

การทดสอบสูตรอาหารจิ้งหรีดทองแดงลายที่มีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน

กนกกาญจน์ ภูสุวรรณ¹ และ สุกัญญา คำพะแย²

บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารจิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domesticus* L.) ที่มีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน 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) ได้ส่งเสริมให้คนทั่วโลกบริโภคเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีราคาถูกและสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น 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 คำนวณสูตรอาหารบนพื้นฐานราคาต่ำสุด (least cost feed analysis) โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ดำเนินการทดลอง

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

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (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 ทำการแบ่งและซังส่วนผสมของไข่จิ้งหรีดทองแดงลายและวัสดุรองไข่ใส่ชั้นพลาสติกที่ผ่านการทำความสะอาดออกเป็น 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 เนื่องจากโดยทั่วไปการเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรบางกลุ่มมีการซื้ออาหารไก่กระพริบมาใช้เลี้ยงจิ้งหรีด ดังนั้นจึงคำนวณสูตรอาหารโดยกำหนดองค์ประกอบทางโภชนาและพลังงานของ 2) สูตรอาหารพลังงานสูง ให้มีความใกล้เคียงกับสูตรอาหารไก่เนื้อระยะเล็ก – เดิบโต ตามคำแนะนำของเครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนาศาสตร์สัตว์ (2560) มีโปรตีนในสูตรอาหารประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy) ประมาณ 3,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม โดยใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก ใช้กากยีสต์อบแห้งซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหาร ทำให้ราคาอาหารซึ่งคำนวณเฉพาะราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ต่ำกว่าราคาอาหารสำเร็จรูปที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ใช้วิธีการเติมถั่วเหลืองอบเมล็ดเต็มและน้ำมันปาล์มเพื่อเพิ่มระดับพลังงานในสูตรอาหารให้สูงถึงปริมาณที่กำหนด (3,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) และ 3) สูตรอาหารพลังงานต่ำ ใช้ข้าวโพดและกากยีสต์อบแห้งเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนหลักในสูตรอาหาร ตามลำดับคำนวณให้มีโปรตีนในสูตรอาหารประมาณ 20% ซึ่งไม่มีถั่วเหลืองอบเมล็ดเต็มและน้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสมในสูตรอาหาร จึงมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 2,700 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสูตรที่ 2 ทั้งนี้อาหารสูตรอาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 3 ประกอบด้วยวัตถุดิบและโภชนาจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 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	-
ไคแอล 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
คุณค่าโภชนาการจากการคำนวณ		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 เป็นอาหารเลี้ยงจิ้งหรีดที่จำหน่ายทั่วไปทางการค้า บนฉลากบรรจุระบุ 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 = จำนวนจิ้งหรีดทองแดงลายจากการสุ่มชั่งน้ำหนักจิ้งหรีดทองแดงลายทุกกลุ่ม ๆ ละ 500 กรัมต่อกล่อง

- น้ำหนักตัว = จิ้งหรีดทองแดงลายจำนวน 500 กรัม / จำนวนตัวจิ้งหรีดทองแดงลายต่อน้ำหนัก 500 กรัม

- ความยาวลำตัว = วัดความยาวจากหัวถึงสุดปลายท้องหรือลำตัวจิ้งหรีดทองแดงลาย

- ความกว้างลำตัว = วัดความยาวตามแนวนอนของช่วงอกจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่ง

โดยจิ้งหรีดทองแดงลาย 1 ตัววัดทั้งความกว้าง และความยาวจากจิ้งหรีดตัวเดียวกัน 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

การประกอบสูตรอาหารจิ้งหรีดทองแดงลายเพื่อลดต้นทุนการผลิต 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 มั่นชนา (2560) รายงานว่า การเลี้ยงจิ้งหรีดทองแดงลายหรือแมงสะต๋องด้วยอาหารไก่เล็กโปรตีน 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 โดยการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงก็จะส่งผลให้จิ้งหรีดเข้าสู่ระยะโตเต็มไ้ได้ในระยะเวลาอันรวดเร็วกว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารโปรตีนต่ำ (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 และสัดส่วนของโปรตีนรวมในสูตรอาหารไขมันและเยื่อใยรวมที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ส่งผลต่อสมดุลพลังงานและสารอาหารที่แมลงนำไปใช้ในการดำรงชีพ และเจริญเติบโต

Morales-Ramos *et al.*, (2020) รายงานว่า องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrate) ในอาหารจะส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนัก และประสิทธิภาพของใช้อาหารของ จิ้งหรีด ในขณะที่ไขมันในอาหารจะส่งผลที่ตรงกันข้าม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหาร ทดลอง พบว่าแม้อุตรอาหารควบคุมจะมีระดับโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่พบปริมาณเยื่อใยรวมสูงกว่ากลุ่ม อื่นๆ ด้วยเช่นกัน ดังนั้นเยื่อใยในอาหารที่จิ้งหรีดทองแดงลายไม่สามารถย่อยได้ หรือโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non starch polysaccharide) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านโภชนา (antinutritional factors: ANF) ทำให้ สัตว์สามารถย่อยอาหารและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ทั้งหมด จึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ไปลดประสิทธิภาพการ ใช้อาหารของจิ้งหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม

เมื่อสุ่มจิ้งหรีดทองแดงลายจำนวน 500 กรัม มาคัดแยกเพศผู้และเพศเมีย พบว่ามีจำนวนเพศผู้ มากกว่าเพศเมีย คือมีเพศผู้ประมาณ 747 – 918 ตัว และมีจิ้งหรีดเพศเมียประมาณ 477 - 576 ตัว ซึ่งกลุ่มที่ เลี้ยงด้วยอาหารควบคุมมีจิ้งหรีดตัวผู้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ในขณะที่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรพลังงานสูงและ พลังงานต่ำมีจำนวนจิ้งหรีดเพศผู้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตาม จำนวนจิ้งหรีดเพศเมียใน ทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการทดลองพบว่าจิ้งหรีดเพศผู้มี ขนาดเล็กกว่าจิ้งหรีดเพศเมียในทุกกลุ่มทดลอง โดยจิ้งหรีดเพศผู้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.27 – 0.34 กรัม/ตัว และ จิ้งหรีดเพศเมียมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.43 – 0.51 กรัม/ตัว กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยของ ทั้งเพศผู้และเพศเมียสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยไม่พบความแตกต่างกันของน้ำหนักตัวเฉลี่ยของจิ้งหรีดทั้งสองเพศใน กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพลังงานสูงและพลังงานต่ำ ($p < 0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4 ทั้งนี้จำนวนและน้ำหนัก ตัวเฉลี่ยของทั้งจิ้งหรีดเพศผู้และเพศเมีย มีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนตัวจิ้งหรีด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่ออยู่ในรูปแบบโคลเลเพค 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; Ssepuuya, *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) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางโภชนาจิ้งหรีดผงแห้ง 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 จากผลการศึกษาค้นพบว่า บนพื้นฐานของประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีที่สุด สัดส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่ดีคือ 167.13 ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้อาจเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ตลอดจนนักวิชาการ นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าพนักงานสัตวบาล ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการทดลอง และขอขอบคุณคณะกรรมการนักวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบผลงานจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- เครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนศาสตร์สัตว์. 2560. ฐานข้อมูลคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบและความต้องการโภชนาที่แนะนำสำหรับสัตว์ปีกในประเทศไทย. 170น.
- กรมส่งเสริมเกษตร. 2564. ข้อมูลสถิติการเลี้ยงจิ้งหรีด. แหล่งที่มา: <http://www.agriman.doae.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 ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชฯ คลองไผ่ ต. คลองไผ่ อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา วันที่ 20-22 ตุลาคม 2548. รายงานการประชุมวิชาการทรัพยากรไทย : สรรพสิ่งล้วนพันเกี่ยว (ภาคโปสเตอร์). 428-432.
- ทัศนีย์ แจ่มจรรยา, ชาญชัย ถาวรอนุกุลกิจ, วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ และปยะพงค โทธโย. 2543. การเลี้ยงจิ้งหรีดทองคำเพื่อการค้า. แกนเกษตร 28(2): 55-57.
- มณฑนา นครเรียบ (2560) รายงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ PRP5805021350 การสร้างมาตรฐานต้นแบบการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดให้ถูกต้องตามหลักสุขอนามัยเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพของวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงจิ้งหรีดบ้านมะค่า. 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 Bayreuth
- 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. Nieuw, 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.
- Ssepuyya, 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 Itterbeeck, 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.