rearing the super worm. The food for super worm included the formula of protein components (P), 18, 21 and 24% and the other formula of combination between P and wheat bran at the ratio of 1:1, 1:2 and 2:1, whereas, the control group was wheat bran (C). The rearing method containing 20 days old super worm was prepared for 100 grams (average weight of 46.39 mg per larva) and put in to the tray. Then the insect was fed separated food formulas every 7 days sufficiently and supplemented with yam at the same amount quantity of dietary. Moisture was provided by means of spraying water 2 times daily at 09.00 am and 4.00 pm. The treated super worms and the remained food were collected at 60 days old. The experiment was maintained **at** room temperature (28 – 34 ℃). Then, the feed conversion rate (FCR), and the percentage of survival were calculated. The results showed that the super worms fed on P18, P21 and P24 alone had specific growth rate and rate of survival lower (but higher FCR) than that of the other formulas which were a combination of P and C or C alone (control) with statistically significant difference ($P<0.001$). While the super worm fed on formulas of C mixed with P21, P24 at the ratio 2:1 had the percentage of survival of 73.4 to 74.1%, similarly to the control group of 76.0%. The results of this experiment implied that the recipes of wheat bran mixed with P21 and P24 at the ratio of 2:1 were suitable for rearing the super worm. However, in order to increase the efficiency of the rearing, it is necessary to study how to get higher survival rate with shorter period of faming.

Keywords: Feed, super worm, wheat bran, fishmeal, yam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Background

The super worm (*Zophobas Morio* Fabricius) belongs to the family Tenebrionidae in Coleoptera. These insect groups are highly nutritious. The worm itself contains a protein 17.4% (USDA, 2008) and can be fed easily as well as easy to handle, making humans brought farming and food animals (Srinil *et al*, 2011). The worm has four stages of growth: egg stage, larval stage (at this stage, the larvae moult 13 times). It becomes a pupa, and finally emerges to adult. The adult age is about 60-90 days (Boonlum, 2013). Current dietary protein from meat brings to gain a high risk of getting various kinds of chemicals and toxins, such as contaminated substances accelerate the red marine formations, hormones, antibiotics, etc. Therefore, the insect is another option for those who want to consume protein (Liengpornpan, 2007). The Department of Public Health's Nutrition Division (2001) had studied those edible insects and revealed that the commonly consumed insects were crickets, silkworm pupa, super worm and worm bamboo when their weighs were about 100 grams having 98-231 kcal of energy and 9-28 grams of protein, 2-20 grams of fat and 1-5 grams of carbohydrates. Proteins in insects are rather lower than that of all kinds of meat, poultry, eggs and equivalent in weight as well. Each type of different nutrients by protein content, about 40-70% (Ramos-Elorduy, 1998). Ninphet *et al.* (1999) reported that the silk pupa contained high protein up to 60-62% and 15-18% fat, oil, essential fatty acids.

At present, there are many report of culturing insect protein for animal feed to replace the diary meat. The Office of Royal Development Projects (2013) suggested a method to culture many kinds of insects to replace the protein from poultry and animals in order to reduce feed cost . Normally insect larvae contained protein 45% fat 15% fiber 6% ash 16% moisture 8% and energy 5,128 calorie per gram, which were lower compared with protein fish meal (55%). However they were close to oil extracted soybean meal as, 44% protein level. The current world greatly demand for sustainable protein foods and insect is the appropiate choice. Since there are high nutrition enrichment and can be produced at a low environmental impact compared to other processes of animal protein. Food and Agriculture Organization of the UN estimates that farmers need to increase food production by 70% over the next 40 years to meet the needs of the animal feed world. The fishmeal and soybean proteins which are often used to feed animals as chickens and pigs, but such materials are more expensive because of fish shortage (Kom-Chad-Luek. 2011). However, the utilization of the insect as protein source for human consumption and animal feed, it is necessary to find the optimize conditions of super worm rearing up. Besides, study of rearing methods resulting in high survival rates and shorter farming periods are needed.

2. Methods

2.1 Stock culture of insects

The super worms (*Zophobas Morio* Fabricius) at 60-70 days old were obtained from the farms located in Nong Chok district, Bangkok. They were reared until became adults. Then

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

breeded F2 population of 100 pairs were left in a plastic tray measuring 28 x 42 x 9.5 cm, which females started to lay eggs 5 - 7 days and developed into larvae (Boonlum, 2013). The insect parents were removed to a new tray. The newly hatched larvae were still cultured in the same tray until reached to the age of 20 days and, then 20 days old larvae were used for further study. The experiment was maintained at room temperature (28 – 34 ℃).

2.2 Preparation of food

Previous study revealed that the main suitable recipes for supporting the growth of super worm were the mixture of protein (P) at 18, 21 and 24%, mixed with wheat bran (C) at the ratio of 1:1, 1:2, and 2:1.

2.3 Test of food recipes

The food recipes of combinations of protein (P) at 18, 21 and 24%, mixed with wheat bran (C) at the ratio of 1:1, 1:2 and 2:1 were fed by 20 days old super worm containing 100 grams (average body weight of 50.00 mg) maintained in separated tray. Feeding applications were made every 7 days with 300 grams of different recipes and supplemented with yam 100 grams, 3 times. The worms were weighed at 45 days old and then divided them into two trays, until reached to 60 days. The moisture was allowed by means of an aerosol spray of water 2 times daily at 09.00 am and 04.00 pm. Data were recorded every 7 days and feed conversion ratio (FCR) as well as specifications percentage growth rates (% SGR) and survival percentage were calculated.

2.4. Statistical analysis

The experimental design was CRD (completely randomized design). Obtained data were analyzed statistically using analysis of variance (ANOVA), and analysis of statistical difference by comparison with the DMRT (Duncan's new multiple range test) with the confidence level of 95% ($p < 0.05$) using the program SAS.

3. Results

The 20–60 days old super worm fed different food formulas at room temperature to obtain various growth parameters was investigated. The result revealed that the highest percentage of survival rate appeared when the super worm fed wheat bran (CP00-00) with 76.04%. It was not significantly different with CP24-21 presenting 74.05%, the followed recipe was CP21-21 of 73.36%. The treatment of CP18-01 gave the most feed convention rate (FCR) with 5.40, followed by CP21-01 and CP24-01 at 4.72 and 4.70, respectively, which both was not significantly different. As for the percentage specific growth rate (SGR), CP24-21 presented the best promotor with 6.27% but not much difference than that of CP24-11 and CP18-11 with 6.25 and 6.19%, respectively. There was not significantly different among them. Remarkably result found on treatments of CP24-21, CP24-11 and CP18-11 that gave high weight of super worm with non-significant difference among them of 570.4, 566.4 and 551.6 mg, respectively. The length of super

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

worm was similar to that of the weight when the maximum length occurred in CP24-21 with 4.64 cm, followed by CP24-11 with 4.62 cm. (Table1.). Obtained result may conclude that CP24-21 and CP24-11 were appropriate food to be prepared for super worm rearing. Rassami (2015), studied the comparison of rearing mealworm (*Tenebrio molitor*) with 4 types of food as small chicken food, wheat bran, soybean meal mixed with fish meal and cassava starch and found that the small chicken food was the best, followed by wheat bran, soybean meal, soybean meal mixed with fish meal.

Table 1: Survival rates percentage, FCR, SGR (%), weight and length of the super worms fed different food formulas at 60 days old.

Formula	% Survival rates	FCR	%SGR	Weight (mg) at 60 days old	Length (cm)
CP00-00	76.04±5.39 a	2.61±0.09 c	6.01±0.10 ab	513.13±19.83 b	4.47±0.06 cd
CP18-01	60.31±6.33 de	5.40±0.18 a	5.03±0.26 e	237.09±24.22 d	3.36±0.06 g
CP18-11	65.08±6.21 cd	2.83±0.20 c	6.19±0.10 ab	551.60±22.23 ab	4.42±0.03 d
CP18-12	70.91±3.59 abc	2.80±0.60 c	5.89±0.40 bc	531.90±20.93 ab	4.49±0.09 bcd
CP18-21	70.65±1.66 abc	2.48±0.27 c	6.24±0.12 a	563.64±26.49 a	4.42±0.05 d
CP21-01	51.54±6.33 f	4.72±0.13 b	5.67±0.26 cd	307.06±32.95 c	3.69±0.20 e
CP21-11	67.28±4.14 bcd	2.80±0.26 c	6.13±0.06 ab	538.64±13.57 ab	4.55±0.05 abc
CP21-12	70.76±2.72 abc	2.79±0.32 c	5.99±0.20 ab	510.61±39.72 b	4.37±0.03 d
CP21-21	73.36±6.02 ab	2.58±0.35 c	6.13±0.21 ab	540.49±46.70 ab	4.58±0.12 abc
CP24-01	53.81±5.76 ef	4.70±0.28 b	5.58±0.30 d	297.01±34.98 c	3.52±0.12 f
CP24-11	66.28±6.61 bcd	2.71±0.18 c	6.25±0.24 a	566.42±53.43 a	4.62±0.12 ab
CP24-12	67.54±6.27 bcd	2.71±0.22 c	6.18±0.08 ab	549.08±18.40 ab	4.59±0.08 abc
CP24-21	74.05±3.19 ab	2.40±0.20 c	6.27±0.11 a	570.37±24.80 a	4.64±0.11 a

CP00-00 = Wheat bran: P18 (formula with protein 18%) = 1: 0, CP18-01, CP18-11, CP18-12, CP18-21 = Wheat bran: P18 (diet with protein 18%) = 0, 1: 1, 2: 0: 1, 1: 1, 1: 2, 2: 1 respectively, CP21-01, CP2111, CP2112, CP2121 = Wheat bran: P21 (formula with protein 21%) %) = 0, 1: 1, 2: 0: 1, 1: 1, 1: 2, 2: 1 respectively and CP24-01, CP24-11, CP24-12, CP24-21 = wheat bran: P24 (formula with protein 24%) = 0: 1, 1: 1, 1: 2, 2: 1 respectively, FCR = feed conversion ratio, , SGR = Specific growth rate

Acknowledgments

The research project was supported by grant #256102A1180009 **"**A model of community based innovative protein production for feed industry**"** from the National Science and Technology and Innovation Policy Office and the National Research Council of Thailand**.** We also thank the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) for their kind encouragement.

4. References

Boonlum, S. (2013). The Mealworm Breeding Manual. Suratthani Rajabhat University. approved by the Ministry of Science and Technology. FY 2013. 24/201372174401. (in Thai)

Kom-Chad-Luek. (2011). Africa uses fly larvae as feed. Foreign news. 26 December2011. [Online]. (Available Source): http://www.komchadluek.net/news/foreing/118800, (September 2016).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liengpornpan, S. (2007). How does insect eating affect human being. *Thaksin University Journal*, 10(2); 1-11. (in Thai)

Ninphet, U., Sanprasert, R. and Boonman, C. (1999). Study on kinds and nutritive values of insects found at Ubonratchathani University. *Journal of Science and Technology*, 2; 29-34.

Ramos-Elorduy, J. (1998). Creepy Crawly Cuisine: the Gourmet Guide to Edible Insect. Rochester VT, USA, Park Street Press. 150 pp.

Rassami, W. (2015). Effective of four feeding type on growth weight of mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.). The National Conference and Research Presentation 2015 "Create and Development to Approach ASEAN Community II". Nakhon Ratchasima College, Muang District, Nakhon Ratchasima, 163-165.

Srinil, K., Buranapanichpan, S., Chanbang, Y., Kulsarin, J. and Pongprasert, W. (2011). Potential of superworm, *Zophobas morio* Fabricius, as food for predatory bug, *Eocanthecona furcellata* (wolff). *Journal of Agriculture*, 27(3); 209-218.

The Department of Public Health's Nutrition Division. (2001). Nutritive values of Thai foods 1. WVO officer of printing mill, Bangkok. September 2001.

The Office of Royal Development Projects. (2013). How to cultivate maggot to replace the protein from animal feed 1. The Kung Krabaen Bay Development Study Center. Due to the initiative of Tha Mai district, Chanthaburi province. (in Thai)

USDA. (2008). Diet. [Online]. (Available Source): http://www.loveablepocketpets.com/diet.htm, (August 2008).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาว พจมาน ล้อมวงค์

วัน เดือน ปีเกิด : 24 มิถุนายน พ.ศ. 2529

ที่อยู่ปัจจุบัน : 7/3 หมู่ที่14 ตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง จังหวัด สมุทรปราการ

ประวัติการศึกษา : (2548) สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมตอนต้นและมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนพรตพิทยพยัต กรุงเทพมหานคร

(2552) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชา เทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

(2566) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ภาควิชา เทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ผลงานวิจัย : Lomwong, P., Pumnuan, J., Insung, A. and Prachom, N. 2019. Seeking for Appropriate Insect Food Recipes for Mass Rearing of Super Worm (*Zophobas morio* Fabricius) in Laboratory Condition. International Symposium on Fundamental and Applied Sciences. Hokkaido. Japan. 293-297p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้