

การทดสอบสูตรอาหารจิ้งหรีดทองแดงลายที่มีระดับพลังงานที่ต่างกัน

กนกกาญจน์ ภูสุวรรณ¹ และ สุกัญญา คำพะแย²

บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารจิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domesticus* L.) ที่มีระดับพลังงานที่ต่างกัน ต่อสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนค่าอาหาร ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต.ท่าพระ อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น ในระหว่างเดือนมีนาคม – มิถุนายน 2564 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) จำนวน 4 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วยสูตรอาหารที่ต่างกันจำนวน 3 สูตร ได้แก่ 1) อาหารเลี้ยงจิ้งหรีดที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้า (สูตรควบคุม) 2) อาหารสูตรพลังงานสูง (โปรตีน 22.3 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 3,727 กิโลแคลอรี/อาหาร 1 กิโลกรัม) และ 3) อาหารสูตรพลังงานต่ำ (โปรตีน 22.9 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 3,475 กิโลแคลอรี/อาหาร 1 กิโลกรัม)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินอาหาร อัตราการเติบโต และผลผลิตจิ้งหรีดน้ำหนักรวมจากการเลี้ยงด้วยอาหาร 3 สูตรดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม จิ้งหรีดกลุ่มที่ได้อาหารสูตรควบคุมมีจำนวนตัวจิ้งหรีดทองแดงลายเพียง 1,233 ตัว/500 กรัม ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ($p<0.05$) แต่น้ำหนักตัวมากที่สุด คือ 0.41 กรัม/ตัว ($p<0.05$) นอกจากนั้นพบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพลังงานสูงมีประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) ดีที่สุด คือ 2.38 แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมและอาหารสูตรพลังงานต่ำ ($p<0.05$) ซึ่งมี FCR 3.00 และ 2.84 ตามลำดับ ส่งผลทำให้กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพลังงานสูงมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตจิ้งหรีด 1 กิโลกรัม (FCG) เท่ากับ 29.99 บาท/จิ้งหรีด 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมและอาหารสูตรพลังงานต่ำ ($p<0.05$) ที่มี FCG เท่ากับ 47.95 และ 31.32 บาท ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลายที่ได้รับอาหารต่างกันทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

คำสำคัญ: จิ้งหรีดทองแดงลาย พลังงาน โปรตีน

เลขทะเบียนวิชาการ: 65(2)-0214-106

^{1/} กลุ่มวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ต.บางกะดี อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต.ท่าพระ อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น

The testing of different levels of energy in cricket (*Acheta domesticus* L.) feed

Kanokkarn Poosuwan¹ and Sukanya Kamphayae²

Abstracts

A study on production performance and feed costs of cricket (*Acheta domesticus* L.) feeds with different energy levels. The experiment was conducted at Ruminant Feeding Standards Research and Development Center, Tha Phra Subdistrict, Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen Province, during March – June 2021. A randomized complete block design with 4 replications was used. Treatments were 3 different rations, consisting of 1) commercial cricket feed (control formula), 2) high energy formula (crude protein 22.3% 3,727 Kcal/Kg) and 3) low energy formula (crude protein 22.9% 3,475 Kcal/Kg).

The experimental results revealed that feed intake, average daily gain and total weight of the three cricket groups were not statistically different ($p>0.05$). However, there were only 1,233 crickets/500g in the control diet group, which less than the other groups ($p<0.05$). But this cricket group had highest body weight with individually 0.41 g/head. Moreover, the group fed with the high energy diet had the best feed efficiency (FCR) at 2.38, differed from the control group and on low energy diets ($p<0.05$) which had FCR 3.00 and 2.84, respectively. The feed cost per gain (FCG) of the high energy diet feeding group was rated at 22.99 Baht/Kg, lower than the control fed and low energy fed groups ($p<0.05$) with FCG at 47.95 and 31.32 Baht, respectively. In addition, it was found that the chemical composition of crickets was not affected by the three different diets ($p>0.05$).

Keywords: *Acheta domesticus* L., Energy, Protein , FCG

Registered No: 65(2)-0214-106

^{1/} Bureau of Animal Nutrition Development, Bangkradee, Mueang Patumthani, Patumthani

^{2/} Ruminants Feeding Standard Research and Development Center, Tha Phra, Mueang Khon Kaen, Khon Kaen

บทนำ

ในปัจจุบันมีความนิยมบริโภคสัตว์จำพวกแมลงกันมากขึ้น จิ้งหรีดเป็นแมลงชนิดหนึ่งที่เพาะเลี้ยงได้ง่าย ซึ่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติหรือเอฟเอโอ (FAO) ได้ส่งเสริมให้คนทั่วโลกบริโภคเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีราคาถูกและสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น โดย FAO คาดการณ์ว่าประชากรโลกจะเพิ่มเป็น 9,000 ล้านคนภายในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนทั้งอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ (Van Huis *et al.*, 2013) ดังนั้นจิ้งหรีดซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีโปรตีน 12.9 กรัม เปรียบเทียบกับไข่ไก่ซึ่งมีโปรตีน 12.7 กรัมต่อ 100 กรัม จึงเป็นแมลงที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของคนและสัตว์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ (ทัศนีย์ และคณะ, 2543) จิ้งหรีดจัดเป็นแหล่งอาหารโปรตีนทางเลือกใหม่ที่มีความต้องการในตลาดสูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นตลาดอาหารของมนุษย์หรืออาหารสัตว์ในอนาคต ซึ่งจากสถิติการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดในปี พ.ศ. 2564 พบว่ามีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด 28,648 ราย ผลผลิตรวม 25,774 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 ที่มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด 21,903 ราย ผลผลิตรวม 18,139 ตัน คิดเป็นร้อยละ 24 และ 30 ตามลำดับ (กรมส่งเสริมเกษตร, 2564) ดังนั้นกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้เล็งเห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพที่จะพัฒนาจิ้งหรีดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญ เกษตรกรหรือผู้ประกอบการมีความชำนาญในการเพาะเลี้ยงแมลงเชิงพาณิชย์ จึงมีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงจิ้งหรีดมากยิ่งขึ้น

จิ้งหรีดทองแดงลาย หรือแมงสะตัง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acheta domesticus* L. มีลักษณะรูปร่างสั้น หนวดยาวเป็นรูปเส้นด้าย ลำตัวสีน้ำตาลค่อนข้างแดง มีระยะการเจริญเติบโต แบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย ซึ่งโดยทั่วไปจิ้งหรีดทองแดงลายตัวเต็มวัยจะมีอายุเฉลี่ยประมาณ 45 – 60 วัน จากปริมาณความต้องการจิ้งหรีดในตลาดมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การเลี้ยงจิ้งหรีดจึงมีการจัดการฟาร์มที่เป็นระบบมากขึ้นและมีการนำอาหารสัตว์ปีกสำเร็จรูปที่มีโปรตีนสูงมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงจิ้งหรีดแทนพืชผักทั่วไป ส่งผลให้ต้นทุนการเลี้ยงจิ้งหรีดเพิ่มสูงขึ้น ในปัจจุบันมีความหลากหลายทั้งการใช้อาหารสำเร็จรูป รวมถึงการใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น เช่น พืช หรือวัสดุผลพลอยได้จากการเกษตร และการประยุกต์ใช้ร่วมกันระหว่างอาหารสำเร็จรูปสำหรับแมลงและพืช หรือวัสดุผลพลอยได้จากการเกษตร (ทัศนีย์ และชาญชัย, 2548) โดยการใช้อาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงแมลงหรืออาหารไก่เนื้อระยะเล็กที่มีขายทั่วไปมีราคาสูงถึง 480-500 บาทต่อกระสอบขนาดบรรจุ 30 กิโลกรัม (เฉลี่ย 16 - 16.6 บาท ต่อ กิโลกรัม) (มณฑนา, 2560) ซึ่งการประกอบอาหารสัตว์ใช้เอง โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นจะสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานผลการทดลองระดับของพลังงานในอาหาร ที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการผลิตของจิ้งหรีดทองแดงลายในประเทศไทย

ดังนั้น ในการศึกษาทดลองนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และต้นทุนค่าอาหารของจิ้งหรีดทองแดง ที่ใช้อาหารต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ อาหารเลี้ยงจิ้งหรีดที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้า อาหารจิ้งหรีดที่มีพลังงานสูง และ อาหารจิ้งหรีดที่มีพลังงานต่ำ คำนวณสูตรอาหาร

บนพื้นฐานราคาต่ำสุด (least cost feed analysis) โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ดำเนินการทดลอง

ดำเนินการเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต.ท่าพระ อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น ระหว่างเดือน มีนาคม – มิถุนายน 2564

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง ได้แก่ อาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตร ประกอบด้วย 1) อาหารเลี้ยงจิ้งหรีดที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้า (สูตรควบคุม) สูตรที่ 2) สูตรอาหารพลังงานสูง และ 3) อาหารสูตรพลังงานต่ำ

สัตว์ทดลองและการจัดการ

เตรียมไข่จิ้งหรีดทองแดงลายจากฟาร์มจิ้งหรีดที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (GAP) ซึ่งเป็นไข่จิ้งหรีดที่ผสมรวมอยู่กับวัสดุรองไข่จำนวน 2,400 กรัม ทำการแบ่งและชั่งส่วนผสมของไข่จิ้งหรีดทองแดงลายและวัสดุรองไข่ใส่ชั้นพลาสติกที่ผ่านการทำความสะอาดออกเป็น 12 ส่วนๆ ละ 200 กรัม สุ่มวางส่วนผสมดังกล่าวในกล่องเลี้ยงขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $1.2 \times 1.2 \times 0.6$ เมตร ซึ่งภายในกล่องเลี้ยงมีวัสดุหลบซ่อน (แผงไข่) เรียงซ้อนทับกันโดยให้มีช่องว่างเพื่อเป็นที่หลบซ่อนของจิ้งหรีด กล่องละ 150 แผง วางภาชนะให้น้ำ กล่องละ 1 ชุด ภาชนะให้อาหารจิ้งหรีด กล่องละ 4 ภาชนะ ใช้ผ้าตาข่ายไนลอนปิดปากกล่องป้องกันจิ้งหรีดไต่ออกจากกล่องและป้องกันศัตรูจิ้งหรีด วางกล่องเลี้ยงจิ้งหรีดในโรงเรือนระบบเปิด มีตาข่ายรอบโรงเรือนสามารถป้องกันศัตรูจิ้งหรีดเข้าโรงเรือนได้ ทำความสะอาดหยากไย่และฝุ่นละอองสม่ำเสมอ รักษาสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้มีความสะอาด แห้ง และมีการถ่ายเทอากาศที่ดีเพื่อป้องกันความชื้นที่อาจก่อให้เกิดเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา ทำความสะอาดภาชนะให้น้ำและถาดอาหารเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียอย่างสม่ำเสมอ

อาหารทดลอง และการให้อาหาร

ในการทดลองนี้ ใช้อาหารสำเร็จรูปสำหรับแมลงที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้า เป็น 1) สูตรอาหารควบคุม ทำการทดสอบสมรรถภาพการผลิตและเปรียบเทียบกับสูตรอาหารทดลองที่กำหนดและประกอบสูตรอาหารบนพื้นฐานการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ปีก เนื่องจากโดยทั่วไปการเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรบางกลุ่มมีการซื้ออาหารไก่กระเทมาใช้เลี้ยงจิ้งหรีด ดังนั้นจึงคำนวณสูตรอาหารโดยกำหนดองค์ประกอบทางโภชนาและพลังงานของ 2) สูตรอาหารพลังงานสูง ให้มีความใกล้เคียงกับสูตรอาหารไก่เนื้อระยะเล็ก – เติบโต ตามคำแนะนำของเครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนาศาสตร์สัตว์ (2560) มีโปรตีนในสูตรอาหารประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy) ประมาณ 3,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม โดยใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก ใช้กากยีสต์อบแห้งซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเป็น

แหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหาร ทำให้ราคาอาหารซึ่งคำนวณเฉพาะราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ต่ำกว่าราคาอาหารสำเร็จรูปที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ใช้วิธีการเติมถั่วเหลืองอบเมล็ดเต็มและน้ำมันปาล์มเพื่อเพิ่มระดับพลังงานในสูตรอาหารให้สูงถึงปริมาณที่กำหนด (3,100 กิโลแคลลอรี/กิโลกรัม) และ 3) สูตรอาหารพลังงานต่ำ ใช้ข้าวโพดและกากยีสต์อบแห้งเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนหลักในสูตรอาหาร ตามลำดับคำนวณให้มีโปรตีนในสูตรอาหารประมาณ 20% ซึ่งไม่มีถั่วเหลืองอบเมล็ดเต็มและน้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสมในสูตรอาหาร จึงมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 2,700 กิโลแคลลอรี/กิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสูตรที่ 2 ทั้งนี้อาหารสูตรอาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 3 ประกอบด้วยวัตถุดิบและโภชนะจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหารทดลองที่ได้จากการคำนวณ

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ราคา/หน่วย* (บาท/กิโลกรัม)	อาหารทดลอง (กิโลกรัม)		
		สูตรควบคุม	สูตรพลังงานสูง	สูตรพลังงานต่ำ
ข้าวโพด	10.40		55.80	40.00
ถั่วเหลืองอบเมล็ดเต็ม	22.00		8.50	-
รำละเอียด	10.00		1.50	10.00
ใบกะถินป่น	8.00		2.50	3.00
มันสำปะหลัง	7.20		2.50	13.25
กากยีสต์อบแห้ง	14.00		25.00	32.50
น้ำมันปาล์ม	28.00		3.00	-
ไคแคล P18	11.50		1.00	1.00
เกลือ	1.00		0.20	0.25
รวม (กิโลกรัม)		100.00	100.00	100.00
ราคาอาหาร (บาท/กิโลกรัม)		16	12.58	11.03
คุณค่าโภชนะจากการคำนวณ		สูตรควบคุม	สูตรพลังงานสูง	สูตรพลังงานต่ำ
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลลอรี/กิโลกรัม)		-	3,125	2,723
โปรตีนรวม (%CP)		≥21	19.43	20.20
เยื่อใยรวม (%CF)		≤7	3.66	3.68
ไขมันรวม (%Fat)		≥3	6.86	1.90

หมายเหตุ *ราคาอาหารสัตว์ คำนวณจากค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ ณ จังหวัดขอนแก่น ช่วงเดือนพฤษภาคม 2564

อาหารสูตรควบคุม เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้า บนถุงบรรจุระบุ โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 21 เยื่อใยรวม ไม่มากกว่าร้อยละ 7 ไขมันรวม ไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 ความชื้นไม่มากกว่า ร้อยละ 13

ให้จิ้งหรีดทองแดงลายได้รับอาหารและน้ำดื่มที่สะอาดอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอดการทดลอง 45 วัน โดยตลอดการทดลองทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้ และเหลือเพื่อทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน ซึ่งจิ้งหรีดจะต้องได้รับอาหารอย่างเพียงพอโดยสังเกตจากปริมาณอาหารที่เหลืออยู่ในภาชนะให้อาหารก่อนชั่งน้ำหนักอาหารออกในแต่ละวัน ภาชนะให้น้ำมีน้ำบรรจุสำหรับให้จิ้งหรีดได้กินตลอดเวลา ทำความสะอาดภาชนะให้น้ำและถาดอาหารให้สะอาด ไม่เป็นแหล่งสะสมการเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์อยู่เสมอ

การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง และจิ้งหรีดทองแดงลาย ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยวิธีการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) โปรตีนรวม (crude protein, CP) ด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (ISO, 2009) ไขมัน (ether extract, EE) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ ตามวิธีที่ 2003.05 (AOAC, 2016) และเยื่อใย (crude fiber, CF) ตามวิธี 987.10 (AOAC, 2016)

การจัดการข้อมูลและการคำนวณ

นำข้อมูลมาคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- พลังงานรวม (Gross Energy) =
 $(\text{โปรตีนรวม} \times 4) + (\text{ไขมันรวม} \times 9) + (\text{คาร์โบไฮเดรต} \times 4) + (\text{เยื่อใยรวม} \times 2)$
- คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ (carbohydrate available; g) =
 $100 - (\text{น้ำ} + \text{โปรตีนรวม} + \text{ไขมันรวม} + \text{เยื่อใยรวม} + \text{เถ้า})$

โดยค่าพลังงานรวม และคาร์โบไฮเดรต เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณตามคำแนะนำของกลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ กรมอนามัย (2565)

- ปริมาณการกินอาหาร = ปริมาณอาหารที่ให้ (ในตอนเช้า) - ปริมาณอาหารที่เหลือ (ในเช้าวันถัดไป)
- อัตราการเจริญเติบโต = น้ำหนักรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / ระยะเวลาทดลอง (วัน)
- ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio; FCR) = อาหารที่ใช้ตลอดการทดลอง / น้ำหนักรวมของจิ้งหรีดทองแดงลายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง
- ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลาย 1 กิโลกรัม (feed cost per gain; FCG) = ประสิทธิภาพการใช้อาหารคูณกับราคาอาหาร (FCR × ราคา (บาท/อาหาร 1 กิโลกรัม))
- จำนวนจิ้งหรีดทองแดงลาย = จำนวนจิ้งหรีดทองแดงลายจากการสุ่มชั่งน้ำหนักจิ้งหรีดทองแดงลายทุกกลุ่มๆ ละ 500 กรัมต่อกล่อง
- น้ำหนักตัว = จิ้งหรีดทองแดงลายจำนวน 500 กรัม / จำนวนตัวจิ้งหรีดทองแดงลายต่อน้ำหนัก 500 กรัม
- ความยาวลำตัว = วัดความยาวจากหัวถึงสุดปลายท้องหรือลำตัวจิ้งหรีดทองแดงลาย
- ความกว้างลำตัว = วัดความยาวตามแนวนอนของช่วงอกจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่ง

โดยจังหวัดทองแดงลาย 1 ตัววัดทั้งความกว้าง และความยาวจากจังหวัดตัวเดียวกัน ตามวิธีการของ Bawa et al. (2020)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลอง

การประกอบสูตรอาหารจังหวัดทองแดงลายเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยใช้กากยีสต์อบแห้งซึ่งเป็นพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเบียร์ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองหรือถั่วอบเมล็ดเต็มซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหาร สามารถลดต้นทุนค่าอาหารเมื่อเทียบกับราคาอาหารสูตรควบคุมได้สูงถึง 20 - 30 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 1

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า สูตรอาหารทั้งสามสูตรมีระดับโปรตีน องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานรวมแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ระดับโปรตีนในอาหารทดลองสูตรพลังงานต่ำและพลังงานสูงมีระดับโปรตีนรวมในอาหารบนฐานวัตถุแห้ง (dry matter basis) แตกต่างกันเพียง 0.6 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากสูตรควบคุมที่เป็นสูตรอาหารที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้าซึ่งมีระดับโปรตีนในอาหารสูงกว่าสูตรพลังงานสูงและพลังงานต่ำ 0.9 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าพลังงานรวม และคาร์โบไฮเดรต จากการคำนวณ ในตารางที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยรวม ไขมันรวม และคาร์โบไฮเดรต ส่งผลทำให้สูตรอาหารควบคุมและสูตรอาหารพลังงานสูงมีค่าพลังงานรวมสูงกว่าสูตรอาหารพลังงานต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสูตรอาหารพลังงานสูงมีส่วนประกอบของไขมันพืชและถั่วเหลืองเมล็ดเต็มเพื่อเป็นแหล่งพลังงานนอกเหนือวัตถุดิบแหล่งพลังงานอื่นๆ ซึ่งได้แก่ ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง

นอกจากนั้น เมื่อคำนวณสัดส่วนของค่าพลังงานรวมต่อโปรตีนรวม (gross energy : crude protein) พบว่าในสูตรพลังงานสูง มีสัดส่วน พลังงานรวมต่อโปรตีนรวม เท่ากับ 167.13 ในขณะที่อาหารสูตรอาหารควบคุม และสูตรพลังงานต่ำ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 153.53 และ 151.75 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

คุณค่าโภชนะ	สูตรควบคุม	สูตรพลังงานสูง	สูตรพลังงานต่ำ
วัตถุแห้ง (% Dry matter)	88.7	90.1	89.7
คาร์โบไฮเดรต (% Carbohydrate)	46.5	51.6	54.1
โปรตีนรวม (% Crude Protein)	23.8	22.3	22.9
เยื่อใยรวม (% Crude Fiber)	5.2	3.9	3.1
ไขมันรวม (% Crude Fat)	8.2	7.7	3.7
เถ้า (% Ash)	5.0	4.6	5.9
ค่าพลังงานรวมจากการคำนวณ (Kcal/Kg)	3,654	3,727	3,475
สัดส่วนของค่าพลังงานรวมต่อโปรตีนรวม	153.53	167.13	151.75

หมายเหตุ วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอาหารสัตว์ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

*คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ (g) = 100 - (น้ำ + โปรตีนรวม + ไขมันรวม + เยื่อใยรวม + เถ้า)

*พลังงานรวม (Energy) = (โปรตีนรวม × 4) + (ไขมันรวม × 9) + (คาร์โบไฮเดรต × 4) + (เยื่อใยรวม × 2)

ประสิทธิภาพการผลิต

จากผลการทดลอง พบว่าผลของระดับพลังงานในอาหารที่ต่างกัน ทำให้น้ำหนักรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเติบโต และปริมาณการกินอาหารของจิ้งหรีดทองแดงลายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จิ้งหรีดทองแดงลายที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรพลังงานสูง มี FCR ดีกว่า การเลี้ยงด้วยอาหารสำหรับแมลงที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด (สูตรควบคุม) และสูตรอาหารพลังงานต่ำ ($p>0.05$) การเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารสำหรับแมลงที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด (สูตรควบคุม) มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลาย 1 กิโลกรัม (FCG) สูงกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรพลังงานสูง และสูตรอาหารพลังงานต่ำ 17.96 และ 16.63 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งผลการทดลองดังกล่าว สอดคล้องกับ มั่นทนา (2560) รายงานว่า การเลี้ยงจิ้งหรีดทองแดงลายหรือแมงสะต๋ิงด้วยอาหารไก่เล็กโปรตีน 21% (ราคาต้นทุนเฉลี่ย 20.0 บาท/กิโลกรัม) มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร 2.3 มีต้นทุนค่าอาหาร 46.38 บาท ต่อการผลิตจิ้งหรีด 1 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของระดับพลังงานในอาหารที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการผลิตของจิ้งหรีดทองแดงลายที่อายุ 45 วัน

ค่าสังเกต	สูตรควบคุม	สูตรพลังงานสูง	สูตรพลังงานต่ำ	SEM	p-value
น้ำหนักรวมทั้งหมด (กรัม)	3,801.25	3,150.00	2,522.50	332.71	0.74
อัตราการเติบโต (กรัม/วัน)	84.47	70.00	56.06	7.39	0.74
จำนวนตัวจิ้งหรีดทองแดงลาย (ตัว/500 กรัม)	1,233.00 ^b	1,470.00 ^a	1,494.00 ^a	52.26	<0.01
น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	0.41 ^a	0.34 ^b	0.34 ^b	0.01	<0.01
ปริมาณการกินอาหาร (กิโลกรัม)	11.38	7.65	7.09	1.10	0.46
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (อาหาร/จิ้งหรีด 1 กิโลกรัม)	3.00 ^a	2.38 ^b	2.84 ^a	0.10	0.02
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตจิ้งหรีด 1 กิโลกรัม (บาท)	47.95 ^A	29.99 ^B	31.32 ^B	2.59	<0.01

หมายเหตุ: a และ b ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการทดลองจึงกล่าวได้ว่าในอาหารสูตรพลังงานสูง มีองค์ประกอบของพลังงานรวมและสารอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจิ้งหรีดทองแดงลายอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้จิ้งหรีดทองแดงลายมีประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) ดีที่สุดและมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตจิ้งหรีด 1 กิโลกรัม (FCG) ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่ง Schoonhoven *et al.* (1998) กล่าวว่า การกินพืช (อาหาร) ของแมลงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของพืช และความต้องการธาตุอาหารของแมลง ซึ่งสัมพันธ์กับชนิด และระยะการเจริญเติบโตของแมลงและสภาพแวดล้อม เช่นเดียวกับสัตว์ทั้งหลายที่ต้องการอาหารเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน โดยทั่วไปจิ้งหรีดมีความต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูงเพื่อการมีชีวิตรอดและการผลิตลูกหลาน (Hallet, 1996) การเปลี่ยนแปลงขนาดลำตัวของแมลงขึ้นอยู่กับอาหารและสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยงแมลงมีผลต่อสมรรถภาพการผลิต โดยเฉพาะอัตราการเติบโต และรสชาติของแมลง โดยการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงก็จะส่งผลให้จิ้งหรีดเข้าสู่ระยะโตเต็มวัยได้ในระยะเวลาอันรวดเร็วกว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารโปรตีนต่ำ (EL-Damanhouri, 2011; Orinda, 2017 และ Bawa *et al.*, 2020.) ซึ่งหากอาหารโปรตีนสูงดังกล่าว เป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูงด้วยแล้ว ก็จะทำให้แมลงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ดี แต่ถ้าหากมีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตไม่เหมาะสมก็จะส่งผลให้ผลผลิตลดลง การเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารที่มีไขมันมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้จิ้งหรีดมีน้ำหนักตัวลดลงเนื่องจากการเกิด oxidative stress และการได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเติบโตชดเชย (Compensatory growth) (EL-Damanhouri, 2011 และ Megido *et al.*, 2016)

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์อาหารทดลองพบว่าสูตรอาหารพลังงานสูงมีไขมันรวมและเยื่อใยรวมน้อยกว่าอาหารสูตรควบคุม ในทางกลับกันสูตรอาหารพลังงานสูงมีไขมันรวมและเยื่อใยรวมมากกว่ามีอาหารสูตรพลังงานต่ำ โดยพบว่าสัดส่วนค่าพลังงานรวมต่อโปรตีนรวมของสูตรอาหารพลังงานสูงเท่ากับ 167.13 แตกต่างจากค่าสัดส่วนพลังงานรวมต่อโปรตีนรวมของอาหารสูตรอาหารควบคุม และสูตรพลังงานต่ำ ที่มีค่าใกล้เคียงกันคือ 153.53 และ 151.75 ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากปริมาณไขมัน เยื่อใย และสัดส่วนของโปรตีนรวมในสูตรอาหาร ไขมันและเยื่อใยรวมที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ส่งผลต่อสมดุลพลังงานและสารอาหารที่แมลงนำไปใช้ในการดำรงชีพ และเจริญเติบโต

Morales-Ramos *et al.*, (2020) รายงานว่า องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrate) ในอาหารจะส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนัก และประสิทธิภาพของใช้อาหารของ จิ้งหรีด ในขณะที่ไขมันในอาหารจะส่งผลที่ตรงกันข้าม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง พบว่าแม้สูตรอาหารควบคุมจะมีระดับโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่พบปริมาณเยื่อใยรวมสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ด้วยเช่นกัน ดังนั้นเยื่อใยในอาหารที่จิ้งหรีดทองแดงลายไม่สามารถย่อยได้ หรือโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non starch polysaccharide) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านโภชนา (antinutritional factors: ANF) ทำให้สัตว์สามารถย่อยอาหารและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ทั้งหมด จึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ไปลดประสิทธิภาพการใช้อาหารของจิ้งหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม

เมื่อสุ่มจิ้งหรีดทองแดงลายจำนวน 500 กรัม มาคัดแยกเพศผู้และเพศเมีย พบว่ามีจำนวนเพศผู้มากกว่าเพศเมีย คือมีเพศผู้ประมาณ 747 – 918 ตัว และมีจิ้งหรีดเพศเมียประมาณ 477 - 576 ตัว ซึ่งกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุมมีจิ้งหรีดตัวผู้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ในขณะที่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรพลังงานสูงและพลังงานต่ำมีจำนวนจิ้งหรีดเพศผู้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตาม จำนวนจิ้งหรีดเพศเมียในทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการทดลองพบว่าจิ้งหรีดเพศผู้มีขนาดเล็กกว่าจิ้งหรีดเพศเมียในทุกกลุ่มทดลอง โดยจิ้งหรีดเพศผู้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.27 – 0.34 กรัม/ตัว และจิ้งหรีดเพศเมียมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.43 – 0.51 กรัม/ตัว กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยของทั้งเพศผู้และเพศเมียสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยไม่พบความแตกต่างกันของน้ำหนักตัวเฉลี่ยของจิ้งหรีดทั้งสองเพศในกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพลังงานสูงและพลังงานต่ำ ($p < 0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4 ทั้งนี้จำนวนและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของทั้งจิ้งหรีดเพศผู้และเพศเมีย มีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนตัวจิ้งหรีดและน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่ออยู่ในรูปแบบคณะเพศ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 4 ผลของระดับพลังงานในอาหารที่แตกต่างกันต่อขนาดตัวของจิ้งหรีดทองแดงลายที่อายุ 45 วัน

ค่าสังเกต	สูตร ควบคุม	สูตร พลังงานสูง	สูตร พลังงานต่ำ	SEM	p-value
จำนวนจิ้งหรีดทองแดงลาย (ตัว/500 กรัม)					
ตัวผู้	747.00 ^b	904.00 ^a	918.00 ^a	28.48	<0.01
ตัวเมีย	477.00	566.00	576.00	17.74	0.08
น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม/ตัว)					
ตัวผู้	0.34 ^a	0.28 ^b	0.27 ^b	0.01	<0.01
ตัวเมีย	0.51 ^a	0.43 ^b	0.43 ^b	0.01	<0.01
ความกว้างลำตัว (มิลลิเมตร)					
ตัวผู้	5.46	5.37	4.91	0.10	0.17
ตัวเมีย	6.66	6.37	6.13	0.12	0.62
ความยาวลำตัว (มิลลิเมตร)					
ตัวผู้	20.43 ^a	20.30 ^a	18.86 ^b	0.27	0.04
ตัวเมีย	23.32	22.22	21.48	0.29	0.25

หมายเหตุ: ^a และ ^b ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลาย

องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 สูตรมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยรวม และ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของระดับพลังงานในอาหารที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลายที่อายุ 45 วัน (บนฐานของวัตถุแห้ง)

ค่าสังเกต	สูตร ควบคุม	สูตร พลังงานสูง	สูตร พลังงานต่ำ	SEM	p-value
วัตถุแห้ง (% Dry matter)	32.15	30.18	29.00	0.48	0.11
โปรตีนรวม (% Crude Protein)	68.93	66.77	69.03	0.52	0.60
ไขมันรวม (% Ether Extract)	16.52	17.10	15.57	0.44	0.56
เยื่อใยรวม (% Crude Fiber)	9.2	9.9	9.3	0.30	0.79
คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (%NFE)	0.4	1.1	1.1	0.22	0.59

โดยทั่วไปองค์ประกอบทางโภชนาในอาหาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะส่งผลต่อสัดส่วนโภชนาต่างๆ ภายในตัวสัตว์หรือแมลง (Oonincx *et al.*, 2015; Ssepuyaya, *et al.*, 2021) ระดับโปรตีนในจิ้งหรีดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง (Bawa *et al.*, 2020; Oonincx *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองครั้งนี้แม้ระดับโปรตีนในอาหารจะแตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อการสะสมสารอาหารตัวจิ้งหรีด โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในจิ้งหรีดทองแดงลาย พบค่าโปรตีนรวม 66.67 – 69.03 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 15.57-17.52 เปอร์เซ็นต์ บนฐานของวัตถุแห้ง แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าองค์ประกอบทางเคมีในตัวจิ้งหรีดทองแดงลายแต่ละกลุ่ม แต่พบว่าค่าไขมันรวมในจิ้งหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานสูง มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ตามปริมาณไขมันในอาหารที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Jucker *et al.* (2021) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางโภชนาของจิ้งหรีดผงแห้ง มีค่าโปรตีนรวมประมาณ 66-69 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมประมาณ 15-21 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าประมาณ 5-6 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าจิ้งหรีด *Acheta domestica* จะได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนรวมในอาหารที่แตกต่างกันก็ตาม

สรุปผลการทดลอง

สูตรอาหารที่พลังงานแตกต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการเติบโต แต่จิ้งหรีดที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนรวม (บนฐานน้ำหนักแห้ง) ประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานรวมสูง 3,727 Kcal/Kg มีประสิทธิภาพการผลิตดีที่สุด คือ มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร 2.38 และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลาย 1 กิโลกรัม 29.99 ซึ่งถูกกว่ากลุ่มอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

เกษตรกรสามารถการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงจิ้งหรีด โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารได้ อย่างไรก็ตาม นอกจากต้นทุนราคาอาหารที่ถูกลงแล้ว ยังมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา คือ 1. ค่าดำเนินการต่างๆ เมื่อเกษตรกรต้องผสมอาหารใช้เอง เช่น ค่าแรงงาน ค่าภาชนะบรรจุอาหาร ค่าอุปกรณ์

เครื่องมือในการผสมอาหาร เป็นต้น และ 2. สมดุลของพลังงานและสารอาหารที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพทั้งต่อปริมาณผลผลิต และต้นทุนต่อหน่วยการผลิตที่คุ้มค่าหรือลดลง เช่น การเลือกใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่มีในท้องถิ่น ซึ่งโดยทั่วไปมักมีองค์ประกอบโปรตีน และ/หรือเยื่อใยสูงแต่พลังงานต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการเสริมวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น ไขมัน เพื่อเพิ่มพลังงานในอาหารและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ซึ่งความสมดุลขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนของพลังงานในอาหารต่อระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสม จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตด้วยเช่นกัน จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า บนพื้นฐานของประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีที่สุด สัดส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่ดีคือ 167.13 ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้อาจเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ตลอดจนนักวิชาการ นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าพนักงานสัตวบาล ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการทดลอง และขอขอบคุณคณะกรรมการนักวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบผลงานจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

เครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนาการศาสตร์สัตว์. 2560. ฐานข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบ และความต้องการโภชนาการที่แนะนำสำหรับสัตว์ปีกในประเทศไทย. 170น.

กรมส่งเสริมเกษตร. 2564. ข้อมูลสถิติการเลี้ยงจิ้งหรีด. แหล่งที่มา:

<http://www.agriman.doe.go.th/home/news/2563/83-84.pdf>, 11 พฤศจิกายน 2564.

กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ กรมอนามัย. 2565. วิธีวิเคราะห์และ AOAC ที่ใช้. แหล่งที่มา:

<http://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/methodAndCal.php>, 13 ธันวาคม 2564.

ทัศนีย์ แจ่มจรรยา และ ชาญชัย ถาวรอนุกุลกิจ. 2548. การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อเป็นอาหารของมนุษย์. การประชุมวิชาการประจำปี ครั้งที่ 2 ชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ. สธ. ทรัพยากรไทย : สรรพสิ่งล้วนพันเกี่ยว ณ อาคารประชุม 2 ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ คลองไผ่ ต. คลองไผ่ อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา วันที่ 20-22 ตุลาคม 2548. รายงานการประชุมวิชาการทรัพยากรไทย : สรรพสิ่งล้วนพันเกี่ยว (ภาคโปสเตอร์). 428-432.

ทัศนีย์ แจ่มจรรยา, ชาญชัย ถาวรอนุกุลกิจ, วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ และปยะพงค์ โทธุโย. 2543. การเลี้ยงจิ้งหรีดทองดำเพื่อการค้า. แกนเกษตร 28(2): 55-57.

มณฑนา นครเรียบ (2560) รายงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ PRP5805021350 การสร้างมาตรฐานต้นแบบการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดให้ถูกต้องตามหลักสุขอนามัยเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพของ

วิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงจิ้งหรีดบ้านมะค่า. แหล่งที่มา:

<https://www.arda.or.th/datas/file/frppt20.pdf>. 9 ธันวาคม 2564.

AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20thed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Bawa, M., S. Songsermpong, C. Kaewtapee and W. Chanput. 2020. Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. *J. Insect Sci.* 10; 1–10.

EL-Damanhour Hassan Ibraik Hassan. 2011. Studies on the influence of different diets and rearing conditions on the development and growth of the two-spotted cricket *Gryllus bimaculatus* de Geer. MSc. Dissertation. Germany, University of Bayerueth

Hallet, I. 1996. Breeding and raising the house cricket. Available source: <http://www.sonic.net/~melissk/crickets.html>. November 14, 2012

International Organization for Standardization. 2009. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content - Part 2: Block digestion and steam distillation method. Available source: www.iso.org/standard/52199.html. June 30, 2009.

Jucker, C., S. Belluco, S. Bellezza Oddon, A. Ricci, L. Bonizzi, D. Lupi, S. Savoldelli, I. Biasato³, C. Caimi, A. Mascaretti⁵ and L. Gasco. 2021. Impact of some local organic by-products on *Acheta domesticus* growth and meal production. *Journal of Insects as Food and Feed. In press.*

Megido, R.C., T. Alabi, C. Nieus, C. Blecker, S. Danthine, and J. Bogaert. 2016. Optimization of cheap and residential small-scale production of edible crickets with local byproducts as an alternative protein-rich human food source in Ratanakiri Province, Cambodia. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 96:627-632.

Morales-Ramos, J.A., M.G. Rojas, A.T. Dossey and M. Berhow. 2020. Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): a holistic approach to develop optimized diets. *PLoS ONE* 15(1): e0227400. Available source: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>. December, 25, 2021.

Oonincx, D.G., S. Van Broekhoven, A. Van Huis and J.J. Van Loon. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets

- composed of food by-products. PLoS ONE 10: e0144601. Available source: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>. December, 25, 2021.
- Orinda, M.A., R.O. Mosi, M.A. Ayieko and F.A. Amimo. 2017. Growth performance of common house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*) crickets fed on agro-byproducts. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(6): 1664-1668
- Schoonoven, L. M., T. Jermy, and J. J. A. van Loon. 1998. *Plants as insect food: not the ideal. Insect plant biology.* Chapman & Hall, New York.
- Ssepunya, G., F. Sengendo, C. Ndagire, J. Karungi, K.K.M. Fiaboe, J. Efitre, and D. Nakimbugwe. 2021. Effect of alternative rearing substrates and temperature on growth and development of the cricket *Modicogryllus conspersus* (Schaum). *Journal of Insects as Food and Feed* 7(2): 163-172.
- Van Huis, A., J. Van Isterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir and P. Vantomme. 2013. *Edible insects: Future prospects for food and feed security.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available source: <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>. December, 20, 2021.