ผลของระดับหนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกปลานิล

Effect of Black Soldier Fly *(Hermetia illucens)* larvae Levels in feed to Increase Efficiency Growth rate of Nile Tilapia Fry *(Oreochromis niloticus)*

วรพรภัฏ ปัดภัย[1*] สายฝน ทดทะศรี[1] วิชชุดา ยินดี[1] กนกกาญจน์ รีบเร่งรัมย์[1] ชัยนะรินทร์ ทับมะเริง[1] กฤตกนก พาบุ[2] และกิตติศักดิ์ ร่วมพัฒนา[3]

Worrapornpat Patpai[1*], Saifon Thodthasi[1], Witchuda Yindee[1], Kanokkarn Reebreangrum[1], Chainarin Tubmarerng[1], Krikanok Phabu[2] and Kittisak Ruampattana[3]

[1]คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

[3]คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

[1]Faculty of Agriculture and Agricultural Industry, Surindra Rajabhat University, Surin 32000

[2]Faculty of Management, Surindra Rajabhat University, Surin 32000

[3]Faculty of Humanities, Surindra Rajabhat University, Surin 32000

***Corresponding author, E-mail: worrapornpat.pat@srru.ac.th**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตลูกปลานิลจากการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารที่ระดับต่างกันและหาปริมาณที่เหมาะสมในการเลี้ยงลูกปลานิล โดยเสริมหนอนแมลงวันลายจำนวน 4 ระดับ คือ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ให้อาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์เท่ากันทุกกลุ่มทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) เลี้ยงในกระชัง อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อกระชัง เป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองที่ 3 เสริมหนอนแมลงวันลาย 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 13.00±1.56 กรัม ความยาวสุดท้ายเท่ากับ 8.20±11.60 เซนติเมตร น้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.17±0.01 กรัมต่อวัน ความยาวเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.13±0.02 เซนติเมตรต่อวัน อัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 12.96±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.25±0.06 และประสิทธิภาพของอาหารเท่ากับ 0.63±0.02 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และอัตรารอดตายเท่ากับ 88.00±0.07 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) มากกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ดังนั้นหนอนแมลงวันลายสามารถใช้ในสูตรอาหารเลี้ยงลูกปลานิลได้ และสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ในสูตรอาหารอยู่ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : หนอนแมลงวันลาย ลูกปลานิล อาหาร

Abstract

This research aimed to study the growth efficiency of Nile Tilapia fry *(Oreochromis niloticus)* supplemented with different amounts of black soldier fly (BSF) in the diet and find the appropriate amount to raise Nile Tilapia fry, with four experimental treatments containing 0, 5, 10 and 15%, larvae, each diet containing 30% crude protein. A completely randomized design (CRD) was

Received: June 4, 2025 **Revised:** November 27, 2025
Accepted: December 12, 2025 **Published:** December 19, 2025

employed, Raised in cages stocking density 50 fish/cage for 60 days. The 10% inclusion group had the highest final weight (13.00±1.56 g), highest final length (8.20±11.60 cm), average daily weight gain (0.17±0.01 g/day), length per day (0.13±0.02 cm/day), specific growth rate (12.96±0.03 %/day), feed conversion ratio (1.25±0.06) and Feed efficiency (0.63±0.02) did not differ significantly among treatments ($p>0.05$). And survival rate (88.00±0.07%), with significant differences ($p<0.05$) More than any other experimental group, Black Soldier Fly Larvae (BSF) can therefore be utilized in feed formulations for juvenile Nile Tilapia. The optimal inclusion level in the feed ratio is determined to be 10 %.

Keywords : Black soldier fly, Nile Tilapia Fry, Feed

บทนำ

ปลานิล (Nile Tilapia) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งในวงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae) เป็นปลาเศรษฐกิจแพร่ขยายพันธุ์ง่าย และมีรสชาติดี มีความต้องการสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต การแพร่ขยายพันธุ์และเพื่อให้มีชีวิตรอด เนื่องจากไม่มีการกระเพาะอาหารที่แท้จริงแต่มีส่วนของลำไส้ที่โป่งเป็นกระเปาะเรียกว่ากระเพาะอาหาร ดัดแปลงที่มีความสามารถในการย่อยซากพืช ซากสัตว์ และแพลงก์ตอนพืชได้ดี จึงมีพฤติกรรมการกินอาหารเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ (พิเชต, 2559) อาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเลี้ยงปลานิลและเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิต (ธนาภรณ์, 2557) ปัจจุบันมีการใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีราคาสูงมาใช้ในการเลี้ยงปลานิลจึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการลงทุน เนื่องจากต้นทุนประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์มาจากค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอาหารกับอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลานิล (จิตติมา, 2561) หนอนแมลงวันลาย (Black Soldier Fly) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hermetia illucens (L.)*, (Diptera : Stratiomyidae) สามารถพบได้ในเขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้น (Wang and Shelomi, 2017) วงจรชีวิตของแมลงวันลายเริ่มจากระยะไข่ (3-4 วัน) ระยะตัวหนอน (14-18 วัน) มูลสัตว์ อาหารหมัก หรือขยะอินทรีย์ก่อนเข้าสู่ระยะดักแด้ (10-15 วัน) และพัฒนาสู่ระยะโตเต็มวัย หนอนแมลงวันลายสามารถเปลี่ยนของเหลือใช้ทางอินทรีย์ให้โปรตีนและไขมันคุณภาพสูง โดยในช่วง (1-14 วัน) ของระยะตัวหนอนมีโปรตีน 38-56 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 4-28 เปอร์เซ็นต์ ระยะก่อนดักแด้มีโปรตีน 40.2-40.4 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 24.2-28.0 เปอร์เซ็นต์ ระยะดักแด้มีโปรตีน 43.8-46.2 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 7.2-8.2 เปอร์เซ็นต์ ตัวเต็มวัยเพศผู้มีโปรตีน 44.0 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 32.2 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ตัวเต็มวัยเพศเมียมีโปรตีน 43.8 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 30.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีงานวิจัยที่ใช้ใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น การใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้ง 40 เปอร์เซ็นต์ (BSF2) ผสมในอาหารเลี้ยงปลาบึก (สุดาพร และคณะ, 2568) ปลานิลวัยอ่อน (Devic et al., 2018) ซึ่งพบว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งทดแทนปลาป่นในปลานิลได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (Limbu et al., 2022) การอนุบาลลูกปลานิลก่อนนำไปเลี้ยงเป็นตัวเต็มวัยจึงมีความสำคัญในด้านอาหารที่เลี้ยงเพราะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายที่ปริมาณ 0%, 5%, 10%, และ 15% ในอาหาร เพื่อหาปริมาณหนอนแมลงวันลายที่เหมาะสมที่เสริมในอาหารสำหรับเลี้ยงลูกปลานิลตลอดระยะเวลา 60 วัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สัตว์น้ำทดลอง

การวิจัยนี้ใช้ลูกปลานิลจากฟาร์มเอกชนในจังหวัดสุรินทร์รุ่นเดียวกันอายุ 30 วัน นำมาปล่อยในกระชังที่มีความกว้าง 1 X ยาว 1 X ความลึก 1.20 เมตร จำนวนทั้งสิ้น 12 กระชัง ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อกระชัง (ลูกปลานิลเพศผู้ 25 ตัว ลูกปลานิลเพศเมีย 25 ตัว) รวมลูกปลานิลที่ใช้ในการทดลองจำนวน 600 ตัว เพื่อให้ลูกปลาปรับสภาพน้ำในบ่อดินเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยมีการวัดคุณภาพน้ำในบ่อดินก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 2.52 มิลลิกรัม/ลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 7.10 ความโปร่งแสง 30 เซนติเมตร ความขุ่นของน้ำ 40.5 NTU อุณหภูมิน้ำ 31.2 องศาเซลเซียส ค่าความนำไฟฟ้า 420.5 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ความลึกของน้ำ 1.5 เมตร หลังจากนั้นทำการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลูกปลาจำนวน 20 ตัวต่อกระชัง เพื่อเริ่มดำเนินการทดลอง

2. การเตรียมอาหารเสริมหนอนแมลงวัน

หนอนแมลงวันลายอบแห้งระยะตัวหนอนอายุ 14-18 วัน นำมาทำความสะอาดและฆ่าให้ตายอย่างสงบด้วยวิธีการแช่ในน้ำแข็งแล้วนำมาอบที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังการอบแห้งบดหนอนแมลงวันลายให้ละเอียดนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อทำการผสมในอาหารตามชุดการทดลอง กำหนดให้อาหารมีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์เท่ากันทุกสูตร วัตถุดิบในอาหารประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด แป้งข้าวเหนียว แร่ธาตุ น้ำมันสัตว์ นำวัตถุดิบแต่ละสูตรผสมให้เข้ากันเติมน้ำประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร จากนั้นนำมาอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดผ่านรูหน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร นำอาหารที่อัดไปตากแดด 24 ชั่วโมง แล้วนำไปให้ปลาตามหน่วยการทดลอง โดยให้อาหารลูกปลาในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลา วันละ 2 เวลา คือเวลา 09.00 น. และเวลา 15.00 น. ในระยะเวลา 30 วันจะทำการเพิ่มอาหารในปริมาณตามน้ำหนักของลูกปลานิล

ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบอาหารผสมหนอนแมลงวันลายของแต่ละสูตร (เปอร์เซ็นต์)

วัตถุดิบอาหาร	โปรตีน (%)	ปริมาณการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร			
		T 1 (0%)	T 2 (5%)	T 3 (10%)	T 4 (15%)
ปลาป่น	53.93	11.33	11.86	8.63	5.93
กากถั่วเหลือง	46.04	14.27	11.05	12.43	12.89
รำละเอียด	12.64	3.54	3.79	3.67	3.54
หนอนแมลงวันลาย	45.00	-	2.25	4.50	6.75
ปลายข้าว	8.02	1.20	1.28	1.20	1.20
โปรตีน (%)	-	**30.34**	**30.24**	**30.43**	**30.32**

3. การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 กลุ่มการทดลองๆละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 = ไม่เสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 = เสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร 5 %

กลุ่มการทดลองที่ 3 = เสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร 10 %

กลุ่มการทดลองที่ 4 = เสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร 15 %

4. การเก็บข้อมูล

ทำการทดลองในบ่อดิน คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ระยะเวลาทดลอง 60 วัน ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2567 ทำการเก็บข้อมูลทุก 30 วัน ทำการสุ่มลูกปลานิลจำนวน 20 ตัวต่อชุดการทดลอง ทั้งหมด 12 กระชัง มาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวลำตัว (total length) ทุก 30 วัน

5. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลด้านการอัตราการเติบโตของปลาดัดแปลงจากวิธีการของ Hepher and Pruginin (1981) ดังนี้

5.1 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

= น้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง – น้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อเริ่มเลี้ยง

5.2 ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

= ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง – ความยาวเฉลี่ยเมื่อเริ่มเลี้ยง

5.3 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average Daily Weight Gain, ADG; กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาปล่อยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

5.4 ความยาวเพิ่มต่อวัน (Length Growth Rate, LGR; เซนติเมตรต่อวัน)

$$= \frac{\text{ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวปลาที่ปล่อยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}}$$

5.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR)

$$= \frac{\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยงปลา}} \times 100$$

5.6 อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio; FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

5.7 ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed Efficiency Ratio, FER)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}$$

5.8 อัตรารอดตาย (Survival Rate: SR; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อยเริ่มต้น}} \times 100$$

นำข้อมูลด้านอัตราการเติบโตที่มาวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan’s new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เลขที่ AE6701002

6. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ในพื้นที่บ่อ โดยทำการวัดทุก 30 วัน ในเวลา 08.00 น. โดยวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดัดแปลงตามวิธีของ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) ดังนี้

6.1 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) เครื่อง EUTECH Multi-Parameter รุ่น PCD 650

6.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง เครื่อง EUTECH Multi-Parameter รุ่น PCD 650

6.3 ความโปร่งแสง (เซนติเมตร) ด้วย Secchi disc

6.4 ความขุ่นของน้ำ (NTU) ด้วย Turbidimeter รุ่น TN-100

6.5 อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) เครื่อง EUTECH Multi-Parameter รุ่น PCD 650

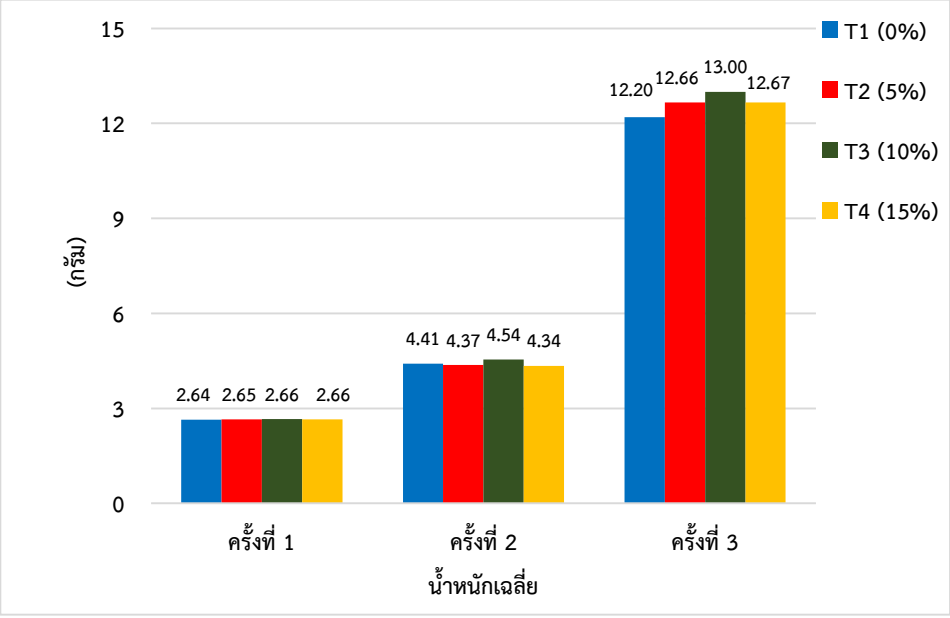
6.6 การนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร) เครื่อง EUTECH Multi-Parameter รุ่น PCD 650

6.7 ความลึกของน้ำ (เมตร) ด้วย Portable Depth Sounder รุ่น PS-7

ผลการวิจัย

1. อัตราการเจริญเติบโตของลูกปลานิล

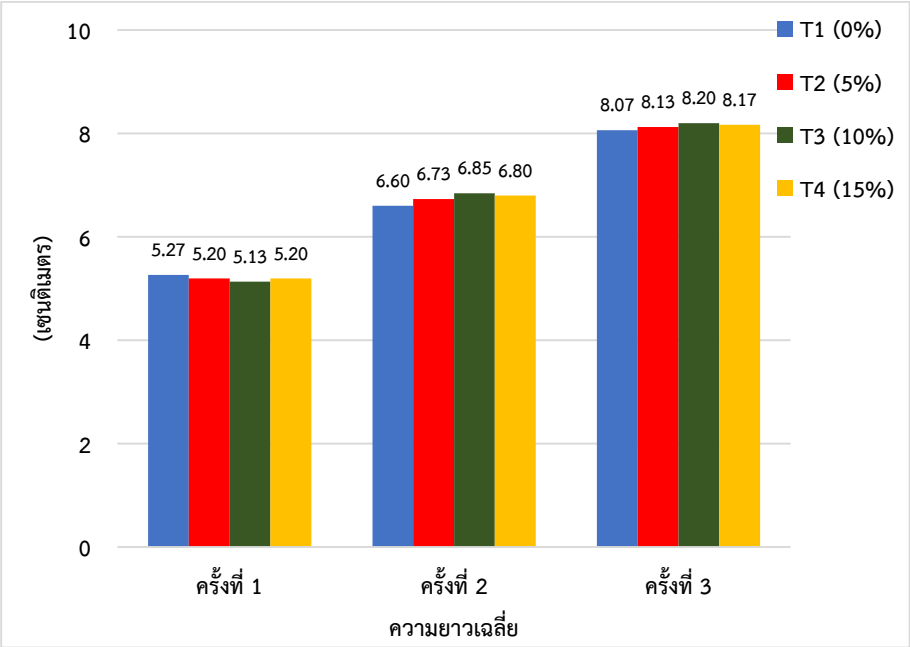
น้ำหนักสุดท้ายลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% ระยะเวลา 60 วัน พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 10% มีน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 13.00±1.56 กรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 0%, 5%, และ 15% เท่ากับ 12.20±2.46, 12.66±0.84, และ 12.67±1.56 กรัมตามลำดับ (ภาพที่ 1 และตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย(กรัม)ของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารปริมาณต่างกัน

ความยาวสุดท้ายลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% ระยะเวลา 60 วัน พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 10% มีความยาวสุดท้ายเท่ากับ 8.20±11.60 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เสริมหนอน

แมลงวันลาย 0%, 5%, และ 15% เท่ากับ 8.07±11.41, 8.13±11.49, และ 8.17±11.50 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางที่ 3)



ภาพที่ 2 ความยาวเฉลี่ย(เซนติเมตร)ของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารต่างกัน

ตารางที่ 2 น้ำหนัก(กรัม)ของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันในอาหารปริมาณต่างกัน

ระยะเวลา	ระดับการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร				p-value
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)	T4 (15%)	
ครั้งที่ 1 น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย	2.65± 0.20	2.65±0.20	2.65±0.20	2.65±0.20	1.000
ครั้งที่ 2 (30วัน)	4.41±0.98	4.37±.0.47	4.54±0.56	4.34±0.07	0.978
ครั้งที่ 3 (60วัน)	12.20±2.46	12.66±0.84	13.00±1.56	12.67±0.42	0.934

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

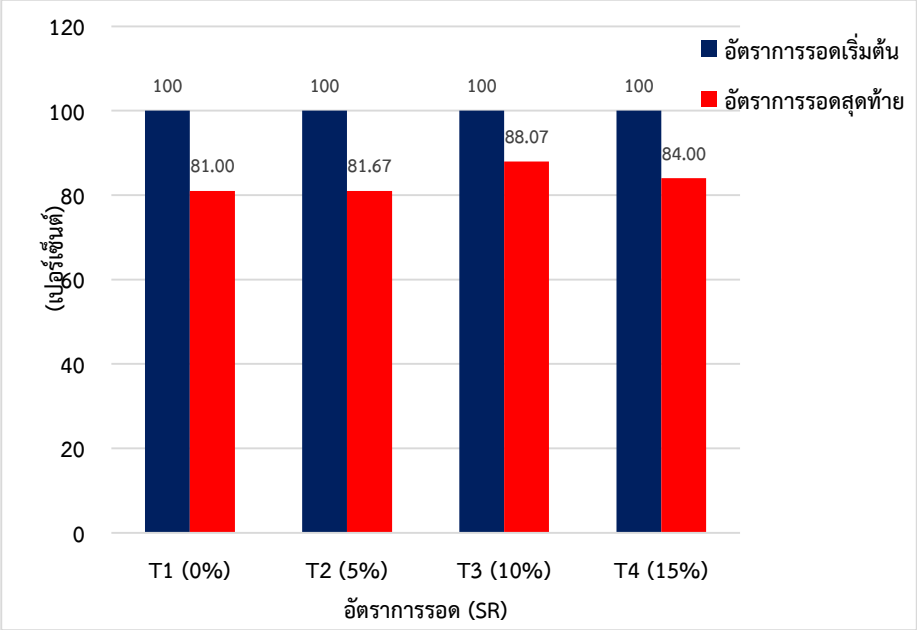
ตารางที่ 3 ความยาว(เซนติเมตร)ของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันในอาหารปริมาณต่างกัน

ระยะเวลา	ระดับการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหาร				p-value
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)	T4 (15%)	
ครั้งที่ 1 ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย	5.20 ± 0.01	5.20 ± 0.01	5.20 ± 0.01	5.20 ± 0.01	0.330
ครั้งที่ 2 (30วัน)	6.60 ± 9.33	6.73 ± 9.52	6.85 ± 9.68	6.80 ± 9.62	0.906
ครั้งที่ 3 (60วัน)	8.07 ± 11.41	8.13 ± 11.49	8.20 ± 11.60	8.17 ± 11.50	0.998

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

อัตรารอดตาย (Survival Rate; SR) ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 10% มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 88.00±0.07 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เสริม

หนอนแมลงวันลาย 0%, 5%, และ 15% เท่ากับ 81.00±2.29, 81.67±2.29, และ 84.00±1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3 และตารางที่ 4)



ภาพที่ 3 อัตรารอดตาย(เปอร์เซ็นต์)ของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารต่างกัน

น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average Daily Weight Gain; ADG) ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 5%, 10%, และ 15% มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.17±0.01, 0.17±0.01, และ 0.17±0.01 กรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริมหนอนแมลงวันลายเท่ากับ 0.16±0.04 กรัมต่อวัน (ตารางที่ 4)

ความยาวเพิ่มต่อวัน (Length Growth Rate; LGR) ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 0%, และ 10% มีความยาวเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.13±0.02, และ 0.13±0.02 เซนติเมตรต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 5%, และ 15% เท่ากับ 0.12±0.02, และ 0.12±0.02 เซนติเมตรต่อวัน (ตารางที่ 4)

อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 10% มีอัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 12.96±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 0%, 5%, และ 15% เท่ากับ 12.16±0.01, 12.62±0.03, และ 12.62±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวันตามลำดับ (ตารางที่ 4)

อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio; FCR) ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 10% มีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุดเท่ากับ 1.25±0.06 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริมหนอนแมลงวันลาย

และเสริมหนอนแมลงวันลาย 5%, และ 15% เท่ากับ 1.26±0.06, 1.26±0.06, และ 1.33±0.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed Efficiency Ratio; FER) ลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมหนอนแมลงวันลายในระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมหนอนแมลงวันลาย 10% เท่ากับ 0.63±0.02 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริมหนอนแมลงวันลายและเสริมหนอนแมลงวันลาย 5%, และ 15% เท่ากับ 0.62±0.01, 0.62±0.01, และ 0.62±0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการทดลองของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารต่างกัน

พารามิเตอร์	ระดับการเสริมหนอนแมลงวันลายในสูตรอาหาร				p-value
	T1(0%)	T2 (5%)	T3 (10%)	T4 (15%)	
อัตราการรอดสุดท้าย (%)	81.00±2.29^{b}	81.67±2.29^{b}	88.00±0.07^{a}	84.00±1.00^{b}	0.025
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (g/d)	0.16±0.04	0.17±0.01	0.17±0.01	0.17±0.01	0.896
ความยาวเพิ่มต่อวัน (cm/d)	0.13±0.02	0.12±0.02	0.13±0.02	0.12±0.02	0.738
อัตราการเติบโตจำเพาะ (%/d)	12.16±0.01	12.62±0.03	12.96±0.03	12.62±0.03	0.924
อัตราแลกเนื้อ	1.33±0.14	1.26±0.06	1.25±0.06	1.26±0.06	0.983
ประสิทธิภาพของอาหาร	0.62±0.01	0.62±0.01	0.63±0.02	0.62±0.01	1.000

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

2. คุณสมบัติของน้ำในบ่อดินที่เลี้ยงลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารปริมาณต่างกันในกระชัง ระยะเวลา 60 วัน

2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) มีค่าระหว่าง 2.52-2.80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับปกติในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ตารางที่ 4

2.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าระหว่าง 7.10-7.04 เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ตารางที่ 4

2.3 ความโปร่งแสง (Transparency) ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าระหว่าง 25-30 เซนติเมตร เป็นค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ตารางที่ 4

2.4 ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) มีค่าระหว่าง 40.05-59.6 NTU อยู่ในช่วงความขุ่นปกติทำให้แสงสามารถส่องลงไปได้ลึกมาก ดังตารางที่ 4

2.5 อุณหภูมิของน้ำ (Water Temperature) อยู่ในช่วง 31.2-33.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาในเขตร้อนควรอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4

2.6 ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) อยู่ในระหว่าง 420.5-475.0 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังตารางที่ 4

2.7 ความลึกของน้ำ (Water Depth) ค่าความลึกของน้ำมีค่าระหว่าง 0.7-1.5 เมตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำในบ่อดินที่เลี้ยงลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารปริมาณต่างกัน

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	เกณฑ์มาตรฐาน	ครั้งที่		
			1	2	3
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	mg/l	2-5	2.52	2.70	2.80
ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	6.5-9.0	7.10	7.08	7.04
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	เซนติเมตร	30-60	30	28	25
ความขุ่นของน้ำ (NTU)	NTU	25-80	40.5	48.6	59.6
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	°C	28.0-32.0	31.2	32.5	33.4
ค่าความนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร)	(μScm^{-1})	< 2,000	420.5	450.8	475.0
ความลึกของน้ำ (เมตร)	เมตร	-	1.5	1.0	0.7

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารในระดับ 10 % สำหรับเลี้ยงลูกปลานิลพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน ความยาวเพิ่มต่อวัน อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเนื้อ และประสิทธิภาพของอาหารสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น โดยงานวิจัยของ (Nguyen *et. al.,* 2015) หนอนแมลงวันลายอบแห้งมีการนำมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายประเภท เช่น ปลาแซลมอน (Belghit *et. al.,* 2019) ปลาม้าลาย (Mohan *et. Al*., 2022) ปลาเรนโบว์เทร้า (Bruni *et. al*., 2018) และปลานิล (Yildirim-Aksoy *et. al*., 2020) เป็นต้น และสอดคล้องกับ Weththasinghe *et. al*. (2021) ศึกษาการเลี้ยงปลาแซลมอนด้วยอาหารที่มีการทดแทนด้วยหนอนแมลงวันลาย 6.25, 12.5 และ 25 % พบว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นได้ถึง 12.5 % โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาแซลมอน และผลการทดลองให้อาหารโดยใช้ตัวอ่อนแมลงวันลายดำสับกับปลาดุกช่องพบว่าน้ำหนักตัวและความยาวรวมของปลาดุกช่องใกล้เคียงกับอาหารควบคุมการเปรียบเทียบ FM กับ BSFLM พบว่า BSFLM เป็นประโยชน์ในการแทนที่ FM ได้มากถึง 7.5% (Newton et al., 2005) ในกุ้งน้ำจืด (Cherax cainii) ได้มีการประเมินผลของอาหารเสริม BSFLM ต่อชุมชนแบคทีเรียในลำไส้ส่วนปลาย การตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน และการเจริญเติบโตของกุ้งน้ำจืดในการทดลองให้อาหาร และการทดแทน FM ในอาหาร 10% ด้วย BSFLM เป็นไปได้ (Li *et. al*., 2021)

อัตรารอดตายเท่ากับ 88 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) หนอนแมลงวันลายมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ไขมันและสารอาหารที่สำคัญ ทำให้เป็นทางเลือกที่มีคุณค่าสำหรับแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ (Makkar et. al., 2014) หนอนแมลงวันลายมีโปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 35 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโน แร่ธาตุอื่น ๆ สูง และหนอนแมลงวันลายมีพลังงาน 2,900 Kcal/kg (De Marco *et. al*., 2015; Spranghers *et. al*., 2017) และ Kumar *et. al.* (2011) ทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาวสามารถใช้หนอนแมลงวันลายเป็นส่วนผสมทดแทนปลาป่นในอาหารปลาได้มากกว่า 28.4 % แต่น้อยกว่า 50 % ทำให้ลูกปลากะพงขาวเจริญเติบโตได้ดี และ Hem *et al*. (2008) ทดลองเลี้ยงปลานิลเพศผู้น้ำหนัก 20 กรัม นาน 6 เดือน ด้วยตัวหนอนแมลงวันลายผสมรำข้าวสัดสวน 30:70 พบวาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตอวันเทากับ 1.80 และ 0.52 กรัม (เวียง, 2528) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ในเกณฑ์ที่ดี อาหารที่มีคุณภาพควรมีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่า 2.00 และ ณัฐวุฒิ (2561) ทดลองใช้ตัวอ่อนแมลงวันลายสามารถทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารได้ที่ระดับ 4-15 เปอร์เซ็นต์ของปลาป่นที่ใช้ในสูตรอาหาร Einstein (1993) และ Emlen (1993) รายงานถึงสัตว์ควรได้รับอาหารที่พอเหมาะและมีสารอาหารที่จำเป็นครบถ้วนแต่สัตว์จะกิน

อาหารมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพล้อมด้วย เช่น ความยาวของช่วงแสงในรอบวันและลักษณะทางกายภาพของอาหารอาหารที่สัตว์ได้รับควรเป็นอาหารที่ย่อยง่ายและถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ดี สอดคล้อง Alzawqari *et. al*. (2016) รายงานว่าการใช้หนอนแมลงวันลายเสริมในอาหารสัตว์จะใช้ในรูปแบบแห้งที่บดผงแล้วและนำมาผสมกับอาหารสัตว์โดยการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารปลานิลระยะเจริญเติบโตมีผลทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น

คุณภาพน้ำของการเลี้ยงลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในปริมาณต่างกัน ระยะเวลา 60 วัน พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) มีค่าระหว่าง 2.07-2.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าระหว่าง 6.70-7.07 ความโปร่งแสง (Transparency) ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าระหว่าง 14-25 เซนติเมตร ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) มีค่าระหว่าง 59.6-110 NTU อุณหภูมิของน้ำ (Water Temperature) อยู่ในช่วง 30.5-31.7 องศาเซลเซียส ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) อยู่ในระหว่าง 414.3-440.2 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และความลึกของน้ำ (Water Depth) ค่าความลึกของน้ำมีค่าระหว่าง 0.7-1.5 เมตร ตลอดการทดลองมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528; มั่นสิน และไพพรรณ, 2544) ระบุว่าอุณหภูมิที่มีค่าระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตรอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำกว่าข้อกำหนดที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืด ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมควรมีค่าระหว่าง 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร และความกระด้างที่เหมาะสมควรมีค่าระหว่าง 75-300 มิลลิกรัมต่อลิตร และวรพรรณ และคณะ (2562) รายงานการย่อยสลายสารอินทรีย์ปริมาณมากลงในบ่อ จะช่วยเพิ่มสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิตตามห่วงโซ่อาหาร ตั้งแต่แบคทีเรียไปจนถึงแพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์น้ำขนาดเล็กที่มีอยู่ตามธรรมชาติภายในบ่อ

สรุปผล

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกปลานิลโดยเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารที่ระดับ 0%, 5%, 10%, และ 15% ระยะเวลาทดลอง 60 วัน พบว่าอาหารที่เสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารที่ระดับ 10 % มีอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน ความยาวเพิ่มต่อวัน อัตราการเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพของอาหาร อัตราแลกเนื้อ มากกว่ากลุ่มการทดลองอื่นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และอัตราการรอดตายเท่ากับ 88.07 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาเลี้ยงลูกปลานิลได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2567 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ที่สนับสนุนพื้นที่ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์สำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกวลิน หนูฤทธิ์, และพัชนี บุญเอก. 2566. *สถานการณ์สินค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ปี 2565 และแนวโน้มปี 2566*. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

จิตติมา หมั่นกิจ. 2561. ผลของสูตรอาหารผสมไข่น้ำและอัตราความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตของปลากระแหที่เลี้ยงในกระชัง. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, *5*(1): 1–13.

จิตติมา หมั่นกิจ. 2563. การใช้หนอนแมลงวันลายเป็นสวนผสมในอาหารลูกปลาหมอไทยชุมพร 1. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร*, 4(2): 15-25.

ชิงชัย โลหะวัฒนกุล. 2543. *วารสารสัตว์น้ำ,* 11(125): 185-188.

ณัฐวุฒิ ดวงแก้ว. 2561. *ผลการใช้ตัวอ่อนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ธนาภรณ์ จิตตปาลพงษ์. 2557. *การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ.* กรมประมง, กรุงเทพฯ.

พิเชต พลายเพชร. 2559. การจัดการทางโภชนาการสำหรับเลี้ยงปลานิล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 24(1): 12–39.

มั่นสิน ตัณฑลเวศม์, และไพพรรณ พรประภา. 2544. *การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1*. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์, และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. *คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง.* กรมประมง. กรุงเทพฯ.

วรพรรณ เผ่าทองสุข, ยุคลธร สถาปนศิริ, วัสสิกา เสนออุดม, และวิภาพรรณ ชนะภักดิ์. 2562. *การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของปลาสลิดในบ่อเลี้ยงปลาสลิดแบบดั้งเดิม แบบผสมผสาน และแบบภูมิปัญญา*. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, สมุทรปราการ.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2528. *อาหารปลา*. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุดาพร ตงศิริ, จงกล พรมยะ, และนิสรา กิจเจริญ. 2568. การใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งเป็นอาหารปลาบึกอินทรีย์. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 42(1): 132–142.

Alzawqari, M. H., Al-Baddany, A. A., Al-Baadani, H. H., Alhidary, I. A., Ullah Khan, R., Aqil, G. M., & Abdurab, A. 2016. Effect of feeding dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel and lemon grass (*Cymbopogon citratus*) leaves on growth performance, carcass traits, serum metabolites and antioxidant status in broiler during the finisher phase. *Environmental Science and Pollution Research*, *23*: 17077–17082.

Belghit, I., Liland, N. S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., & Lock, E. J. 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., Pastorelli, R., Viti, C., Gasco, L., & Parisi, G. 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., Leschen, W., Murray, F., & Little, D. C. 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(1): 416–423.

Dortmans, B., S. Diener, J. Egger, and C. Zurbrügg. 2021. *Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition*. Publisher: Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland. ISBN: 978-3-906484-75-4.

Einstein, A. 1993. *Digestion & nutrient metabolism*. In C. T. Robbins (Ed.), Wildlife Feeding and Nutrition (2nd ed.). Academic Press.

Emlen. 1993. *Food intake regulation*. In C. T. Robbins (Ed.), Wildlife Feeding and Nutrition (2nd ed.), Academic Press.

Hem, S., Toure, S., Sagbla, C., & Legendre, M. 2008. Bioconversion of palm kernel meal for aquaculture: Experiences from the forest region (Republic of Guinea). *African Journal of Biotechnology*, *7*(8): 1192–1198.

Hepher, B., & Pruginin, Y. 1981. *Commercial Fish Farming: With Special Reference to Fish Culture in Israel*. John Wiley & Sons.

Kumar, S. V. R., Inamdar, N. M., Nayeemunnisa, & Viswanatha, G. L. 2011. Protective effect of lemongrass oil against dexamethasone induced hyperlipidemia in rats: Possible role of decreased lecithin cholesterol acetyltransferase activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, *4*(8): 658–660.

Limbu, S. M., Shoko, A. P., Ulotu, E. E., Luvanga, S. A., Munyi, F. M., John, J. O., & Opiyo, M. A. 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, M., Wang, G., Liu, C., Shang, R., & Chen, Y. 2021. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal can partially replace fish meal in diets for adult Chinese soft-shelled turtles. *Aquaculture*, *541*: 736758.

Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, *197*: 1–33.

Mohan, K., Rajan, D. K., Muralisankar, T., Ganesan, A. R., Sathishkumar, P., & Revathi, N. 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.

Newton, L., Sheppard, C., Watson, D. W., Burtle, G., & Dove, R. 2005. *Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure* (Report No. 17). Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University.

Nguyen, T., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. 2015. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*, *44*(2): 406–410.

Wang, Y. S., & Shelomi, M. 2017. Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, *6*(10): 91. https://doi.org/10.3390/foods6100091

Weththasinghe, P., Hansen, J. Ø., Nøkland, D., Lagos, L., Rawski, M., & Øverland, M. 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*, *530*: 735785.

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