

อิทธิพลของอาหารต่อปริมาณไข่ของตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลี

Tenebrio molitor L. (Coleoptera: Tenebrionidae)

The Effective of Diets on Egg Quantity of Yellow Mealworm Adult,

Tenebrio molitor L. (Coleoptera: Tenebrionidae)

เทวี มณีรัตน์^{1*}, ไกรศรี ศรีสุข¹ และ นูริฮัน อาร์ลิมิง¹

Tewee Maneerat^{1*}, Kaisee Seesuk¹ and Nurihan Arliming¹

บทคัดย่อ: หนอนมอดรำข้าวสาลี (หนอนนก) (mealworm, yellow mealworm) *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) เป็นแมลงเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง เกษตรกรนิยมเลี้ยงหนอนชนิดนี้ด้วยรำข้าวสาลีและอาหารไก่ไข่ ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงและยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงเพิ่มปริมาณมอดรำข้าวสาลีได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารและศึกษาอิทธิพลของสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของ ยีสต์ รำละเอียด รำข้าวสาลี แคลเซียม ข้าวโพด และปลายข้าวหัก ในอัตราส่วนที่แตกต่างจำนวน 5 สูตร (D1, D2, D3, D4 และ D5) เปรียบเทียบกับอาหารไก่ไข่ (D6) และรำข้าวสาลี (D7) ต่อปริมาณไข่ของตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลีในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้พ่อแม่พันธุ์หนอนมอดรำข้าวสาลีจำนวน 30 คู่ เก็บข้อมูลจำนวนไข่ของมอดรำข้าวสาลีโดยเริ่มเก็บครั้งแรกเมื่อตัวเต็มวัยมีอายุ 10 วัน เก็บข้อมูลทุก 2 วันจำนวน 15 ครั้ง พบว่า จำนวนไข่เฉลี่ยของหนอนมอดรำข้าวสาลีเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ D1, D2 และ D4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับรำข้าวสาลี (control) ($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงจำนวนไข่เฉลี่ยต่อเพศเมียพบว่าเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารสูตร D4 และ D2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอาหารสูตร D4 ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ทั้งหมดและจำนวนไข่ต่อเพศเมียสูงที่สุด เท่ากับ $1,496.33 \pm 159.38$ และ 99.75 ± 10.63 ฟองตามลำดับ และรองลงมาคืออาหารสูตร D2 เท่ากับ $1,375.67 \pm 360.03$ และ 91.71 ± 24.00 ฟอง ตามลำดับ

คำสำคัญ: มอดรำข้าวสาลี, สูตรอาหาร, ปริมาณไข่

ABSTRACT: Mealworm or yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) was the economic insect. For the commercial production of this insect was fed with layer feed and wheat bran but the price is quite high and it is not clear that it is suitable for mass production of mealworm in large scale. The aim of this study was determined to develop artificial diet 5 formulas which varies ingredients; yeast, rice bran, wheat bran, calcium, corn and rice. The diet formulas were compared with wheat bran and layer feed for rearing mealworm. The experiment was design in completely randomized design (CRD) with 4 replications by using 30 couples of mealworm adults/replication. The number of eggs were collected start at 10 days old adults and repeated every 2 days for 15 times. The result was revealed that, the average number of mealworm eggs when fed on diet formulas, D1, D2, D4 and D7 (control) were not significant ($P>0.05$) and average number of egg per female were not significant on diet formula D2 and D4 ($P>0.05$). Moreover, the diet formula D4 was gave the highest average number of mealworm eggs and number of egg per female were $1,496.33 \pm 159.38$ and 99.75 ± 10.63 eggs, respectively and lower that were diet formula D2 were $1,375.67 \pm 360.03$ and 91.71 ± 24.00 eggs, respectively.

Keywords: Yellow mealworm, diet formula, egg quantity

¹ สาขาวิชากีฏวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์ และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002
Entomology Section, Department Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: nutchare@kku.ac.th

บทนำ

แมลง เริ่มเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในแง่ที่มีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ทั้งทางเกษตรกรรม แมลงศัตรูธรรมชาติ การย่อยสลายเศษซากวัสดุทางการเกษตร และโพนหรือยีสสังเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แมลงเพื่อเป็นแหล่งอาหารทางเลือก เนื่องจากแมลงอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นกับร่างกายของมนุษย์และสัตว์ (Kourimska and Adamkova, 2016) อีกทั้งยังเป็นแหล่งอาหารที่ปลอดภัยในขนาด ในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือได้มีการรายงานถึงแมลงที่กินได้มากกว่า 1,600 ชนิด (Durst et al., 2010) ประเทศไทยมีการรายงานถึงการบริโภคแมลงถึง 200 ชนิด หนึ่งในนั้นคือ มอดรำข้าวสาลี หรือหนอนนก มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) แม้จะไม่มี การพูดถึงการบริโภคของหนอนมอดรำข้าวสาลี ในประเทศไทย แต่ในขณะเดียวกันมีการผลิตเป็นแมลงเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้เกษตรกร (ลีอกาจ, 2554) ผลิตสำหรับการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง (โสภณ, 2555) และในปัจจุบันได้มีการนำหนอนมอดรำข้าวสาลี เพื่อเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ ทดแทนปลาป่นและกากถั่วเหลือง เนื่องจากใช้ต้นทุน พื้นที่ และระยะเวลาในการผลิตต่ำ ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม (Thevenot, et al. 2018)

การเพาะเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีต้องอาศัยเทคนิคการดูแล และการบริหารจัดการเพื่อส่งเสริมการตลาดและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค สิ่งสำคัญในการเพาะเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีให้ได้ปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการของตลาด คือ การใช้อาหารที่มีความเหมาะสมกับแมลงเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีใช้รำข้าวสาลีเป็นอาหารหลัก ซึ่งรำข้าวสาลีต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีราคาสูง และหาซื้อยากในบางพื้นที่ ส่งผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีสูงตามไปด้วย (โสภณ, 2555) นอกจากรำข้าวสาลีแล้ว ยังมีการใช้

อาหารไก่สำเร็จรูปแทนรำข้าวสาลี อาหารสำเร็จรูปเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการเลี้ยงและหนอนมอดรำข้าวสาลีจนเจริญเติบโตครบวงจรชีวิต ใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตประมาณ 2-3 เดือน (โสภณ, 2556) แต่จากการรายงานในต่างประเทศพบว่าหนอนมอดรำข้าวสาลีมีวงจรชีวิตประมาณ 2 เดือน อาจเป็นไปได้ว่าโภชนาการที่ได้จากอาหารไก่แม้ว่าสามารถทำให้หนอนมอดรำข้าวสาลีเจริญเติบโตมีครบวงจรชีวิต แต่ยังคงใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่ยาว จึงอาจยังไม่ใช่อาหารที่เหมาะสมสำหรับหนอนมอดรำข้าวสาลี งานวิจัยครั้งนี้เล็งเห็นดังปัญหาเช่นเดียวกัน จึงได้ทำการปรับสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลี โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบอิทธิพลของอาหารต่อปริมาณไข่ของตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลีเปรียบเทียบกับอาหารที่เกษตรกรกรใช้ คือ อาหารไก่ไข่ และแฉะรำข้าวสาลี เพื่อนำมาใช้เป็นสูตรอาหารตั้งต้นในการพัฒนาสูตรอาหารและเพิ่มความสามารถในการผลิตหนอนนกในเชิงอุตสาหกรรมในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์หนอนมอดรำข้าวสาลี *T. molitor*

ทำการเพาะเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลี อายุ 2 เดือน ในกล่องพลาสติกทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24.5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ที่เจาะฝากล่องเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร และกรุด้วยตาข่ายตาถี่บริเวณที่เจาะเพื่อระบายอากาศ แต่ละกล่องใส่หนอนมอดรำข้าวสาลีจำนวน 200 กรัม และให้อาหารไก่ไข่ปริมาณ 10 กรัมต่อวัน และร่อนเอามูลหนอนและคราบหนอนออกทุก 7 วัน จนกระทั่งหนอนมอดรำข้าวสาลีเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะดักแด่ นำดักแด่ไปใส่ในกล่องพลาสติกใบใหม่เพื่อนำดักแด่ที่ได้ไปใช้ในการทดสอบอาหารต่อไป

การศึกษากิจกรรมของอาหารต่อปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลี *T. molitor*

การเตรียมดักแด่เพื่อใช้ในการทดลองโดยนำ

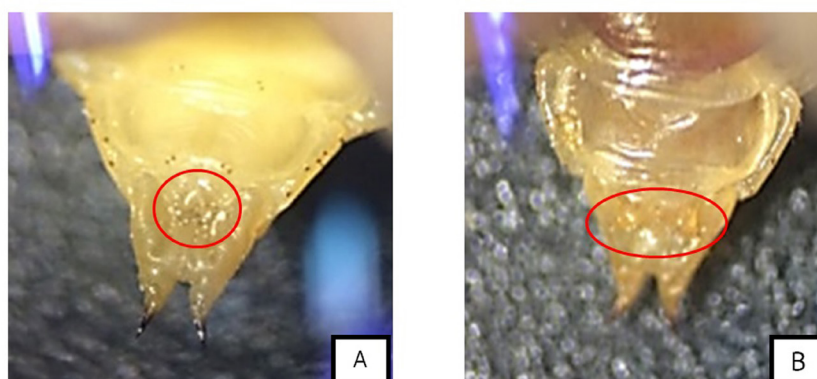


Figure 1 Sexual characteristic of yellow mealworm; *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae, male (A) and female (B)

ดักได้ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีในห้องปฏิบัติการ มาทำการแยกเพศภายใต้กล้อง Stereo microscope โดยสังเกตจากอวัยวะที่ยื่นออกมาจากบริเวณปลายส่วนท้องหรือท้องปล้องที่ 8 ของดักแด้ ซึ่งอวัยวะเพศผู้มียลักษณะคล้ายสรณูเดียว (Figure 1A) และอวัยวะเพศเมียมีลักษณะคล้ายสรณูคู่ปลายแยกออกจากกัน (Figure 1B) จากนั้นแยกดักแด้แต่ละเพศใส่ในกล่องพลาสติกกลมใบใหม่ เมื่อตัวเต็มวัยลอกคราบและเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยจึงนำไปใช้ในการทดลอง

การเตรียมอาหารสำหรับใช้ในการศึกษาโดยมีส่วนผสมหลัก คือ ส่วนผสมของ ยีสต์ รำละเอียด รำข้าวสาลี แคลเซียม รำข้าวโพด ปลายข้าวหัก และ

ยีสต์ นำส่วนผสมดังกล่าวข้างต้น มาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 5 ชั่วโมง เพื่อกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บที่อาจปนเปื้อนอยู่ส่วนผสมอาหาร และทำการชั่งตามสัดส่วน (Table 1) บั่นส่วนประกอบแต่ละชนิดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และผสมส่วนประกอบต่างๆ ของอาหารเข้าด้วยกัน เตรียมอาหารไก่ไข่ และรำสาลี ซึ่งเป็นอาหารที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงหนอนนกในปัจจุบัน ใช้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ (control)

การศึกษาอิทธิพลของอาหารต่อปริมาณการวางไข่ของตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลี ด้วยการให้อาหารที่ทำการปรับสัดส่วนของส่วนประกอบแต่ละชนิดเป็นอาหารเปรียบเทียบการให้อาหารไก่ไข่และ

Table 1 Ingredients of diet formulas for mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae)

Diet formulas	Ingredients (% / W)					
	Yeast	Wheat bran	Rice bran	Calcium	Corn	Rice
D1	3.36	35.32	33.64	2.44	8.41	16.97
D2	2.55	35.63	33.93	2.44	8.48	16.97
D3	1.71	35.94	34.23	2.44	8.56	17.12
D4	0.86	36.26	34.54	2.44	8.63	17.27
D5	0.00	36.59	34.84	2.44	8.71	17.42
D6	Layer feed					
D7 (Control)	Wheat bran 100%					

รำสาลี ในงานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี (อาหาร 7 สูตร) แต่ละกรรมวิธี ทำ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลีที่เพิ่งฟักออกจากดักได้ในวันเดียวกันจำนวน 30 คู่ ใช้ปากคีบ (forcep) แยกตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลีใส่ในกล่องทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 4.5 เซนติเมตร และใช้กระดาษขาวรองที่ก้นกล่องเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บไข่ของมอดรำข้าวสาลี จากนั้นให้อาหารแต่ละสูตรปริมาณ 5 กรัม เลี้ยงตัวเต็มวัยในกล่องเป็นระยะเวลา 10 วัน ย้ายตัวเต็มวัยของมอดรำข้าวสาลีใส่กล่องใหม่และให้อาหารแต่ละสูตรที่ทำการทดลอง ทำการตรวจนับจำนวนไข่ภายใต้กล้อง Stereo microscope จุดบันทึกข้อมูล และทำการย้ายตัวเต็มวัยและนับจำนวนไข่ทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน (15 ครั้ง) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ โดยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test

ผลการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลของอาหารต่อปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลี *T. molitor*

อิทธิพลของอาหารต่อปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลี เมื่อเลี้ยงตัวเต็มวัยของมอดรำข้าวสาลี จำนวน 30 คู่ ด้วยอาหารที่ทำการพัฒนาทั้ง 5 สูตร (D1, D2, D3, D4 และ D5) เปรียบเทียบกับอาหารที่เกษตรกร

ใช้ คือ อาหารไก่ไข่ (D6) และรำข้าวสาลี (D7) จำนวน 15 ครั้ง (เป็นระยะเวลา 30 วัน) พบว่า เมื่อเลี้ยงตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลี ด้วยอาหารสูตร D4, D2, D7 (control) และ D1 ให้ค่าเฉลี่ย (mean±s.d.) ปริมาณไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เท่ากับ $1,496.33\pm159.38$, $1,375.67\pm360.03$, $1,124.50\pm285.99$ และ $1,086.33\pm108.74$ ฟอง ตามลำดับ ในขณะที่อาหารสูตร D6 (อาหารไก่ไข่) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่เกษตรกรผู้เลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีนิยมใช้สำหรับเลี้ยงหนอนให้ปริมาณไข่ต่ำที่สุด เท่ากับ 452.00 ± 208.31 ฟอง และเมื่อนำข้อมูลปริมาณไข่มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า เมื่อเลี้ยงมอดรำข้าวสาลีด้วยอาหารสูตรที่ 1, 2, 4 และ 7 ปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลีที่เวลา 30 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 2)

นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลปริมาณไข่ที่ได้จากการเลี้ยงตัวเต็มวัยของมอดรำข้าวสาลีด้วยอาหารทั้ง 7 สูตร มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ต่อตัวเต็มวัยเพศเมีย พบว่าปริมาณไข่เฉลี่ยเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตรอยู่ในช่วง 1.67–6.87, 2.69–8.16, 0.84–6.56, 3.87–9.38, 0.62–8.56, 0.20–5.04 และ 0.16–14.09 ฟองต่อตัวเต็มวัยเพศเมียตามลำดับ และปริมาณไข่รวมเฉลี่ยต่อเพศเมียตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล พบว่า เมื่อเลี้ยงมอดรำข้าวสาลีด้วยอาหารทั้ง 7 สูตร มีปริมาณไข่เฉลี่ย (mean±s.d.) เท่ากับ 72.42 ± 7.25 , 91.71 ± 24.00 , 57.56 ± 13.74 , 99.75 ± 10.63 , 60.84 ± 13.19 , 30.13 ± 13.89 และ

Table 2 Total number of yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) eggs when fed adult with different diet formulas for 15 times

Diet formulas	Number of eggs/30 pairs (mean ± s.d.) ^{1/}
D1	$1,086.33 \pm 108.74^{ab}$
D2	$1,375.67 \pm 360.03^a$
D3	929.25 ± 213.75^b
D4	$1,496.33 \pm 159.38^a$
D5	912.67 ± 197.79^b
D6 (layer feed)	452.00 ± 208.31^c
D7 (wheat bran)	$1,124.50 \pm 285.99^{ab}$

^{1/} Means values within the same column with different superscript are significantly different by DMRT ($P<0.05$).

Table 3 The amount number eggs per female of yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) when fed on different diet formulas which started at 10 days old mealworm and checked every two days for 15 times.

Time	Number of eggs per female of <i>T. molitor</i> when fed on 7 diet formulas (mean $\pm$ s.d.) ^{1/}													
	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7	
1	4.42 $\pm$ 0.57 ^b	0.57 ^b	4.56 $\pm$ 0.62 ^b	0.62 ^b	4.20 $\pm$ 0.75 ^{bc}	0.75 ^{bc}	4.62 $\pm$ 1.93 ^b	1.93 ^b	3.18 $\pm$ 0.61 ^{bc}	0.61 ^{bc}	2.04 $\pm$ 0.82 ^c	0.82 ^c	7.78 $\pm$ 2.17 ^a	2.17 ^a
2	6.18 $\pm$ 0.61 ^b	0.61 ^b	5.60 $\pm$ 1.24 ^b	1.24 ^b	6.56 $\pm$ 1.72 ^b	1.72 ^b	7.96 $\pm$ 2.53 ^b	2.53 ^b	4.98 $\pm$ 2.97 ^b	2.97 ^b	4.51 $\pm$ 0.14 ^b	0.14 ^b	14.09 $\pm$ 1.35 ^a	1.35 ^a
3	6.24 $\pm$ 0.25 ^{ab}	0.25 ^{ab}	6.44 $\pm$ 2.03 ^{ab}	2.03 ^{ab}	4.98 $\pm$ 1.24 ^b	1.24 ^b	6.73 $\pm$ 0.23 ^{ab}	0.23 ^{ab}	7.38 $\pm$ 1.56 ^{ab}	1.56 ^{ab}	5.04 $\pm$ 1.01 ^b	1.01 ^b	10.04 $\pm$ 5.57 ^a	5.57 ^a
4	6.87 $\pm$ 1.22 ^{abcd}	1.22 ^{abcd}	8.16 $\pm$ 3.85 ^{ab}	3.85 ^{ab}	4.95 $\pm$ 1.00 ^{cd}	1.00 ^{cd}	7.16 $\pm$ 1.32 ^{abc}	1.32 ^{abc}	5.76 $\pm$ 1.14 ^{bcd}	1.14 ^{bcd}	4.04 $\pm$ 0.75 ^d	0.75 ^d	8.80 $\pm$ 1.32 ^a	1.32 ^a
5	6.76 $\pm$ 1.44 ^{ab}	1.44 ^{ab}	6.75 $\pm$ 1.50 ^{ab}	1.50 ^{ab}	6.11 $\pm$ 1.87 ^{ab}	1.87 ^{ab}	9.36 $\pm$ 2.75 ^a	2.75 ^a	8.56 $\pm$ 3.17 ^{ab}	3.17 ^{ab}	3.96 $\pm$ 4.09 ^b	4.09 ^b	8.55 $\pm$ 1.28 ^{ab}	1.28 ^{ab}
6	6.17 $\pm$ 1.17 ^b	1.17 ^b	7.58 $\pm$ 1.43 ^{ab}	1.43 ^{ab}	6.18 $\pm$ 2.27 ^b	2.27 ^b	9.38 $\pm$ 1.63 ^a	1.63 ^a	5.91 $\pm$ 1.78 ^b	1.78 ^b	2.29 $\pm$ 1.98 ^c	1.98 ^c	6.47 $\pm$ 0.77 ^{ab}	0.77 ^{ab}
7	6.60 $\pm$ 0.90 ^{ab}	0.90 ^{ab}	6.33 $\pm$ 0.24 ^{ab}	0.24 ^{ab}	6.20 $\pm$ 0.58 ^{ab}	0.58 ^{ab}	8.49 $\pm$ 2.32 ^a	2.32 ^a	5.82 $\pm$ 0.64 ^{ab}	0.64 ^{ab}	2.27 $\pm$ 2.12 ^c	2.12 ^c	4.78 $\pm$ 0.40 ^{bc}	0.40 ^{bc}
8	4.96 $\pm$ 0.94 ^{abc}	0.94 ^{abc}	7.86 $\pm$ 0.76 ^{ab}	0.76 ^{ab}	4.73 $\pm$ 2.37 ^{bc}	2.37 ^{bc}	8.16 $\pm$ 2.64 ^a	2.64 ^a	4.62 $\pm$ 1.82 ^{bc}	1.82 ^{bc}	1.87 $\pm$ 1.97 ^c	1.97 ^c	2.71 $\pm$ 1.32 ^c	1.32 ^c
9	5.20 $\pm$ 1.10 ^{ab}	1.10 ^{ab}	7.71 $\pm$ 0.68 ^a	0.68 ^a	3.84 $\pm$ 2.49 ^{bc}	2.49 ^{bc}	7.00 $\pm$ 1.20 ^a	1.20 ^a	4.09 $\pm$ 2.47 ^{bc}	2.47 ^{bc}	0.58 $\pm$ 0.60 ^d	0.60 ^d	1.36 $\pm$ 0.77 ^{cd}	0.77 ^{cd}
10	5.67 $\pm$ 1.37 ^{ab}	1.37 ^{ab}	6.42 $\pm$ 0.57 ^a	0.57 ^a	2.80 $\pm$ 1.06 ^{cd}	1.06 ^{cd}	7.13 $\pm$ 0.48 ^a	0.48 ^a	3.67 $\pm$ 2.48 ^{bc}	2.48 ^{bc}	1.16 $\pm$ 1.34 ^d	1.34 ^d	1.02 $\pm$ 0.43 ^d	0.43 ^d
11	4.73 $\pm$ 2.03 ^{abc}	2.03 ^{abc}	7.64 $\pm$ 3.58 ^a	3.58 ^a	2.42 $\pm$ 1.22 ^{cd}	1.22 ^{cd}	5.62 $\pm$ 1.77 ^{ab}	1.77 ^{ab}	2.82 $\pm$ 1.13 ^{bcd}	1.13 ^{bcd}	0.87 $\pm$ 0.40 ^{bd}	0.40 ^{bd}	1.27 $\pm$ 1.09 ^{cd}	1.09 ^{cd}
12	2.45 $\pm$ 1.87 ^{ab}	1.87 ^{ab}	6.51 $\pm$ 5.80 ^a	5.80 ^a	1.76 $\pm$ 0.68 ^b	0.68 ^b	4.44 $\pm$ 1.39 ^{ab}	1.39 ^{ab}	1.22 $\pm$ 0.80 ^b	0.80 ^b	0.69 $\pm$ 0.63 ^b	0.63 ^b	0.53 $\pm$ 0.24 ^b	0.24 ^b
13	2.58 $\pm$ 0.78 ^{abc}	0.78 ^{abc}	3.98 $\pm$ 2.56 ^{ab}	2.56 ^{ab}	1.11 $\pm$ 0.64 ^{bc}	0.64 ^{bc}	5.56 $\pm$ 3.36 ^a	3.36 ^a	1.38 $\pm$ 0.59 ^{bc}	0.59 ^{bc}	0.36 $\pm$ 0.28 ^c	0.28 ^c	0.16 $\pm$ 0.21 ^c	0.21 ^c
14	1.93 $\pm$ 0.86 ^{abc}	0.86 ^{abc}	3.46 $\pm$ 3.53 ^{ab}	3.53 ^{ab}	0.84 $\pm$ 0.41 ^{bc}	0.41 ^{bc}	4.29 $\pm$ 2.39 ^a	2.39 ^a	0.84 $\pm$ 0.52 ^{bc}	0.52 ^{bc}	0.20 $\pm$ 0.24 ^c	0.24 ^c	0.18 $\pm$ 0.16 ^c	0.16 ^c
15	1.67 $\pm$ 1.37 ^{ab}	1.37 ^{ab}	2.69 $\pm$ 3.17 ^{ab}	3.17 ^{ab}	0.87 $\pm$ 0.78 ^{ab}	0.78 ^{ab}	3.87 $\pm$ 2.24 ^a	2.24 ^a	0.62 $\pm$ 0.54 ^b	0.54 ^b	0.27 $\pm$ 0.29 ^b	0.29 ^b	0.09 $\pm$ 0.16 ^b	0.16 ^b
Total	72.42 $\pm$ 7.25 ^{bc}	7.25 ^{bc}	91.71 $\pm$ 24.00 ^{ab}	24.00 ^{ab}	57.56 $\pm$ 13.74 ^c	13.74 ^c	99.75 $\pm$ 10.63 ^a	10.63 ^a	60.84 $\pm$ 13.19 ^c	13.19 ^c	30.13 $\pm$ 13.89 ^d	13.89 ^d	67.22 $\pm$ 13.62 ^{bc}	13.62 ^{bc}

^{1/} Means values within the same column with different superscript are significantly different by DMRT (P<0.05).

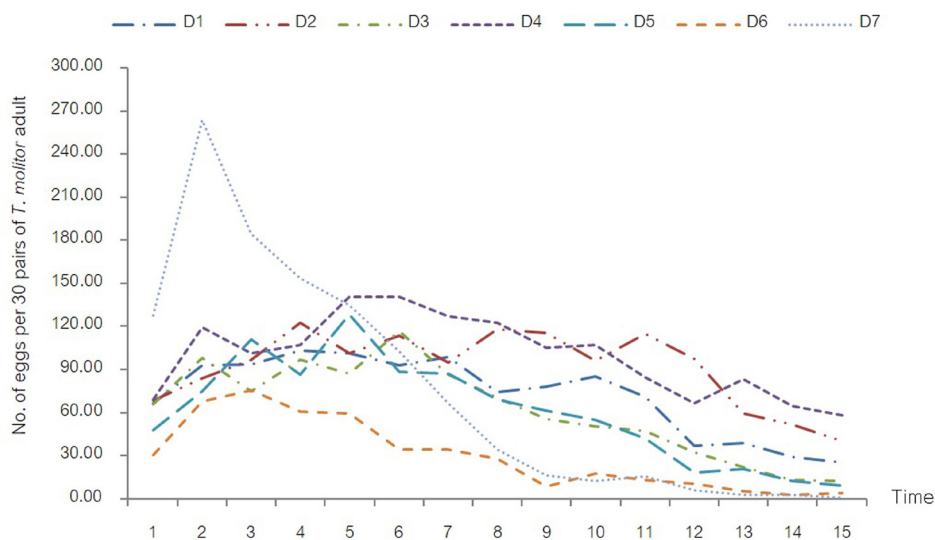


Figure 2 Number of eggs of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) when fed on different diet formulas which started at 10 days old mealworm and checked every two days for 15 times.

67.22±13.62 ฟองต่อตัวเต็มวัยเพศเมีย ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลปริมาณไข่ต่อเพศเมียมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าอาหารที่ทำการพัฒนาสูตร D2 และ D4 ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งอาหารสูตรที่ 4 ให้ปริมาณไข่เฉลี่ยต่อเพศเมียสูงที่สุด และปริมาณไข่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับการเลี้ยงมอดรำข้าวสาลี ตัวเต็มวัยด้วยอาหารสูตร D6 (อาหารไก่ไข่) และ D7 (รำข้าวสาลี) (Table 3) ซึ่งอาหารทั้งสองสูตรเป็นสูตรอาหารที่เกษตรกรใช้เลี้ยงมอดรำข้าวสาลีในปัจจุบัน

แม้ว่าจากผลการทดลองข้างต้นจะแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลีด้วยรำข้าวสาลีหรืออาหารสูตร D7 (control) ให้ปริมาณไข่ต่อกลุ่มและปริมาณไข่ต่อตัวเต็มวัยเพศเมียตลอดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณไข่ที่ได้ในแต่ละวันตลอดการทดลองพบว่าการเลี้ยงตัวเต็มวัยของมอดรำข้าวสาลีด้วยอาหารสูตร D7 ในช่วงแรกให้ปริมาณไข่ที่สูงและปริมาณไข่สูงสุดเมื่อเก็บข้อมูลในครั้งที่ 2 ปริมาณไข่เฉลี่ยสูงถึง 263.50±105.64 ฟอง หลังจากนั้นปริมาณไข่ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 13-15 พบปริมาณไข่เฉลี่ยเพียง 2.75±2.75 ฟอง แต่ในขณะที่เมื่อเลี้ยงมอดรำข้าวสาลีด้วยอาหารสูตร D4 และ D2 มีปริมาณไข่เฉลี่ยสูง โดยปริมาณไข่จากอาหารสูตร D4 มีปริมาณไข่สูงที่สุดในการเก็บข้อมูลครั้งที่ 6 ซึ่งให้ปริมาณไข่เฉลี่ย เท่ากับ 140.67±24.44 ฟอง และปริมาณไข่ต่ำสุดในครั้งที่ 15 ให้ปริมาณไข่เฉลี่ย เท่ากับ 58.00±33.60 ฟอง และในขณะเดียวกันการเลี้ยงมอดรำข้าวสาลีด้วยอาหารสูตร D2 ให้ปริมาณไข่สูงรองลงมา โดยพบว่ามีปริมาณไข่สูงที่สุดในการเก็บข้อมูลครั้งที่ 4 ซึ่งให้ปริมาณไข่เฉลี่ย เท่ากับ 122.33±46.31 ฟอง และปริมาณไข่ต่ำที่สุดในครั้งที่ 15 ให้ปริมาณไข่เฉลี่ย เท่ากับ 40.33±47.51 ฟอง (Figure 2)

ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปริมาณไข่มอดรำข้าวสาลีเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารสูตร D4 และอาหารสูตร D2 ให้ปริมาณไข่สูงที่สุดตามลำดับ และจากกราฟเส้นแสดงปริมาณไข่ในแต่ละครั้งจะเห็นได้ว่าอาหารสูตร D7 (Control) ให้ปริมาณไข่สูงกว่าอาหารสูตร D4 และอาหารสูตร D2 ในการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1-4 เท่านั้น และปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลีเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารสูตร D7 ลดลงเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง แต่ในขณะที่อาหารสูตร D4 และอาหารสูตร D2 ให้ไข่ในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่และรักษาระดับไปจนถึงการเก็บข้อมูลครั้งที่ 13 จากนั้นปริมาณไข่จึงค่อยๆ ลดลงทีละน้อย เมื่อพิจารณาจากปริมาณไข่ที่มีความแตกต่างกันระหว่างอาหารสูตร D7 (Control)

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารสูตร D2 และ D4 ซึ่งมีส่วนประกอบของยีสต์ 2.55 และ 0.86 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการกินและปริมาณไข่ที่ผลิตได้ของหนอนมอดรำข้าวสาลี อาจเนื่องมาจากยีสต์มีผลต่อการดึงดูดการเข้าหาอาหาร กระตุ้นการกินอาหาร และสร้างปฏิสัมพันธ์ของแมลง ไม่เพียงเท่านั้นยีสต์ยังช่วยกระตุ้นการสืบพันธุ์และส่งผลต่อพฤติกรรมของแมลงอีกด้วย (Stefanini, 2018) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดลอง ไม่เพียงเท่านั้นยีสต์ยังช่วยให้สิ่งมีชีวิตมีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรค (สินีนานู และ เมธา, 2558) การปรับสัดส่วนของส่วนประกอบอาหารหรือการพัฒนาอาหารเทียมสามารถช่วยให้แมลงมีการพัฒนาการเจริญเติบโต และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงแมลงในเชิงพาณิชย์ (Rumpold and Schluter, 2013) แม้ว่าผลการทดลองครั้งนี้จะแสดงให้เห็นถึงผลหรืออิทธิพลของสูตรอาหารต่อปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลีแต่ก็ยังเป็นเพียงการเริ่มต้น ยังมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อให้ได้สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมอดรำข้าวสาลีในเชิงอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

สรุป

อาหารที่ได้ทำการพัฒนาโดยใช้ส่วนผสมของ ยีสต์ รำละเอียด รำข้าวสาลี แคลเซียม ข้าวโพด และปลายข้าวหัก ทั้ง 5 สูตร สามารถทดแทนการใช้อาหารไก่ไข่และรำข้าวสาลีในการเลี้ยงตัวเต็มวัยของมอดรำข้าวสาลี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้อาหารสูตร D4 ที่มีส่วนผสมของยีสต์ 0.86 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลีสูงกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสูตร D6 (อาหารไก่) และ D7 (รำข้าวสาลี) ถึง 3.31 และ 1.48 เท่า และการใช้อาหารสูตร D2 ที่มีส่วนผสมของยีสต์ 2.55 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณไข่สูงกว่า อาหารสูตร D6 (อาหารไก่) และ D7 (รำข้าวสาลี) ถึง 3.04 และ 1.36 เท่า ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าการปรับสูตรอาหารเพื่อให้มอดรำข้าวสาลีได้รับอาหารที่เหมาะสมมีอิทธิพลต่อปริมาณไข่ของมอดรำข้าวสาลี และจะสามารถนำไปสู่การผลิตมอดรำข้าวสาลีเชิงอุตสาหกรรม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 2 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการนำเสนองานทางวิชาการ และภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่สนับสนุนการใช้เครื่องมือและสถานที่เพื่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ลีอกาจ ภูพัฒนากุล. 2554. คู่มือการเพาะเลี้ยงหนอนนก. เข้าถึงได้จาก http://km.rubber.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=606:2011-07-12-09-08-37&catid=62:2011-06-03-09-13-28&Itemid=177 (20 กุมภาพันธ์ 2561)
- สินีนาง พLOYราช และ เมธา วรณพัฒน์. 2558. ศักยภาพในการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรไบโอติกส์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วารสารแก่นเกษตร 43(1): 191-206.
- โสภณ บุญล้ำ. 2555. การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหนอนนก. วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาเชิงพื้นที่ 4(3): 1.
- โสภณ บุญล้ำ. 2556. คู่มือเพาะเลี้ยงหนอนนก. เครือข่ายการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานรากสกอ. ภาคใต้ตอนบน.
- Durst, P. B., D. V. Johnson, R.N. Leslie and K. Shono. 2010. Edible forest insects: humans bite back. Proceedings of the workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand. RAP Publication 2010/02. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Bangkok, Thailand. 2013/03. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Bangkok, Thailand.
- Hanboonsong, Y., T. Jamjanya and P. B. Durst. 2013. Six-Legged Livestock: Edible Insect Farming, Collecting and Marketing in Thailand. RAP Publication
- Kourimska, L. and A. Adamkova. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS Journal 4: 22-26.
- Rumpokd, B. A. and O. K. Schluter. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science & Emerging Technologies 17: 1-11.

- Rimungkararat, S., W. Saksirirat, R. Nopparat and A. Natongkham. 2010. P. B. Durst, D. V. Johnson, R.N. Leslie and K. Shono (Eds.), *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*, FAO, Bangkok, Thailand, pp. 189-220.
- Stefanini, I. 2018. Yeast-insect associations: It takes guts. *Ecyeast Review* 35(4): 315-330.
- Thevenot, A., J. L. Rivera, A. Wilfart, F. Maillard, M. Hassouna, T. Senga-Kiesse, S. L. Feon and J. Aubin. 2018. Mealworm meal for animal feed: Environmental assessment and sensitivity analysis to guide future prospects. *Journal of Clean Production* 170: 1260-1267.