

การใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งเป็นอาหารปลาบึกอินทรีย์

The Application of Dried Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae in Feed for Organic Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930)

สุดาพร ตงศิริ* จงกล พรมยะ และนิสรา กิจเจริญ

Sudaporn Tongsiri*, Jongkon Promya and Nissara Kitcharoen

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: sudap2515@gmail.com

Abstract

Received: September 14, 2023

Revised: March 09, 2024

Accepted: June 10, 2024

Developing organic animal feed formulas is an important approach to promoting organic aquaculture. Nutrition plays a vital role in the growth of aquatic animals. Dried Black Soldier Fly (BSF) larvae, with high protein content, are being considered as an alternative protein source to fishmeal. The purpose of this study was to investigate the growth performance of Mekong giant catfishes fed with 0 (control), 30 (BSF1), 40 (BSF2) and 50 (BSF3) percent dried BSF larvae. The diets contained 40 percent protein. The initial fish size was 50 ± 0.12 grams. Catfish were cultured in 1x1x1 meter plastic cages, at a density of 20 fish per square meter. Fish were fed at 3 percent of fish weight and cultured for 60 days. The results showed that the proximate analysis of organic dried BSF larvae revealed a protein content of 47.82 ± 2.01 percent. The moisture, ash, lipid, fiber, and carbohydrate contents were 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 , 7.97 ± 0.70 , and 19.22 ± 0.23 percent, respectively. The Mekong giant catfish fed a diet containing 40 percent dried black soldier fly larvae (BSF2) had the highest average weight gain, 108.13 ± 6.052 grams, and the lowest feed conversion rate, 2.38 ± 0.04 . All treatments showed significant differences in weight gain ($p < 0.05$). On the other hand, there were no significant differences among treatments in terms of average daily gain and survival rate ($p > 0.05$). In conclusion, dried black soldier fly larvae could be used as an alternate protein ingredient in fish feed for Mekong giant catfish culture, and the optimum inclusion level was 40 percent dried black soldier fly larvae in fish feed.

Keywords: Mekong giant catfish, black soldier fly larvae, organic feed, growth

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ เป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญในการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเจริญเติบโต หนอนแมลงวันลายอบแห้งอินทรีย์ (Black Soldier Fly: BSF) เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เนื่องจากมีโปรตีน การเจริญเติบโตของปลาบึกอินทรีย์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมหนอนแมลงวันลายอบแห้งอินทรีย์ ระดับ 0 (control), 30 (BSF1), 40 (BSF2) และ 50 (BSF3) เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปลาบึกขนาดเฉลี่ย 50 ± 0.12 กรัม เลี้ยงในกระชังพลาสติกขนาด $1 \times 1 \times 1$ เมตร ความหนาแน่น 20 ตัวต่อตารางเมตรให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้ง มีปริมาณโปรตีน 47.82 ± 2.01 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน ไฟเบอร์ และคาร์โบไฮเดรต 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 , 7.97 ± 0.70 และ 19.22 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการเจริญเติบโตของปลาบึก พบว่าปลาบึกที่ได้รับอาหารผสมหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ (BSF2) มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 108.13 ± 6.052 กรัม และมีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุด คือ 2.38 ± 0.04 โดยการทดลองทุกชุดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอดของทุกชุดทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าหนอนแมลงวันลายอบแห้งสามารถใช้ในสูตรอาหารเลี้ยงปลาบึกได้ และสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ในสูตรอาหาร คือ ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์.

คำสำคัญ: ปลาบึก หนอนแมลงวันลาย อาหารอินทรีย์ การเจริญเติบโต

คำนำ

ปลาบึก (Mekong Giant Catfish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasianodon gigas* Chevey, 1930 เป็นปลาไม่มีเกล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการบริโภคที่จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์หายาก และใกล้จะสูญพันธุ์ในธรรมชาติ เนื่องจากได้รับความนิยมในการนำมาบริโภค และสร้างรายได้ให้แก่ชาวประมงพื้นบ้าน จึงทำให้ปลาไม่สามารถสืบพันธุ์และเจริญเติบโตทันความต้องการ รวมทั้งปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแม่น้ำโขง ทางกรมประมงสามารถเพาะขยายพันธุ์ปลาบึกจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงไว้ในบ่อดินได้สำเร็จ ณ สถานีประมงน้ำจืด จังหวัดพะเยา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ (Suthus *et al.*, 2022)

ปัจจุบันนี้มีพัฒนาการเลี้ยงปลาบึกไปในเชิงพาณิชย์ มีการค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากปลาบึกเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื้อมีรสชาดีดี เนื้อแน่น มีลายกล้ำเนื้อเป็นแว่น คล้ายวงปีของเนื้อไม้ ช่วยให้สุขภาพดีและฉลาด เพราะมีกรดไขมันจำเป็นในเนื้อปลาบึก (Mengamphan, 2016) ปลาบึกเลี้ยงง่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าปลาน้ำจืดชนิดอื่น ๆ หากทำการเลี้ยงโดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจะมีการเจริญเติบโตได้ไม่น้อยกว่าปีละ 5 กิโลกรัม เมื่อนำไปจำหน่ายก็ได้ราคาดี อีกทั้งยังมีความทนทานต่อโรค และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้เป็นอย่างดีในการเลี้ยงสัตว์น้ำต้นทุนส่วนใหญ่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ (Tongsiri *et al.*, 2020) จะเป็นค่าอาหารปลา ปัญหาต้นทุนอาหารสัตว์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอาหารมีราคาสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้น

หนอนแมลงวันลาย เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการเพาะเลี้ยงเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทดแทนประเภทโปรตีน เช่น ปลาป่นได้ ซึ่งแมลงทหารเสือหรือ

แมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) เป็นแมลงท้องถิ่นที่เติบโตเร็ว ตัวเต็มวัยไม่กัดต่อย ไม่ก่อโรคสู่คนและสัตว์ไม่เป็นศัตรูพืช สามารถย่อยสลายซากอินทรีย์วัตถุ และควบคุมแมลงวันบ้านได้ มีความสามารถในการย่อยสลายขยะอินทรีย์และมูลสัตว์ได้ดี โดยหนอนแมลงวันลายเป็นพวกกินซาก และย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ สามารถย่อยสลายมูลสัตว์และเศษซากพืชได้ จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ สามารถย่อยขยะอินทรีย์ได้มากถึง 80-90 เปอร์เซ็นต์ (Limbu *et al.*, 2022) และใช้เวลาในการย่อยสลายขยะเร็วกว่าไส้เดือนดิน ขยะอินทรีย์ที่ได้หลังจากการย่อยสลายสามารถใช้เป็นปุ๋ยสำหรับปรับปรุงบำรุงดินที่มีธาตุอาหารสูงอีกด้วย และหนอนแมลงวันลายยังใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนและเสริมในอาหารสัตว์ โดยมีโปรตีนสูงถึง 42-56 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 30 เปอร์เซ็นต์ อุดมไปด้วยโอเมก้า 3, 6, 9 กรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด สามารถนำไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจได้หลายประเภท เช่น ไก่ นก ปลา หมู หู สุนัข กิ้งก่า สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (Mohan *et al.*, 2022) เป็นต้น มีงานวิจัยที่นำหนอนแมลงวันลายอบแห้งมาใช้ทดแทนปลาป่นเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลาเรนโบว์เทรา (Elia *et al.*, 2018; Renna *et al.*, 2017) ปลาแซลมอน (Belghit *et al.*, 2019) ปลากระพงขาว (Magalhães *et al.*, 2017) ปลานิลวัยอ่อน (Devic *et al.*, 2018) ซึ่งพบว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งทดแทนปลาป่นในปลานิลได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (Limbu *et al.*, 2022)

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจในความปลอดภัยของอาหารมากขึ้น ประกอบกับความต้องการทางตลาดที่ต้องการสินค้าสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีและปลอดภัย ทำให้มีความต้องการผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพสูง ปลอดภัย และพัฒนามาตรฐานการเลี้ยงที่ดีมุ่งสู่อินทรีย์ ซึ่งในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์นั้น อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ต้องมีมาตรฐานด้านการผลิตอาหารตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบอาหารที่อยู่ในพื้นที่อินทรีย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำ

อินทรีย์ การให้อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินอาหารจากแหล่งท้องถิ่นในธรรมชาติเป็นหลัก ต้องเลี้ยงในบริเวณที่มีอาหารธรรมชาติที่เพียงพอแก่ความต้องการของสัตว์น้ำนั้น ๆ และปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานส่วนการผลิตพืช (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2021) หากต้องใช้อาหารแก่สัตว์น้ำ อาหารที่ใช้ต้องมาจากส่วนผสมที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เท่านั้น แต่เนื่องจากระบบเกษตรอินทรีย์ในท้องถิ่นยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นและยังไม่สามารถผลิตวัตถุดิบอินทรีย์ได้เพียงพออนุโลมให้ใช้วัตถุดิบพืชที่มาจากเกษตรทั่วไปหรือเก็บจากธรรมชาติได้ แต่ต้องไม่เกิน 15% ของน้ำหนักแห้ง (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของอาหารทั้งปี) (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2021) จากข้อกำหนดดังกล่าว จึงเป็นแนวทางในการทำการวิจัยวัตถุดิบอาหารที่อยู่ในพื้นที่อินทรีย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ และสามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ในท้องถิ่นต่อไปได้

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบิกอินทรีย์ โดยให้อาหารที่มีการนำหนอนแมลงวันลายอินทรีย์มาทดแทนในสูตรอาหาร ในอัตราส่วนที่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมหนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย

การเพาะเลี้ยงแมลงวันลายเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตหนอนแมลงวันลาย โดยการจัดเตรียมกรงขังมุ้งตาข่ายสีฟ้าที่เป็นระบบปิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากแมลงอื่น ๆ ทำให้สามารถจัดการแมลงวันลายได้ ล่อฟอ-แม่พันธุ์ของ

แมลงวันลายจากธรรมชาติมาใส่ในกรงขังมุ้งตาข่ายสีฟ้า ให้อาหารที่เป็นอาหารหมักจากขยะอินทรีย์ที่ได้จากร้านจำหน่ายอาหารที่ใช้ผลผลิตจากพืชผักอินทรีย์ในการประกอบอาหาร และส่วนหนึ่งจากเศษผักอินทรีย์ที่ปลูกในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ การเจริญเติบโตของแมลงวันลาย เริ่มจากระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน ระยะตัวหนอนใช้เวลาประมาณ 14-18 วัน โดยช่วงระยะที่เป็นหนอนแมลงวันลาย กินอาหารหมักจากเศษพืชอินทรีย์หรือขยะอินทรีย์เป็นอาหาร ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะดักแด้ (ระยะเวลา 19-23 วัน) ซึ่งจะดำเนินการเก็บหนอนแมลงวันลายก่อนที่จะเข้าดักแด้ และอบหนอนแมลงวันลายให้แห้ง นำมาบดละเอียด นำไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการของ AOAC (1990) เพื่อสร้างสูตรอาหารในการเลี้ยงปลาบึกอินทรีย์

การศึกษาคคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้ง มีปริมาณโปรตีน 47.82 ± 2.01

เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และไฟเบอร์ ดังนี้ 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 และ 7.97 ± 0.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต หรือ Nitrogen Free Extract (NFE) มีค่าเท่ากับ 19.22 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างสูตรอาหารทดลองต่อไป

การสร้างสูตรอาหารและชุดทดลอง

การสร้างสูตรอาหารทดลอง กำหนดให้มีการใช้วัตถุดิบดังนี้ หนอนแมลงวันลายอบแห้ง (ตามวิธีการที่กล่าวข้างต้น) ถั่วเหลือง รำ ปลายข้าว ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้รับการรับรองมาตรฐานอินทรีย์จากแหล่งผลิต อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และวิตามิน ซึ่งแต่ละสูตรอาหารมีสัดส่วนของวัตถุดิบ และสูตรอาหารที่ใช้มีโปรตีนในแต่ละสูตร เท่ากับ 40.41 ± 0.96 , 39.85 ± 1.10 , 39.94 ± 0.73 และ 39.89 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) และพลังงาน 490 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม เท่ากันทุกสูตร (Table 1)

Table 1 The composition of feed mixed with black soldier fly larvae (BSF) 4 formula

Ingredient (%)	Control	BSF1	BSF2	BSF3
Black soldier fly larvae	0	30	40	50
Soybean	90	51	41	31
Rice bran	0	9	9	9
Broken rice	9	9	9	9
Vitamin ^a	1	1	1	1
Total	100	100	100	100
Proximate analysis (%)				
Protein	40.41 ± 0.96	39.85 ± 1.10	39.94 ± 0.73	39.89 ± 0.66
Moisture	9.14 ± 0.80^{ab}	8.58 ± 0.11^a	10.94 ± 0.14^b	9.75 ± 0.39^{ab}
Ash	11.18 ± 0.48	10.97 ± 0.23	11.76 ± 0.06	12.95 ± 0.89
Lipid	8.65 ± 0.67^a	9.72 ± 0.18^{ab}	11.01 ± 0.10^c	12.05 ± 0.18^c
Fiber	4.75 ± 0.66	5.32 ± 0.44	5.90 ± 0.86	7.41 ± 0.88

^aVitamin (IU or mg kg⁻¹ of premix): retinol 40,000 IU; cholecalciferol 4,000 IU; α -tocopherol acetate 400 mg; menadione 12 mg; thiamine 30 mg; riboflavin 40 mg; pyridoxine 30 mg; cyanocobalamin 80 μ g; nicotinic acid 300 mg; folic acid 10 mg; biotin 3 mg; pantothenic acid 100 mg; inositol 500 mg

ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2566 โดยการทดลองใช้ปลาบึกน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 50 ± 0.12 กรัม และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 30.5 ± 0.11 เซนติเมตรต่อตัว นำมาจากศูนย์ประมงจังหวัดลำพูน เลี้ยงในกระชังพลาสติกในบ่อดิน ที่ความหนาแน่น 20 ตัวต่อตารางเมตร และวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และกำหนดชุดทดลอง 4 ชุดทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

- ชุด 1 อาหารควบคุม 40% (Control)
- ชุด 2 อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 30% (BSF1)
- ชุด 3 อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 40% (BSF2)
- ชุด 4 อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 50% (BSF3)

ให้อาหารปลาวันละ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว 2 ครั้ง เข้า-เย็น ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 60 วัน ตรวจวัดความยาวทั้งหมด (Total length) และน้ำหนักของปลาทุก ๆ 14 วัน โดยสุ่มชั่งปลา 50 เปอร์เซ็นต์ จนครบระยะเวลาของการทดลอง และเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain); g/fish
2. ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Length gain); cm/fish
3. อัตรารอด (Survival rate); %
4. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)
5. น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth); g/fish/day
6. ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein Efficiency Ratio: PER)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16.0 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way Analysis of Variance

(ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้งที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีปริมาณโปรตีน 47.82 ± 2.01 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และไฟเบอร์ เท่ากับ 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 และ 7.97 ± 0.70 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต หรือ Nitrogen Free Extract (NFE) มีค่าเท่ากับ 19.22 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนสูงทดแทนปลาป่นได้ ซึ่งในสูตรอาหารนำหนอนแมลงวันลายอบแห้งมาใช้เป็นโปรตีนสูงตามสูตรอาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 0, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลาบึกเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาบึกที่ได้รับอาหาร 4 สูตร คือ อาหารควบคุม มีค่าเท่ากับ 67.42 ± 3.72 กรัม อาหาร BSF1, BSF2 และ BSF3 มีค่าเท่ากับ 98.93 ± 5.28 , 108.13 ± 6.05 และ 94.90 ± 5.41 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสูตรอาหาร BSF2 มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดทดลอง ($p < 0.05$) ผลการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้นทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากหนอนแมลงวันลายมีปริมาณไคตินเป็นองค์ประกอบถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้น ปริมาณไคตินก็เพิ่มสูงตามไปด้วย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทำให้การเจริญเติบโตลดลง (Mohan *et al.* 2022) อัตราแลกเนื้อในการทดลองนี้ มีค่าเท่ากับ 3.38 ± 0.03 , 2.91 ± 0.03 , 2.38 ± 0.04 และ 3.16 ± 0.04 ตามลำดับ และปลาบึกที่ได้รับอาหาร BSF2 มีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาบึกพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.03 ± 0.57 , 1.52 ± 0.81 , วัน 1.66 ± 0.93 และ 1.46 ± 0.83 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ และไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในส่วนของอัตรารอดของปลาบึกในทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร

พบว่าอาหาร BSF2 มีประสิทธิภาพของโปรตีนดีที่สุด ($p<0.05$) ดัง Table 2

Table 2 Growth performance of Mekong giant catfish fed with feed mixed with Black Soldier Fly larvae (BSF) for 60 days

Treatment	Weight gain (g)	FCR	PER	ADG (g/fish/day)	Survival rate (%)
Control	67.42±3.721 ^d	3.388±0.03 ^d	0.72±0.01 ^a	1.037±0.57	80±0.00
BSF1	98.93±5.280 ^b	2.914±0.03 ^b	1.05±0.01 ^b	1.522±0.81	80±0.00
BSF2	108.13±6.052 ^a	2.387±0.04 ^a	1.15±0.01 ^c	1.664±0.93	80±0.00
BSF3	94.90±5.411 ^c	3.162±0.04 ^c	1.01±0.01 ^b	1.460±0.83	80±0.00

Values are Means±SE and values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้งที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีปริมาณโปรตีน 47.82±2.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohan *et al.* (2022) วิจัยโดยใช้หนอนแมลงวันลายที่มีการเลี้ยงด้วยของเสียจากผลไม้และ ผัก และพบว่าปริมาณโปรตีนในหนอนแมลงวันลายมีปริมาณอยู่ระหว่าง 30-60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หนอนแมลงวันลายอบแห้งที่มีการดองไขมันออกแล้ว พบว่ามีโปรตีนอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ (Li *et al.*, 2017) และพบว่ามีรายงานปริมาณโปรตีนของหนอนแมลงวันลายอบแห้งอยู่หลายช่วงระดับโปรตีน คือ โปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ (Huang *et al.*, 2019) โปรตีน 62 เปอร์เซ็นต์ (Marono *et al.*, 2017) เป็นต้น และพบว่าปริมาณโปรตีนที่พบในหนอนแมลงวันลายอบแห้งมีค่าสูงถึง 61 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าหนอนแมลงวันลายที่มีอายุ 5 วัน มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (Rachmawati *et al.*, 2010) ความแตกต่างของคุณค่าทางโภชนาการในหนอนแมลงวันลายเกิดจากอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลายเป็นหลัก (Nguyen *et al.*, 2015) หนอนแมลงวันลายอบแห้งมีการนำมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบ

อาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายประเภท เช่น ปลาแซลมอน (Belghit *et al.*, 2019) ปลาม้าลาย (Mohan *et al.*, 2022) ปลาเรนโบว์เทรา (Bruni *et al.*, 2018) และปลานิล (Yildirim-Aksoy *et al.*, 2020; Yildirim-Aksoy *et al.*, 2020) เป็นต้น และมีการพัฒนาเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำในอนาคตต่อไป

การเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 4 สูตร คือ 0, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปลาบึกที่ได้รับอาหารผสมหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ (BSF2) มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 108.13±6.052 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดทดลอง ($p<0.05$) ผลการทดลองเมื่อมีการเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากหนอนแมลงวันลายมีไคตินเป็นองค์ประกอบ และมีการศึกษาพบว่าทุกระยะการเจริญเติบโต คือ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบปริมาณไคตินในระยะหนอนมีปริมาณไคตินถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้น ปริมาณไคตินก็เพิ่มสูงตามไปด้วย แต่ในตัวของปลาไม่มีเอนไซม์ย่อยไคตินจึงทำให้การเจริญเติบโตลดลง (Mohan *et al.*, 2022)

ในการศึกษาค้นคว้าพบว่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร มีประสิทธิภาพดีที่สุดในสูตรอาหารผสมหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเช่นกัน ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Weththasinghe *et al.* (2021) ได้ศึกษาการเลี้ยงปลาแซลมอนด้วยอาหารที่มีการทดแทนด้วยหนอนแมลงวันลาย 6.25, 12.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นได้ถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็น 16.13 กรัมใน 100 กรัม) โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาแซลมอน เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาม้าลาย พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นในอาหารเพื่อเลี้ยงปลาม้าลายปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาม้าลายดีขึ้น เทียบเท่ากับการเลี้ยงด้วยปลาป่น และยังพบว่าช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันในเนื้อปลาได้ด้วย (Zarantonello *et al.*, 2018) การศึกษาในปลาไน พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายเลี้ยงปลาไน 50 เปอร์เซ็นต์ ช่วยทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีขึ้น และสร้างภูมิคุ้มกันได้เพิ่มมากขึ้น (Mohan *et al.*, 2022) เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาเรนโบว์เทรา มีการใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งสามารถใช้ทดแทนในส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปลาได้ โดยไม่มีความแตกต่างของตับและลำไส้ที่มีการให้อาหารที่มีปลาป่น และยังพบอีกว่ามีการสร้างภูมิคุ้มกันในปลาเพิ่มมากขึ้นด้วย (Kumar *et al.*, 2021)

Tippayadara *et al.* (2021) ได้ศึกษาการทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของปลานิลไม่มีความแตกต่างกัน และสามารถใช้น้ำมันแมลงวันลายทดแทนปลาป่นได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Agbohessou *et al.* (2021) ได้รายงาน ว่าสามารถทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกัน ในส่วนของการศึกษาในปลาดุกรัสเซีย ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่น 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Adeoye *et al.* (2020) ปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลาย

100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าชุดควบคุมและการศึกษาในปลากดเหลือง การทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 0, 13, 25, 37, 48, 68, 85 and 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการทดแทนที่ 25 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลากดเหลืองดีที่สุด และกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันได้ดีที่สุดด้วยเช่นกัน (Xiao *et al.*, 2018) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหนอนแมลงวันลายที่ใช้ในสูตรอาหารสูงทำให้การเจริญเติบโตของปลาในกลุ่มปลาหนังไม่ดี สรุปผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปลาบิกเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าหนอนแมลงวันลายสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในการเลี้ยงปลาหนังได้เพียงบางส่วนเท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาสสูตรอาหารหนอนแมลงวันลายอบแห้งอินทรีย์ ระดับ 0 (control), 30 (BSF1), 40 (BSF2) และ 50 (BSF3) เปอร์เซ็นต์ ที่เลี้ยงปลาบิกน้ำหนักรเริ่มต้นเฉลี่ย 50 ± 0.12 กรัม เป็นเวลา 60 วัน พบว่าอาหารที่มีหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรอาหารที่ปลาบิกมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด มีประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารดีที่สุด และมีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุด ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้เลี้ยงปลาบิกอินทรีย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของทุนวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสูตรอาหารเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์” ซึ่งเป็นโครงการภายใต้งานวิจัย มจ.1-66-06-006 : การผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์เพื่อผลิตอาหารปลอดภัยในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และภาคเหนือตอนบน ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ปี 2566 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

- Adeoye, A.A., Y. Akegbejo-Samsons, F.J. Fawole and S.J. Davie. 2020. Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*): impact on growth body index and hematological parameters. **The Journal of the World Aquaculture Society** 51: 1024-1033.
- Agbohessou, P.S., S.N.M. Mandiki, A. Gougb'edji, R.C. Megido, M.S. Hossain, P. De Jaeger and P. Kestemont. 2021. Total replacement of fish meal by enriched-fatty acid *Hermetia illucens* meal did not substantially affect growth parameters or innate immune status and improved whole body biochemical quality of Nile tilapia juveniles. **Aquaculture Nutrition** 27: 880-896.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th Edition Analytical Chemist. Washington DC.: Association of Official. 1298 p.
- Belghit, I., N.S. Liland, P. Gjesdal, I. Biancarosa, E. Menchetti, Y. Li and E.-J. Lock. 2019. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture** 503: 609-619.
- Bruni, L., R. Pastorelli, C. Viti, L. Gasco and G. Parisi. 2018. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larvae meal as partial dietary protein source. **Aquaculture** 487: 56-63.
- Devic, E., W. Leschen, F. Murray and D.C. Little. 2018. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Aquaculture Nutrition** 24: 416-423.
- Elia, A.C., M.T. Capucchio, B. Caldaroni, G. Magara, A.J.M. Dorr, I. Biasato and M. Prearo. 2018. Influence of *Hermetia illucens* meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 496: 50-57.
- Huang, C., W. Feng, J. Xiong, T. Wang, W. Wang, C. Wang and F. Yang. 2019. Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: Amino acid composition, nutritional value evaluation, *In Vitro* digestibility, and thermal properties. **European Food Research and Technology** 245: 11-21.

- Kumar, V., F.J. Fawole, N. Romano, M.S. Hossain, S.N. Labh, K. Overturf and B.C. Small. 2021. Insect (black soldier fly, *Hermetia illucens*) meal supplementation prevents the soybean meal-induced intestinal enteritis in rainbow trout and health benefits of using insect oil. **Fish and Shellfish Immunology** 109: 116-124.
- Limbu, S.M., A.P. Shoko, E.E. Ulotu, S.A. Luvanga, F.M. Munyi, J.O. John and M.A. Opiyo. 2022. Black soldier fly (*Hermetia illucens*, L.) larvae meal improves growth performance, feed efficiency and economic returns of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) fry. **Aquaculture, Fish and Fisheries** 2(3): 167-178.
- Li, S., H. Ji, B. Zhang, J. Zhou and H. Yu. 2017. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. **Aquaculture** 477: 62-70.
- Magalhães, R., L. Sanchez, A. Lopez, R.S. Leal, S. Martínez-Llorens, A. Oliva-Teles and H. Peres. 2017. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture** 476: 79-85.
- Marono, S., R. Loponte, P. Lombardi, G. Vassalotti, M.E. Pero, F. Russo and S. Nizza. 2017. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science** 96: 1783-1790.
- Mengamphan, K. 2016. **Mekong Gaint Catfish for Economy and Community**. 1st Edition. Chiang Mai: Office of Academic and Development, Maejo University. 134 p.
- Mohan, K., D.K. Rajan, T. Muralisankar, A.R. Ganesan, P. Sathishkumar and N. Revathi. 2022. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: a review of past and future needs. **Aquaculture** 553: 738095.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2021. **THAI AGRICULTURAL STANDARD: TAS 9000-2021**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 60 p. [in Thai]
- Nguyen, T., J.K. Tomberlin and S. Vanlaerhoven. 2015. Ability of black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae to recycle food waste. **Environmental Entomology** 44(2): 406-410.

- Rachmawati B., D.P. Hidayat, S. Hem and D.M.R. Fahmi. 2010. Development and nutritional content of *Hermetia illucens* (Linnaeus) (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae on oilpalm kernel. **Journal Entomology Indonesia** 7: 28.
- Renna, M., A. Schiavone, F. Gai, S. Dabbou, C. Lussiana, V. Malfatto and E. Biasibetti. 2017. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*Walbaum) diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 8: 1-13
- Suthus, P., N. Jaruk and P. Yuttana. 2022. **Commercial Culture of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930) with Sex-reversed Nile Tilapia in Earthen Pond Nong Khai**. Extension Paper No. 1/2022. Nong Khai: Fisheries Provincial Office. [in Thai]
- Tippayadara, N., M.A.O. Dawood, P. Krutmuang, S.H. Hoseinifar, H. Van Doan and M. Paolucci. 2021. Replacement of fish meal by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal: effects on growth, haematology, and skin mucus immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Animals** 11: 193.
- Tongsiri, S, N. Somkane, U. Sompong and D. Thiammueang. 2020. A cost and benefit analysis of Nile tilapia culture in biofloc technology, the environmental friendly system: the case of selected farm in Chiang Mai, Thailand. **Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication** 2(1): 45-49. [Online]. Available <https://doi.org/10.54279/mijeec.v2i1.244952> (February 20, 2024)
- Weththasinghe, P., J.Ø. Hansen, D. Nøkland L. Lagos, M. Rawski and M. Øverland. 2021. Full-fat black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal and paste in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): effect on physical pellet quality, nutrient digestibility, nutrient utilization and growth performances. **Aquaculture** Volume 530: 735785. ISSN 0044-8486. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735785>. (February 20, 2024)
- Xiao, X., P. Jin, L. Zheng, M. Cai, Z. Yu, J. Yu and J. Zhang. 2018. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Aquaculture Research** 49: 1569-1577.

Yildirim-Aksoy, M., R. Eljack and B.H. Beck. 2020. Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in a channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diet. **Aquaculture Nutrition** 26: 812-819.

Yildirim-Aksoy, M., R. Eljack, C. Schrimsher and B.H. Beck. 2020. Use of dietary frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in hybrid tilapia (Nile x Mozambique, *Oreochromis niloticus* x *O. mozambique*) diets improves growth and resistance to bacterial diseases. **Aquaculture Reports** 17: 100373

Zarantoniello, M., L. Bruni, B. Randazzo, A. Vargas, G. Gioacchini, C. Truzzi and G. Cardinaletti. 2018. Partial dietary inclusion of *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly) full-fat prepupae in zebrafish feed: biometric, histological, biochemical, and molecular implications. **Zebrafish** 15: 519-553.