



ผลของการใช้จิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domestica*) ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่  
และค่าชีวเคมีในเลือดของนกกกระทาญี่ปุ่น  
Effect of House Cricket Meal (*Acheta domestica*) on Egg Production, Egg Quality  
and Blood Biochemical Profile of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*)

ภาคภูมิ ซอหนองบัว\* เสาวลักษณ์ คิอินธิ กนกพร สายธิไชย วรินทร์ ศรีนาม และจักรพรรดี ประชาชิต  
Pakpoom Sawongbua\*, Saowalak Kiinti, Kanokporn Saitichai, Warintorn Srinam and Jakkapat Prachachit

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000  
Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,  
Muang, Sakon Nakhon 47000, Thailand

\*Corresponding author, e-mail: pakpoom@snru.ac.th

(Received: Feb 3, 2024; Revised: May 29, 2024; Accepted: June 20, 2024)

### บทคัดย่อ

จิ้งหรีดทองแดงลายมีระดับโปรตีนสูง จึงอาจนำมาในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารนกกกระทาญี่ปุ่นได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และค่าชีวเคมีในเลือดของนกกกระทาญี่ปุ่น โดยใช้นกกกระทาเพศเมียอายุ 9 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ 10 ตัว นกกกระทาในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ตามลำดับ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ระยะเวลาการทดลอง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ ผลผลิตไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (FCR) น้ำหนักไข่ มวลไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง ความหนาของเปลือกไข่ สีของไข่แดง ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และฮีโมโกลบิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ค่าฮอพยูนิต (Haugh unit) ในกลุ่มนกกกระทาที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นที่ระดับ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มอื่น ( $P<0.01$ ) ดังนั้นจึงสามารถใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นได้ 8 เปอร์เซ็นต์เพื่อทดแทนปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนกกกระทาญี่ปุ่น

**คำสำคัญ :** จิ้งหรีด นกกกระทาญี่ปุ่น สมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ ชีวเคมีในเลือด

### Abstract

House crickets contain a high protein content, which might be a source of protein in the Japanese quail diet. Therefore, this research aimed to study the effect of house cricket meals on egg production egg quality and the blood biochemical profile of Japanese quail. A total of 200 laying Japanese quail, 9 weeks of age were randomly assigned to 5 groups with 4 replicates of 10 birds. The birds were fed a dietary treatment containing 5 levels different of house cricket meals 0, 2, 4, 6 and 8% in diet under completely randomized design. The study was conducted for 10 weeks. The results showed that feed intake, hen day production, feed conversion ratio, egg weight, egg mass, albumen weight, yolk weight, eggshell thickness, yolk color, hematocrit and hemoglobin were not statistically different ( $P>0.05$ ). Haugh unit of quails fed with 6% and 8% house cricket meal in diet were higher than other groups ( $P<0.01$ ). Therefore, it is possible to use 8% of house crickets meal to replace 100% fishmeal in the diet of laying Japanese quail.

**Keywords:** Cricket, Japanese quail, Egg production, Egg quality, Blood biochemical



## บทนำ

นกกระทาญี่ปุ่น (Japanese quail; *Coturnix coturnix japonica*) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น ให้ผลตอบแทนเร็วกว่าสัตว์ชนิดอื่น ให้ผลผลิตได้ทั้งเนื้อและไข่ เลี้ยงง่าย แข็งแรง มีปัญหาเรื่องโรคน้อย ไม่นิยมทำวัคซีน เนื่องจากสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และใช้พื้นที่ในการเลี้ยงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ โดยนกกระทาเพศเมีย เริ่มให้ไข่เมื่ออายุ 42-45 วัน ไข่มีน้ำหนัก 10-11 กรัม อัตราการให้ไข่เฉลี่ย 75-85 เปอร์เซ็นต์ นาน 10-12 เดือน ส่วนลูกนกกระทาเพศผู้สามารถนำมาเลี้ยงขุนจำหน่ายเป็นเนื้อได้ ซึ่งในการเลี้ยงนกกระทาญี่ปุ่นนั้น ต้นทุน 65-70 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้นทุนค่าอาหาร โดยเฉพาะอาหารสำเร็จรูปทางการค้าที่มีราคาสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการหาแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนทดแทนแหล่งวัตถุดิบชนิดเดิม โดยส่วนมากอาหารเลี้ยงสัตว์มักมีปลาป่นเป็นส่วนประกอบ ซึ่งปลาป่นในภาคอุตสาหกรรมมีข้อถกเถียงถึงคุณภาพและปัญหาอื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณเกลือในปลาป่นที่ใช้ในขั้นตอนการรักษาสุขภาพของปลาในขณะการทำประมง มีปริมาณสูง ปลาป่นที่ผลิตจากปลาที่มีสภาพเน่าเสียก่อให้เกิดเชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) ส่งผลให้สัตว์มีอาการท้องเสีย กลิ่นเหม็นของเนื้อสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนประกอบของปลาป่น อาหารเลี้ยงสัตว์ที่มีส่วนผสมของปลาป่นเมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูง แต่ร่างกายใช้ประโยชน์ได้น้อย และเป็นอันตรายอันเนื่องมาจากการปลอมปนของไนโตรเจนเพื่อให้ค่าโปรตีนที่สูงในการตรวจวิเคราะห์ทางเคมี การใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ก่อให้เกิดเป็นแรงจูงใจในการจับปลาเกินขนาดจากการใช้อวนลาก และอวนรุนตาถี่ ส่งผลกระทบทั้งต่อระบบนิเวศ และความเป็นอยู่ของชาวประมงพื้นบ้าน ต่อการทำประมงที่ยั่งยืนในประเทศไทย และส่งผลต่อเรื่องกฎหมาย (Unreported and Unregulated fishing; IUU Fishing) ปัญหาการใช้แรงงาน การจดทะเบียนเรือประมงที่ผิดกฎหมายจำนวนมาก ส่งผลต่อภาครวมของการส่งออกสินค้าประมงของประเทศ (Suvanpanich *et al.*, 2017) ดังนั้นแนวทางการหาแหล่งวัตถุดิบทดแทนปลาป่นเพื่อลดปัญหาและข้อจำกัดการใช้ปลาป่นในอนาคต โดยการใช้แมลงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ ปัจจุบันแมลงกินได้ (Edible insect) มีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นแหล่งโปรตีนชนิดใหม่สำหรับประชากรโลกและเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนได้ดี ซึ่งตามปกติแมลงเป็นอาหารโปรตีนตามธรรมชาติของสัตว์ปีก แมลง มีโปรตีนระหว่าง 42-63 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมัน แร่ธาตุ และวิตามินสูง ช่วยสร้างเสริมสุขภาพระบบทางเดินอาหาร และระบบภูมิคุ้มกันที่ดีในสัตว์ปีก (Elahi *et al.*, 2022) โดยเฉพาะจิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domesticus* L.) หรือที่ชาวบ้านเรียก “แมงสะตัง” เป็นแมลงเศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงเป็นฟาร์มเลี้ยงกระจายอยู่ทุกภาคแต่พบมีการเลี้ยงมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถเลี้ยงจิ้งหรีดทองแดงลายได้ 6-7 รุ่นต่อปี เนื่องจากวงจรชีวิตสั้น สามารถใช้อาหารจากธรรมชาติเลี้ยงได้ง่าย เช่น ใบมันสำปะหลัง (Van Huis, 2020) เปลี่ยนอาหารธรรมชาติเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio) ได้ดีกว่าสัตว์ชนิดอื่น (Fernandez-Cassi *et al.*, 2019) มีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนสูงถึง 70.38 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 10.30 เปอร์เซ็นต์ และ ไขมัน 14.80 เปอร์เซ็นต์ (Bawa *et al.*, 2020) ด้วยเหตุนี้จิ้งหรีดจึงเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อทดแทนปลาป่นในการผลิตสัตว์ในอนาค

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารนกกระทาญี่ปุ่นต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่และค่าชีวเคมีในเลือดของนกกระทาญี่ปุ่น

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ใช้นกกระทาญี่ปุ่นเพศเมีย ระยะไข่ อายุ 9 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว (สัตว์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ รหัสโครงการเลขที่ จส.มรสน. 004/2566) แบ่งการทดลองเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว นกกระทาญี่ปุ่นในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่มีการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นทดแทนปลาป่นในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ดังนี้ คือ

- กลุ่มที่ 1 ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อทดแทนปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์
- กลุ่มที่ 2 ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อทดแทนปลาป่น 25 เปอร์เซ็นต์
- กลุ่มที่ 3 ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อทดแทนปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์
- กลุ่มที่ 4 ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อทดแทนปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์
- กลุ่มที่ 5 ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อทดแทนปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์

เลี้ยงนกกกระथाในโรงเรือนระบบเปิด บนกรงขนาด 80 x 20 x 10 เซนติเมตร กรงละ 10 ตัว และทำการปรับสัตว์ก่อนเข้างานทดลอง (Adaptation period) เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นวัดสมรรถภาพการผลิต โดยใช้เวลาทั้งหมด 10 สัปดาห์ ให้อาหารนกกกระथाวันละ 2 ครั้ง นกกกระथाได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*)

ขั้นตอนการเตรียมจิ้งหรีดทองแดงลายปน โดยนำจิ้งหรีดทองแดงลายอายุ 42 วัน เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปทางการค้าที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 21 เปอร์เซ็นต์และไขมันไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ จากฟาร์มธนศิลป์ อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดสกลนคร จำนวน 50 กิโลกรัม มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น UM300) เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ได้จิ้งหรีดทองแดงลายแห้งจำนวน 14.20 กิโลกรัม หลังจากนั้นนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (Mixer mill ยี่ห้อ RETSCH รุ่น MM30) จะได้จิ้งหรีดทองแดงลายปนจำนวน 13.75 กิโลกรัม วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลายปนโดยวิธี AOAC (1990) นำจิ้งหรีดทองแดงลายปน มาผสมในสูตรอาหารทดลองที่ระดับ 0 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนปลาปนที่ระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยในสูตรอาหารทดลองมีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่ต่ำกว่า (Metabolizable energy) 2,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามคำแนะนำของ NRC (1994)

**ตารางที่ 1** ส่วนประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารที่มีการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายปนในระดับที่แตกต่างกัน

Ingredient (%)	Level of house cricket meal in diet (%)				
	0	2	4	6	8
Corn meal	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Rice bran	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Soybean meal	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Fish meal	8.00	6.00	4.00	2.00	0
House cricket meal	0.00	2.00	4.00	6.00	8
Di calcium phosphate	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Salt	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Ground shells	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Premix	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Vegetable oil	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-Methionine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated nutrient					
Crude protein (%)	20.00	20.19	20.39	20.59	20.79
Metabolizable energy (Kcal/kg)	2,887.72	2,890.12	2,892.52	2,894.92	2,897.32

## 2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ช่วงการทดลองระยะเวลา 10 สัปดาห์ มีการบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือ จำนวนผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ในแต่ละวันเพื่อประเมินค่าการกินได้และอัตราการเปลี่ยนอาหาร โดยคำนวณสมรรถนะการผลิตของนกกกระथाผู้ปน ได้แก่

1) ผลผลิตไข่ (Hen day production) = (จำนวนไข่ที่ผลิตได้ทั้งหมด/จำนวนนกกกระथाในแต่ละวัน) x 100

2) น้ำหนักไข่ (Egg weight) = น้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ทั้งหมด/จำนวนไข่ที่ผลิตได้ทั้งหมด

3) มวลไข่ (Egg mass) = (น้ำหนักไข่ x ผลผลิตไข่)/100

4) ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake) = ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)

5) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (Feed conversion ratio, FCR) = ปริมาณอาหารที่กิน/น้ำหนักไข่

6) เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ (Egg shell percentage) = (น้ำหนักเปลือกไข่/น้ำหนักฟองไข่) x 100

7) เปอร์เซ็นต์ไข่แดง (Yolk percentage) = (น้ำหนักไข่แดง/น้ำหนักฟองไข่) x 100

8) เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (Albumin percentage) = (น้ำหนักไข่ขาว/น้ำหนักฟองไข่) x 100



การศึกษาคุณภาพไข่นกกระทา (Egg quality characteristics) ตามวิธีของ Al-Qazzaz *et al.* (2016) ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 สัปดาห์ของการเลี้ยง โดยทำการสุ่มไข่จำนวน 4 ฟองต่อเช้า นำไปเก็บไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก ด้วยตาชั่งดิจิตอล บันทึกเป็นน้ำหนักไข่ (Egg weight) ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) โดยการลอยไข่น้ำเกลือ (Thompson & Hamilton, 1982) หลังจากนั้นตอกไข่โดยแยกเปลือกไข่ออกจากกัน ไข่แดงและไข่ขาวนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็นมวลไข่ (Egg mass) แล้วทำการวัดความสูงของไข่ขาว (Albumen height) ด้วยสเกลเวอร์เนีย (Vernier caliper) จากนั้นแยกไข่แดงออกจากไข่ขาวแล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็นน้ำหนักไข่แดง (Yolk weight) และน้ำหนักไข่ขาว (Albumen weight) ส่วนเปลือกไข่นำไปล้างน้ำให้สะอาด อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็นน้ำหนักเปลือกไข่ (Shell weight) และวัดความหนาเปลือกไข่ (3 จุด) ด้วยดิจิตอลไมโครมิเตอร์ บันทึกเป็นความหนาเปลือกไข่ (Shell thickness) ส่วนคุณภาพของไข่ขาว (Haugh unit) คำนวณได้จากสูตรตามวิธีการของ Oluyemi & Roberts (1979) ดังนี้ Haugh unit (HU) =  $100 \log (H+7.57-1.7W^{0.37})$  ขณะที่ H = ความสูงของไข่ขาว และ W = น้ำหนักไข่ ไข่แดง (Yolk color) ด้วยพัดวัดสีไข่แดง (Roche yolk color fan)

ในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยาของนกกระทาญี่ปุ่น สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดนกกระทาทั้งหมด 20 ตัว แบ่งเป็นทรีทเมนต์ละ 4 ตัว โดยทำการอดอาหารนกกระทาเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณปีก (Wing vein) ตัวละ 2 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit, Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (Red blood cell, RBC) ค่าเม็ดเลือดขาว (White blood cell, WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล (Heterophil, H) และลิมโฟไซต์ (Lymphocyte, L) เพื่อนำไปหาค่าสัดส่วนของ H/L ratio นำซีรัมไปวิเคราะห์หาค่าคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และกรดยูริก (Uric acid) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี Enzymatic colorimetric test (CHOD-PAP method) ตามวิธีการของ Zhang *et al.* (2011)

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan's News Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และวิธี Orthogonal Polynomial โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SAS

## ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าจิ้งหรีดทองแดงลายป่นและปลาป่น มีค่าวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยจิ้งหรีดทองแดงลายป่นมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 70.11 12.88 และ 6.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าปลาป่น ที่มีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 59.54 7.47 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลายป่นและปลาป่น

Nutrient chemical composition (%) (DM basis)	House cricket meal	Fish meal
Dry matter	94.41	93.70
Crude protein	70.11	59.54
Ether extract	12.88	7.47
Crude fiber	6.10	1.26
Ash	5.72	14.53

สมรรถภาพการผลิตไข่นกกระทาญี่ปุ่นที่ได้รับอาหารที่มีจิ้งหรีดทองแดงลายป่น 0 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนปลาป่นที่ระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารพบว่า ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (FCR) ของนกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยผลผลิตไข่มีค่าเท่ากับ 78.50 79.57 76.88 77.45 และ 75.67 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักไข่มีค่าเท่ากับ 10.87 10.77 10.73 10.89 และ 10.93 กรัมต่อฟอง ปริมาณอาหารที่กินต่อวันเท่ากับ 28.37 28.76 28.96 29.05 และ 29.05 กรัมต่อตัว ดังแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ผลของการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายปนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ของนกกกระทาญี่ปุ่น

Parameter	Level of house cricket meal in diet (%)					SEM	P-value	Orthogonal Polynomial			
	0	2	4	6	8			Lin	Quad	Cub	Quar
Hen day production (%)	78.50	79.57	76.88	77.45	75.67	1.426	0.393	0.106	0.654	0.756	0.306
Egg weight (g)	10.87	10.77	10.73	10.89	10.93	0.070	0.277	0.333	0.084	0.456	0.441
Egg mass	8.54	8.58	8.26	8.41	8.26	0.171	0.564	0.203	0.914	0.906	0.278
Feed intake (g/b/d)	28.37	28.76	28.96	29.05	29.05	0.311	0.516	0.115	0.456	0.922	0.987
FCR (kg feed/kg egg)	3.33	3.36	3.51	3.45	3.52	0.070	0.237	0.049	0.589	1.000	0.265

คุณภาพไข่ของนกกกระทาญี่ปุ่นที่ได้รับอาหารที่มีจิ้งหรีดทองแดงลายปน 0 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนปลาปนที่ระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารพบว่า ดัชนีรูปร่างไข่ ความหนาเปลือกไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง สีของไข่แดง ความเป็นกรดต่างของไข่แดง ความเป็นกรดต่างของไข่ขาว น้ำหนักไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว และเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ขณะที่ความสูงของไข่ขาวและค่าออสโมติของนกกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายปนที่ระดับ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่า ( $p<0.05$ ) กลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายปนที่ระดับ 0 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยการเพิ่มระดับการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อทดแทนปลาปน ส่งผลให้ค่าความสูงไข่ขาวและค่าออสโมติเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ( $P<0.01$ ) ดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ผลของการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายปนในอาหารต่อคุณภาพไข่ของนกกกระทาญี่ปุ่น

Parameter	Level of house cricket meal in diet (%)					SEM	P-value	Orthogonal Polynomial			
	0	2	4	6	8			Lin	Quad	Cub	Quar
Shape index (%)	79.22	79.13	78.70	79.56	79.45	0.621	0.882	0.661	0.599	0.753	0.468
Eggshell thickness (mm)	0.31	0.30	0.35	0.38	0.31	0.033	0.371	0.440	0.249	0.133	0.915
Eggshell weight (g)	1.37	1.48	1.47	1.40	1.34	0.072	0.580	0.532	0.156	0.582	0.964
Yolk weight (g)	3.27	3.56	3.31	3.35	3.45	0.150	0.665	0.310	0.471	0.802	0.166
Yolk color	6.48	6.13	6.38	6.45	6.28	0.162	0.542	0.885	0.819	0.116	0.559
Yolk pH	6.13	6.13	6.18	6.68	6.53	0.196	0.196	0.046	0.840	0.276	0.374
Albumen pH	8.65	8.75	8.10	8.23	8.40	0.207	0.188	0.138	0.251	0.240	0.213
Albumen weight (g)	5.70	5.23	5.48	5.29	5.31	0.246	0.672	0.373	0.560	0.535	0.393
Albumen height (mm)	3.07 <sup>b</sup>	3.16 <sup>b</sup>	3.12 <sup>b</sup>	3.78 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	0.150	0.011	0.002	0.678	0.177	0.084
Haugh unit	80.75 <sup>b</sup>	81.86 <sup>b</sup>	81.87 <sup>b</sup>	86.13 <sup>a</sup>	85.30 <sup>a</sup>	0.917	0.003	0.000	0.916	0.190	0.075
Yolk weight (%)	30.07	33.01	30.82	30.74	31.51	1.284	0.567	0.881	0.652	0.160	0.441
Albumen weight (%)	52.37	48.52	51.05	48.60	48.60	2.237	0.645	0.308	0.751	0.585	0.331
Eggshell weight (%)	12.58	13.72	13.68	12.86	12.25	0.624	0.384	0.450	0.086	0.490	0.912

<sup>a, b</sup>ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

ผลของการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายปนต่อค่าโลหิตวิทยาของนกกกระทาญี่ปุ่นที่ระดับ 0 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนปลาปนที่ระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารพบว่า ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit) ฮีโมโกลบิน เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ของนกกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

( $p > 0.05$ ) ทำนองเดียวกับไขมันในเลือด (Lipids profile) พบว่าค่าไตรกลีเซอไรด์ ของนกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ขณะที่ค่าคอเลสเตอรอลของนกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นที่ระดับ 2 และ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่า ( $p < 0.01$ ) กลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นที่ระดับ 0 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ การใช้จิ้งหรีดทองแดงลายทดแทนปลาป่นส่งผลให้ค่าคอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสี่ ( $p < 0.01$ ) และค่าครดยูริก ของนกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ผลของการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นในอาหารต่อค่าชีวเคมีในเลือดของนกกระทากลุ่มปู

Parameter	Level of house cricket meal in diet (%)					SEM	P-value	Orthogonal Polynomial			
	0	2	4	6	8			Lin	Quad	Cub	Quar
Hematocrit (%)	51.75	52.85	53.23	54.08	51.55	0.360	0.130	0.881	0.306	0.631	0.729
Hemoglobin (g/dL)	17.20	17.20	16.35	15.93	16.10	0.130	0.433	0.031	0.659	0.335	0.779
RBC ( $\times 10^6$ $\mu$ L)	3.57	3.84	3.61	3.81	3.39	0.378	0.123	0.546	0.242	0.870	0.281
WBC ( $\times 10^3$ $\mu$ L)	24.53	25.46	27.25	25.46	25.06	0.237	0.405	0.793	0.205	0.896	0.385
Lymphocyte (%)	68.00	67.25	65.50	65.75	68.00	0.239	0.790	0.829	0.338	0.667	0.871
Cholesterol (mg/dL)	154.25 <sup>b</sup>	181.25 <sup>a</sup>	151.75 <sup>b</sup>	182.25 <sup>a</sup>	149.00 <sup>b</sup>	4.975	0.001	0.555	0.005	0.651	<.0001
Triglyceride (mg/dL)	391.50	305.75	370.75	332.00	358.25	13.861	0.263	0.653	0.264	0.344	0.088
Uric acid (mg/dL)	5.00	4.48	4.80	4.85	4.43	0.033	0.907	0.610	0.967	0.388	0.818

<sup>a, b</sup>ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

## อภิปรายผลการวิจัย

### องค์ประกอบโภชนาของจิ้งหรีดทองแดงลายและปลาป่น

จากการศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาของจิ้งหรีดทองแดงลายป่นมีระดับโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เท่ากับ 70.11 12.88 6.10 และ 5.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับ Udomsil *et al.* (2019) ที่รายงานว่า จิ้งหรีดทองแดงลายมีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เท่ากับ 71.70 10.40 4.46 และ 5.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีค่าสูงกว่า Fitroh *et al.* (2020) ที่รายงานว่า จิ้งหรีดทองแดงลายมีโปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 60.47 8.20 และ 4.46 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากจิ้งหรีดทองแดงลายในการทดลองครั้งนี้มีอายุ 42 วัน ได้รับอาหารสำเร็จรูปทางการค้าที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยไม่มีการเสริมพืชอาหารสัตว์ร่วมกับอาหารสำเร็จรูป ส่วนองค์ประกอบทางโภชนาของปลาป่นในการทดลองครั้งนี้พบว่า มีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เท่ากับ 59.54 7.47 1.26 และ 14.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

### สมรรถภาพการผลิต

การใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่นเพื่อทดแทนปลาป่นในอาหารนกกระทากลุ่มปูของการทดลองนี้ ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน (28.37-29.05 กรัมต่อตัวต่อวัน) การใช้จิ้งหรีดในอาหารนกกระทาในระดับที่สูงขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อความน่ากิน (Palatability) และการยอมรับ (Acceptable) ของนกกระทา จึงทำให้ไม่ส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กินของนกกระทา ปริมาณการกินได้ในการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าจิ้งหรีดทองแดงลายป่นมีความน่ากินและเป็นที่ยอมรับที่จะเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นได้เป็นอย่างดี Dewi & Setiohadi (2010) รายงานว่าปริมาณการกินได้เป็นตัวบ่งบอกถึงปัจจัยความน่ากินและคุณภาพของอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Permatahati *et al.* (2019) ใช้จิ้งหรีดทองดำป่น (*Gryllus bimaculatus*) ในสูตรอาหาร ที่ระดับ 0 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนปลาป่น 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารนกกระทากลุ่มปูพบว่า ปริมาณการกินอาหารของนกกระทา (18.05-20.77 กรัมต่อตัวต่อวัน) และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (FCR) (3.40-4.64) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เช่นเดียวกับรายงานของ



Kouatcho *et al.* (2022) ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่น (*Acheta Domesticus*) เพื่อทดแทนปลาป่นที่ระดับ 0 15 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นอายุระหว่าง 5 ถึง 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณการกินได้ของนกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นทดแทนปลาป่นที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้สูงกว่า ( $p < 0.05$ ) กลุ่มที่ไม่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่น

ผลผลิตไข่ มวลไข่ และ FCR ในงานทดลองครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ในการศึกษาของ Fitroh *et al.* (2020) รายงานการใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่น (*Acheta Domesticus*) ทดแทนอาหารสำเร็จรูปทางการค้าที่ระดับ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารนกกระทาญี่ปุ่นระยะไข่พบว่า นกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นมีผลผลิตไข่ มวลไข่ และ FCR ต่ำกว่า ( $p < 0.05$ ) นกกระทากลุ่มที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว และรายงานของ Kouatcho *et al.* (2022) ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายป่น (*Acheta Domesticus*) เพื่อทดแทนปลาป่นที่ระดับ 0 15 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นพบว่า ผลผลิตไข่ ของนกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นทดแทนปลาป่นที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุม (จิ้งหรีดทองแดงลายป่นทดแทนปลาป่น 0 เปอร์เซ็นต์) มีผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แต่พบว่า มีผลผลิตไข่สูงกว่า ( $p < 0.05$ ) กลุ่มของนกกระทาที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่นทดแทนปลาป่นที่ระดับ 15 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เช่นเดียวกับรายงานของ Permatahati *et al.* (2019) รายงานว่านกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองดำป่น (*Gryllus bimaculatus*) ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นที่ระดับ 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าผลผลิตไข่และมวลไข่สูงกว่า ( $p < 0.05$ ) กลุ่มของนกกระทาที่ไม่ได้รับจิ้งหรีดป่น สามารถใช้จิ้งหรีดทองดำป่น (*Gryllus bimaculatus*) ในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นระยะไข่ได้ที่ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนการใช้ปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นระยะไข่ เนื่องจากจิ้งหรีดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะโปรตีน กรดอะมิโน และแร่ธาตุต่างๆ นอกจากนี้จิ้งหรีดมีไคติน (Chitin) จะถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ทำหน้าที่เป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ที่จะเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ส่งผลดีต่อสุขภาพและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

#### คุณภาพไข่

ผลของการเพิ่มขึ้นของค่าความสูงไข่ขาวและค่าฮอฟฟิยูนิต เนื่องจากจิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่สูง Jayanegara *et al.* (2017) รายงานว่า จิ้งหรีดมี ไลซีน (Lysine) และ เมทไธโอนีน (Methionine) เท่ากับ 6.59 และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ หากโปรตีนเหล่านี้มีปริมาณมากเกินกว่าที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต โปรตีนจะถูกนำไปใช้ในการสร้างผลผลิตไข่ และมีการสะสมโปรตีนในไข่แดงระหว่างกระบวนการสร้างฟองไข่ นอกจากนี้เมื่อระดับของโปรตีนในไข่ขาวมากขึ้น ยังส่งผลทำให้สามารถเพิ่มความสูงของไข่ขาว การสะสมโปรตีนในไข่ขาวมักแปรผันตรงต่อความเข้มข้นในไข่ขาวและส่งผลต่อความสูงของไข่ขาวเพิ่มขึ้น (Nopparatmaitree *et al.*, 2018) สอดคล้องกับ Brah *et al.* (2017) ทำการศึกษาการใช้ตั๊กแตนปตา (*Ornithacris cavroisi*) ทดแทนปลาป่นในอาหารไก่ไข่ Isa brown ระยะไข่ ที่ระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับตั๊กแตนปตาทดแทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าฮอฟฟิยูนิตสูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ( $p < 0.05$ ) และกลุ่มที่ได้รับตั๊กแตนปตาทดแทนปลาป่น (25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์) พบว่า สีของไข่แดงสูงกว่า ( $p < 0.05$ ) กลุ่มที่ไม่ได้รับตั๊กแตนปตาอีกด้วย เมื่อพิจารณาชั้นคุณภาพค่าฮอฟฟิยูนิต ด้วยเกณฑ์สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติที่กำหนดคุณภาพความสดของไข่นกกระทาที่อยู่ในระดับคุณภาพ เอ (A) คือมีค่าฮอฟฟิยูนิตอยู่ในช่วง 81-100 ซึ่งจากงานทดลองครั้งนี้พบว่า นกกระทากลุ่มที่ได้รับจิ้งหรีดทองแดงลายป่น อยู่ในเกรดมาตรฐานคุณภาพ เอ (A) คือมีค่าฮอฟฟิยูนิตอยู่ในช่วง 81.86-88.13

#### ค่าชีวเคมีในเลือด

Agina *et al.* (2017) รายงานว่า ค่าฮีมาโตคริตหรือค่า PVC ของนกกระทาญี่ปุ่นควรมีค่าอยู่ในช่วง 25-66 เปอร์เซ็นต์ โดยการทดลองครั้งนี้พบว่านกกระทาในทุกกลุ่มมีค่าฮีมาโตคริตอยู่ระหว่าง 51.55-54.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าฮีมาโตคริตอยู่ในระดับปกติ จำนวนเม็ดเลือดแดงของนกกระทาควรมีค่าตั้งแต่  $2.6-5.6 \times 10^6$  เซลล์ต่อไมโครลิตร (Agina *et al.*, 2017) ในการทดลองครั้งนี้พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง  $3.39-3.84 \times 10^6$  เซลล์ต่อไมโครลิตร แสดงให้เห็นว่านกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเม็ดเลือดแดงอยู่ในระดับปกติ ค่าทางชีวเคมีในเลือดบ่งบอกกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารที่ได้รับเข้าไปในร่างกาย และค่านี้ยังสามารถใช้ประเมินด้านสุขภาพของสัตว์ได้ด้วย ค่าการคยूरิกในเลือดเป็นผลเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอาหารโปรตีนและบ่งบอกการทำงานของไตสัตว์ปีกได้ ซึ่งการขับกรดยูริกของสัตว์ปีกที่สูงหรือต่ำ



อาจขึ้นกับการได้รับโปรตีนในปริมาณที่สูงเกินความต้องการของร่างกาย หรือเมื่อสัตว์ปีกนั้นเป็นโรคที่มีผลต่อการทำงานของไต Clinical Diagnostic Division (1990) รายงานค่าชีวเคมีในเลือดสัตว์ปีกมีค่าปกติของระดับคอเลสเทอรอล และกรดยูริก อยู่ในช่วง 129-297 และ 1.9-12.5 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ในการทดลองครั้งนี้พบว่าคอเลสเทอรอลมีค่าอยู่ระหว่าง 149.00-182.25 และกรดยูริกมีค่าอยู่ในช่วง 4.43-5.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระดับคอเลสเทอรอล และกรดยูริกในเลือดของนกกกระทาในทุกกลุ่มการทดลองมีระดับปกติ จากการทดลองในครั้งนี้สามารถใช้จิ้งหรีดทองแดง ปลายป่นทดแทนปลาป่นได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อค่าชีวเคมีในเลือดและค่าโลหิตวิทยาของนกกกระทาผู้ปุ่ในระยะไข่

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สามารถใช้จิ้งหรีดทองแดงปลายป่นในอาหารนกกกระทาผู้ปุ่ที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้ทดแทนปลาป่น 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสมรรถภาพการผลิตคือ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหาร เป็นไข่ (FCR) และค่าโลหิตวิทยา คือค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ฮีโมโกลบิน เม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ไม่แตกต่าง จากกลุ่มควบคุม ด้านคุณภาพไข่ยังพบว่าความสูงของไข่ขาว และฮอปฟิยูนิต สูงกว่ากลุ่มอื่นอีกด้วย ดังนั้นจิ้งหรีดทองแดงจึง เหมาะที่จะเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนเพื่อนำมาทดแทนปลาป่น

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากคุณธนุศิลป์ สายแสน อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนจิ้งหรีดทองแดง ปลายป่นในการวิจัย และได้รับการช่วยเหลือจากสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่โรงเรือนวิจัยด้านสัตว์ปีก และห้องปฏิบัติการทางสัตวศาสตร์ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Agina, O. A., Ezema, W. S. & Iwuoha, E. M. (2017). The haematology and serum biochemistry profile of adult Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*). *Notulae Scientia Biologicae*, 9(1), 67-72.
- Al-Qazzaz, M. F. A., Ismail, D., Akit, H. & Idris, L. H. (2016). Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(9), 518-523.
- AOAC. (1990). Official method of analysis of Analysis. (15<sup>th</sup> ed.). Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemist.
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C. & Chanput, W. (2020). Effect of diet on growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. *Journal of Insect Science*, 20(2), 1-10.
- Brah, N., Issa, S. & Houndonougbo, F. M. (2017). Effect of grasshopper meal on laying hens performance and eggs quality characteristics. *Indian Journal of Animal Sciences*, 87(8), 1005-1010.
- Clinical Diagnostic Division. (1990). Veterinary Reference Guide: A summary of Reference Intervals for use with KODAK AKTACHEM Products. Rochester, New York: Eastman Kodak Company.
- Dewi, S. H. C. & Setiohadi, J. (2010). The effect of the usage of silkworms (*Bombyx mori*) pupae in rations on meal quail performance. *Journal AgriSains*, 1(1), 1-6.
- Elahi, U., Xu, C. C., Wang, J., Lin, J., Wu, S. G., Zhang, H. J., et al. (2022). Insect meal as a feed ingredient for poultry. *Animal Bioscience*, 35(2), 332-346.
- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S. & Vagsholm, I. (2019). The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(2), 137-157.
- Fitroh, B. A., Respati, A. N. & Dughita, P. A. (2020). The effect of cricket flour addition (*Acheta Domesticus*) in feed on production performance of quail (*Cortunix cortunix Japonica*). *Bantara journal of animal science*, 2(1), 36-43.



- Jayanegara, A., Mohammad, M., Sholikin, M. M., Sabila, B. A. N., Suharti, S. & Astuti, D. A. (2017). Lowering chitin content of cricket (*Gryllus assimilis*) through exoskeleton removal and chemical extraction and its utilization as a ruminant feed in vitro. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 20, 523-529.
- Kouatcho, F. D., Rusu, R. M. R., Mohamadou, B., Aoudou, B., Pop, I. M., Usturoi, M. G., et al. (2022). Valorization of cricket, *Aceta domesticus* (Linnaeus, 1758), flour as a source of dietary protein in Japanese quail, *Coturnix japonica* (Temminck and Schlegel, 1849), farming. *Journal of advanced veterinary and animal research*, 9(2), 310-322.
- Nopparatmaitree, M., Jeepongpan, S., Naratho, P., Hoonjun, S., Rungjakkawanchai, O., Pantong, A., et al. (2018). Effect of betaine supplementation in laying hen diet on productive performance, hematology, egg quality, cholesterol and fatty acid profile in yolk. *Journal of Agricultural Research and Extension*, 35(3), 29-42. (in Thai)
- NRC. (1994). *Nutrient requirements of poultry* (9<sup>th</sup> ed.). Washington, D.C: National Academy Press.
- Oluoyemi, J. A. & Roberts, F. A. (1979). *Poultry production in warm wet climate*. London: Macmillan press Ltd.
- Permatahati, D., Mutia, R. & Astuti, D. A. (2019). Effect of cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on production and physical quality of Japanese quail egg. *Tropical Animal Science*, 42(1), 53-58.
- Suvanpanich, T., Hornopparat, L., Surachet, M., Polrob, S., Wongthip, V., Asawaroj. S., et al. (2017). Research on the amendment of emergency decree on fisheries, B. E. 2015. *Huachiew Chalermprakiet Law Journal*, 8(1), 12-28. (in Thai)
- Thompson, B. K. & Hamilton, R. M. G. (1982). Comparison of the precision and accuracy of flotation and Archimedes' methods for measuring the specific gravity of egg. *Poultry Science*, 61(8), 1599-1605.
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C. & Ketudat-Cairns, M. (2019). Nutritional values and functional properties of house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research*, 25(4), 597-605.
- Van Huis, A. (2020). Edible crickets, but which speies?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2), 91-94.
- Zhang, M., Hettiarachchy, N. S., Horax, R., Kanan, A., Praisoody, A., Muhundan, A., et al. (2011). Phytochemicals, antioxidant and antimicrobial activity of *Hibiscus sabdariffa*, *Centella asiatica*, *Moringa oleifera* and *Murraya koenigii* leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(30), 6672-6680.