

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของอาหารเสริมน้ำมันงาต่อการเจริญเติบโต และการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ในปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ

เศกสรรค์ อุปพงษ์¹, คมศักดิ์ พินทะ², ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ¹, อาทิตยา วงศ์วุฒิ¹, ปฐมพงษ์ กาศสกุล³, ศุภางค์ คนดี⁴ และ เกียรติกร สีตะพันธุ์^{1*}

Effect of dietary supplementation of Perilla Mint (*Perilla frutescens*) oil on growth performances and enrichment of omega-3 fatty acid in Rosy Danio (*Danio roseus*)

Seksan Uppaphong¹, Komsak Pintha², Chatmongkon Suwannapoom¹, Athitaya wongwut¹, Patompong kadsakul³, Supang Khondee⁴ and Kriengkrai Seetapan^{1*}

¹ Fisheries Technology and Innovation, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

² Biochemistry, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

³ Phayao Inland Fisheries Research and Development center, Inland Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries, Phayao, 56000

⁴ Division of Pharmacy and Technology, Department of Pharmaceutical Care, School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

* Correspondence author: kook82@hotmail.com, kriengkrai.se@up.ac.th

Health Science, Science and Technology Reviews. 2023;16(2):40-53.

Received; 5 March 2022; Revised: 13 April 2022; Accepted: 18 November 2022

บทคัดย่อ

ปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ (*Danio roseus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีกรดไขมันจำเป็นต่ำเมื่อเทียบกับปลาทะเล อย่างไรก็ตาม กรดไขมันจำเป็นเหล่านี้พบได้ในพืชน้ำมันหลายชนิด โดยเฉพาะน้ำมันงาหมัก การศึกษาจึงสนใจผลของอาหารเสริมน้ำมันงาหมักที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ในปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ประกอบด้วยอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำมันงาหมักต่างกัน ที่ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 4, 8, และ 12 ใช้ปลาน้ำหนักเฉลี่ย 0.22 ± 0.05 กรัม จำนวน 100 ตัว/บ่อ เลี้ยงนาน 90 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนอัตราการอดพบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันงาหมักที่ร้อยละ 4

¹ สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

⁴ กลุ่มวิชาเภสัชศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาบริหารเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

มีค่าสูงที่สุด แตกต่างกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมน้ำมันงาที่ร้อยละ 8 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) สำหรับปริมาณโอเมก้า-3 ที่สะสมในตัวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำมันงาที่ผสมในอาหาร มีค่าเท่ากับ 243.34, 462.10, 799.26 และ 1,118.31 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ ดังนั้น จากผลการศึกษานี้ จึงแนะนำว่า อาหารปลาที่เสริมน้ำมันงาที่ร้อยละ 4 เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ เนื่องจากให้อัตรารอดสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปลาชนิดอื่นๆ ได้ในอนาคต

คำสำคัญ : ปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ, น้ำมันงา, การเจริญเติบโต, กรดไขมันโอเมก้า-3

Abstract

Rosy Danio (*Danio roesus*) are freshwater fish with high nutritional values but low in essential fatty acids when compared to marine fish. However, these essential fatty acids are found in many oil plants especially perilla. Therefore, this study aimed to examine the effects of perilla oil supplements on growth and the accumulation of omega-3 fatty acids in the Rosy Danio. The completely randomized design (CRD) trial was divided into 4 treatments with 3 replications, consisting of food with different concentrations of perilla oil at 0 (control), 4, 8, and 12%. Before the experiment started, the average weight of fish was at 0.22 ± 0.01 g. One hundred fish/pond were cultured in a cement pond (diameter 1 m) for 90 days. At the end of the experiment, Rosy Danio in the group fed a diet with perilla oil at 4% had length gain, specific growth rate, and feed conversation ratio significantly higher ($p < 0.05$) than those fed a diet with perilla oil at 12%, but were not significantly different ($p > 0.05$) from those fed a diet with perilla oil at 0% and 8%. Weight gain and rate of B/C ratio of Rosy Danio fed a diet with perilla oil 4% had the highest value, significantly different ($p < 0.05$) from all treatment. The survival rate of fish fed a diet with perilla oil at 4% was significantly higher ($p < 0.05$) than those fed a diet with perilla oil at 8 and 12%. Omega-3 accumulated in the fish at the end of the experiment all trials were significantly different ($p < 0.05$), with a tendency to increase with the amount of perilla oil mixed in the food. Therefore, our results suggest that dietary supplementation with 4 % perilla oil would be suitable for Rosy Danio feeding. However, the knowledge gained can be applied to other fish species in the future.

Keywords: Rosy Danio, Perilla mint oil, Growth performances, Omega-3 fatty acid

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันส่งผลให้ความต้องการอาหารประเภทโปรตีนสูงขึ้น ปลาเป็นแหล่งโภชนาการที่หาง่าย และมีประโยชน์ เนื่องจากอุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบรายงานวิจัยระบุว่า ปลาบางชนิดโดยเฉพาะปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) ที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ เช่น Alpha-linolenic acid (LNA, 18:3n-3) หรือกรดไขมันโอเมก้า-3 (omega-3), Eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) และ Docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ เสริมการเรียนรู้ความจำ ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ช่วยลดไขมันในเลือดหรือโคเลสเตอรอล โรคหลอดเลือดหัวใจ พาร์กินสัน และโรคเบาหวาน [1,2] ปลาในกลุ่มปลาชิวซึ่งเป็นปลาน้ำจืดที่หาได้ง่าย ถือเป็นแหล่งโปรตีน และแคลเซียมสูง รวมถึงเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว และราคาถูก ปลาในกลุ่มนี้ถูกนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายเมนู ได้แก่ ปลาชิวชุบแป้งทอด หมกปลาชิว และแกงป่าปลาชิว นอกจากนี้ยังมีการนำมาแปรรูปเป็นปลาชิวตากแห้ง ปลาต้มพริก และปลาชิวสามรส แต่ปัญหาปลาน้ำจืดส่วนใหญ่คือ มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3

EPA และ DHA ในปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับปลาทะเล [3] อย่างไรก็ตาม ก่อนหน้านี้มีรายงานการวิจัย พบว่าเมื่อให้ปลา น้ำจืดกินอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันจากพืชน้ำมัน ที่มีกรดไขมันโอเมก้า-3 สามารถทำให้ระดับกรดไขมันใน กล้ามเนื้อปลาน้ำจืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) [4] และยังพบรายงานการเลี้ยงปลาโดยใช้พืชน้ำมันอื่น ๆ เช่น น้ำมันคาเมลินา (camelina oil) น้ำมันข้าวโพด (corn oil) น้ำมันเมล็ดฝ้าย (linseed oil) หรือ น้ำมันเมล็ดแฟลกซ์ (flaxseed oil, flax oil) น้ำมันคาโนลา (canola oil) น้ำมันถั่วลิสง (peanut oil) น้ำมันดอกทานตะวัน (sunflower oil) น้ำมันพืชผสม (vegetable oil blend) น้ำมันเรพซีด (rapeseed oil) น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) และน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) ที่มีสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 แตกต่างกัน ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารปลา และส่งผลให้ ปลามีการสร้างกรดไขมันโอเมก้า-3 EPA และ DHA ในปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของพืช [5] สำหรับพืชน้ำมันที่หา ได้ง่ายในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีหลายชนิด โดยเฉพาะงาเมือง (*Perilla frutescens*) ซึ่งเป็นพืชตระกูลมิน สะระแหน่ กะเพรา และโหระพา เป็นพืชที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย น่าน พะเยา และแม่ฮ่องสอน พบรายงานว่ามีปริมาณสารสำคัญในเมล็ดงาเมืองหลายชนิด ได้แก่ มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 27.50 นอกจากนี้ยังมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และแร่ธาตุ เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็กและสังกะสี [6] และยังพบ รายงานเพิ่มเติมว่างาเมือง จากทางภาคเหนือของไทย มีกรดไขมันโอเมก้า-3, 6 และ 9 (O3, O6 และ O9) เฉลี่ยร้อยละ 55 - 60, 18 - 22 และ 11 - 13 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ [7] และยังพบรายงานเพิ่มเติมว่า การสกัดน้ำมันงาเมือง จากเมล็ด 1,000 กรัมจะมีน้ำมันร้อยละ 35 - 45 และมีสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 (ALA) ร้อยละ 54 - 64 ซึ่งกรด ไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้มีประโยชน์มากที่สุดต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น การป้องกันโรคหัวใจ และหลอดเลือด โรคกระเพาะ การอักเสบ เป็นต้น [8] นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันงาเมืองยังมีกรดไขมันโอเมก้า-3 ก่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพืชน้ำมัน ชนิดอื่น ๆ เช่น แฟลกซ์ (flax), ถั่วดาวอินคา (sacha inchi) และเชีย (chia) [9] ที่ผ่านมามีพบรายงานการทดแทนน้ำมัน ดอกทานตะวันด้วยน้ำมันงาเมืองในอาหารเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เลี้ยงปลานาน 30 วัน และเก็บข้อมูล ในวันที่ 0, 10, 20 และ 30 วัน หลังจากทำการทดลอง พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันโอเมก้า-3 ในเนื้อปลานิล แต่ กรดไขมันโอเมก้า-6 ลดลง ทั้งนี้การใช้น้ำมันงาเมืองเป็นแหล่งไขมันในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลควรอยู่ในช่วง 20 - 30 วัน จึงจะส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อปลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) [10] ต่อมาพบรายงานการศึกษา ผลการใช้น้ำมันปาล์มความเข้มข้นร้อยละ 8 เป็นส่วนผสมอาหารเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis sp.*) เทียบกับน้ำมัน ปลา (fish oil) เป็นเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า ค่าดัชนีทางชีวภาพ ดัชนีตับ สัดส่วนอวัยวะภายใน ดัชนีไขมันในช่องท้อง ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความชื้น และโปรตีน ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ค่ากรดไขมันชนิด DHA ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำมัน [11] จากข้อมูลก่อนหน้าจะเห็นได้ว่าการ เสริมน้ำมันงาเมืองในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาทำให้ในกล้ามเนื้อปลามีกรดไขมันโอเมก้า-3 เพิ่มขึ้น และที่สำคัญ น้ำมันงาเมืองเป็นพืชน้ำมันที่มีกรดไขมันจำเป็นโอเมก้า-3 สูงกว่าพืชชนิดอื่น อีกทั้งหาง่ายในภาคเหนือตอนบน และ ราคาไม่แพงเกินไปเมื่อเทียบกับน้ำมันจากเมล็ดแฟลกซ์ หรือเมล็ดเชียซึ่งเป็นพืชน้ำมันที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

ดังนั้น จึงสนใจศึกษาผลของอาหารเสริมน้ำมันงาเมืองต่อการเจริญเติบโต และการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ในปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ ซึ่งการนำกรดไขมันโอเมก้า-3 จากน้ำมันงาเมืองเป็นส่วนผสมของอาหารใช้เลี้ยงปลาชิวไบไฟสี กุหลาบ นับว่าเป็นหนึ่งนวัตกรรมของการสร้างผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืด ทำให้ปลาชิวไบไฟสีกุหลาบมีคุณค่าทาง โภชนาการเพิ่มมากขึ้น ทั้งทางด้านโปรตีน แคลเซียม โอเมก้า-3 EPA และ DHA ซึ่งเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ และเป็นการเพิ่มแหล่งโปรตีน และกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยต่อไป

วัสดุและวิธีการ

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ (*Danio roseus*) อายุ 2 เดือน (น้ำหนักเฉลี่ย 0.22 ± 0.01 กรัม) ที่เพาะพันธุ์เอง ณ พื้นที่ปฏิบัติการสาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ลูกปลาดังกล่าวถูกนำมาเลี้ยงในวงบ่อซีเมนต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.40 เมตร เติมน้ำสูง 0.30 เมตร จำนวน 12 บ่อ บ่อบ่อยลูกปลาบ่อละ 100 ตัว แต่ละบ่อเดิมอากาศผ่านหัวทราย ให้อาหารตามแผนการทดลองที่วางไว้วันละ 2 ครั้ง เวลา 08:30 น. และ 17:00 น. ใช้ระยะเวลาทดลอง 90 วัน เปลี่ยนถ่ายน้ำร้อยละ 50 ของบ่อ ทุกวัน เวลา 14:00 น. และเติมน้ำให้อยู่ในระดับเดิม การวิจัยครั้งนี้ได้รับการพิจารณา และอนุมัติจากคณะกรรมการจริยบรรณการใช้สัตว์ทดลองเพื่อ งานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่รับรองโครงการ 640104014 เลขที่ใบอนุญาต U1-09043-2563

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatments) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (Replications) แต่ละชุดการทดลองมีความเข้มข้นของน้ำมันงาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 4, 8 และ 12

3. การเตรียมอาหารทดลอง

ใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาด รายละเอียดของอาหารที่ใช้ดังนี้ โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 32 เยื่อใยไม่มากกว่าร้อยละ 6 ไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 12 นำอาหารดังกล่าวมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำน้ำมันงามาคลุกผสมกับอาหารตามแผนการทดลองที่วางแผนไว้

4. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารปลา โดยการสุ่มอาหารปลาแต่ละชุดการทดลอง มาชุดการทดลองละ 300 กรัม เพื่อวิเคราะห์หาค่าโภชนาการต่าง ๆ ดังนี้ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และ คาร์โบไฮเดรต โดยใช้วิธี In house method TE-CH-208 based on (AOAC, 2012) 996.06 [12] (ตาราง 1) ในส่วนปลาทดลอง ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ และสัดส่วนกรดไขมันโอเมก้า-3 (α -linolenic acid) และระดับไขมันชนิดอื่น ๆ โดยสุ่มปลาก่อนการทดลอง และเมื่อเลี้ยงจนครบ 90 วัน ทำการวิเคราะห์ fatty acid โดยใช้ GC-MS ตามวิธีของ Bligh and Dyer [13]

5. การบันทึกข้อมูล

ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวปลาทดลองตั้งแต่เริ่มต้นการทดลอง และทุก 15 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (90 วัน) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาต่าง ๆ ดังนี้

5.1) ความยาวที่เพิ่มขึ้น (Length gain (LG): มิลลิเมตร/ตัว)

= ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

5.2) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain (WG): กรัม/ตัว)

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

5.3) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate (SGR): เปอร์เซ็นต์/วัน)

= $100 \times (\ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง}) / \text{ระยะเวลาทดลอง}$

5.4) อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR)

= น้ำหนักอาหารที่ปลากินตลอดการทดลอง/น้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

5.5) อัตรารอด (Survival Rate (SR): ร้อยละ)

= (จำนวนปลาที่เหลือรอดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) $\times$ 100

5.6) อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio)

= ราคาปลา (บาท)/ต้นทุนค่าอาหาร (บาท)

6. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำทำโดยใช้เครื่องวัดค่าคุณภาพน้ำหลายตัวแปร หาค่าต่าง ๆ ดังนี้ ค่าอุณหภูมิของน้ำ (Temperature) ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen: DO) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total dissolved solids: TDS) ทำการบันทึกข้อมูลทุก 15 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

ตาราง 1 คุณค่าโภชนาการของอาหารทดลองที่เสริมด้วยน้ำมันงาม้อน 4 ระดับ

Parameter	Perilla oil (mean ± SD)			
	0% (control)	4%	8%	12%
Fatty acid				
Linoleic acid (C18:2n6) (g/100g)	0.24±0.07	0.16±0.02	0.17±0.05	0.17±0.03
Linolenic acid (C18:3n3) (g/100g)	0.02±0.01 ^b	0.03±0.02 ^b	0.05±0.02 ^b	0.08±0.02 ^a
EPA (C20:5n3) (g/100g)	ND	ND	ND	ND
DHA (C22:6n3) (g/100g)	ND	ND	ND	ND
Total Omega 3	42.66±2.29 ^d	48.01±2.39 ^c	53.17±2.69 ^b	103.06±2.50 ^a
Total Omega 6	117.13±4.99 ^d	141.74±7.80 ^c	171.01±8.55 ^b	279.39±5.05 ^a
Proximate composition by analysis (% on dry weight basis)				
Protein	38.77±0.96	38.65±0.29	37.74±0.48	37.29±1.26
Fat	5.26±0.03 ^d	8.55±0.03 ^c	11.35±0.11 ^b	14.27±0.09 ^a
Moisture	79.80±0.57	76.60±0.04	72.20±0.07	71.00±0.56
Fiber	4.83±0.55	4.66±0.07	4.70±0.35	4.79±0.10
Ash	9.69±0.06	9.53±0.12	9.27±0.43	9.13±0.57

Abbreviations: a, b, c and d with different letters are significantly different (p<0.05), ND: Not detected

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics 27 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

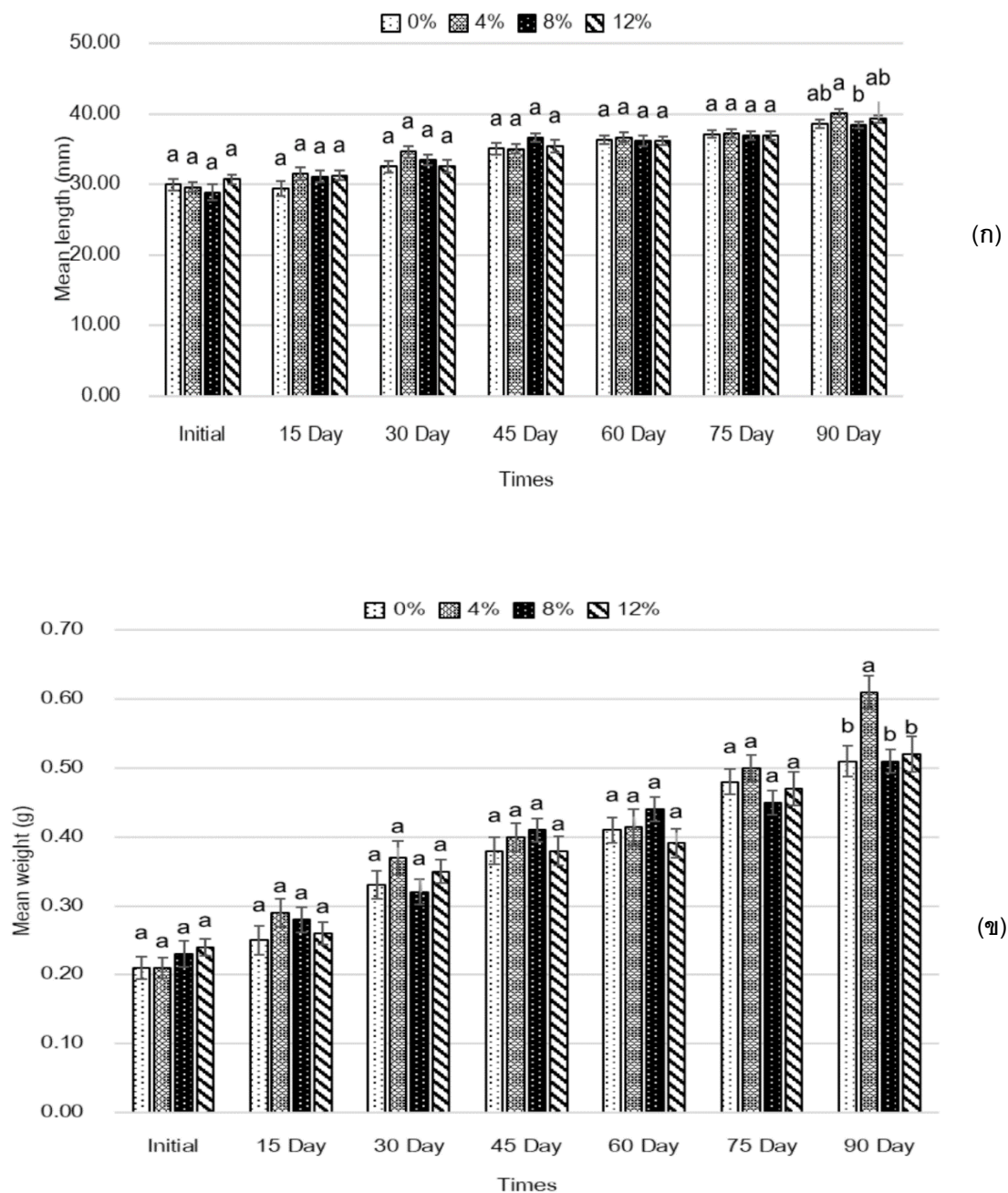
คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่ใช้ทดลอง พบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 และ 6 ในอาหารเลี้ยงปลาที่เสริมด้วยน้ำมันงา 4 ระดับพบว่า อาหารเลี้ยงปลาที่เสริมด้วยน้ำมันงา 12 มีสัดส่วนปริมาณกรดไขมัน กรดลิโนเลนิก (linolenic acid), ผลรวมกรดไขมันโอเมก้า-3 (total omega-3) และผลรวมกรดไขมันโอเมก้า-6 (total omega-6) เพิ่มขึ้นสูงกว่าอาหารเลี้ยงปลาที่เสริมน้ำมันงา 0, 4 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมัน linoleic acid ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เส้นใยและเถ้า พบว่าอาหารเลี้ยงปลาที่เสริมด้วยน้ำมันงา 4, 8 และ 12 มีปริมาณไขมันเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันงาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณของโปรตีน ความชื้น เส้นใยและเถ้าในอาหารเลี้ยงปลาไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตาราง 1)

การศึกษาผลของอาหารเสริมน้ำมันงา 4 ระดับ ประกอบด้วย ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 4, 8 และ 12 ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในปลาชิวไบไฟสีกุหลาบความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 29.80 มิลลิเมตร (0.22 ± 0.01 กรัม) ทำการศึกษานาน 90 วัน พบว่าเมื่อเลี้ยงปลาครบ 90 วัน ความยาวที่เพิ่มขึ้นของลูกปลาในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันงา 4 มีค่าสูงสุด แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันงา 0 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันงา 0 และ 12 ($p > 0.05$) (ภาพ 1 ก) สำหรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของลูกปลาในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันงา 4 พบว่ามีค่าสูงสุดเช่นกัน และแตกต่างกับทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ภาพ 1 ข)

เมื่อสิ้นสุดการศึกษา พบว่าอาหารที่เสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 4 ส่งผลดีต่อความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อ ของปลาชิวไบไฟสีกุหลาบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 12 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 0 และ 8 ($p > 0.05$) สำหรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 4 มีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อัตรารอดของปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 4 มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 8 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) และสุดท้ายพบว่า ปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 4 มีค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงกว่าทุกชุดการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตาราง 2)

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 ในเนื้อปลาที่เสริมด้วยน้ำมันงา 4 ระดับ พบว่า เนื้อปลาที่เสริมด้วยน้ำมันงา 12 มีสัดส่วนปริมาณกรดไขมัน กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid), กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid), (total omega-3) และ (total omega-6) เพิ่มขึ้นสูงกว่าอาหารเลี้ยงปลาที่เสริมน้ำมันงา 0, 4 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณ EPA และ DHA ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตาราง 3)

คุณภาพน้ำบางประการตลอดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิในน้ำมีค่าเฉลี่ย 24.31 ± 1.82 °C ($21.66 - 26.37$ °C) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.55 ± 0.40 mg/l ($5.32 - 5.94$ mg/l) ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ย 8.59 ± 0.20 ($8.29 - 8.94$) และค่าปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ย 0.44 ± 0.03 g/l ($0.41 - 0.45$ g/l) (ตาราง 4)



ภาพ 1 การเจริญเติบโตของปลาชีวาไบโไฟสีกุหลาบที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันงาที่ระดับแตกต่างกัน ระยะ 90 วัน: ความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (ก); น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (ข)

ตาราง 2 การเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน ของปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันงาที่ระดับแตกต่างกัน ระยะ 90 วัน

Indicators	Perilla oil (mean $\pm$ SD)			
	0% (control)	4%	8%	12%
LG (mm)	8.62 $\pm$ 1.18 ^b	10.46 $\pm$ 1.85 ^a	9.60 $\pm$ 1.92 ^{ab}	8.51 $\pm$ 0.64 ^b
WG (g)	0.30 $\pm$ 0.05 ^b	0.40 $\pm$ 0.08 ^a	0.29 $\pm$ 0.03 ^b	0.28 $\pm$ 0.00 ^b
SGR (%)	0.98 $\pm$ 0.05 ^{ab}	1.18 $\pm$ 0.21 ^a	0.96 $\pm$ 0.19 ^{ab}	0.85 $\pm$ 0.03 ^b
FCR (g)	6.84 $\pm$ 0.45 ^{ab}	5.35 $\pm$ 0.75 ^a	7.40 $\pm$ 1.50 ^{ab}	6.41 $\pm$ 0.82 ^b
SR (%)	82.33 $\pm$ 4.63 ^a	88.33 $\pm$ 0.88 ^a	64.33 $\pm$ 2.19 ^b	58.00 $\pm$ 0.58 ^b
B/C Ratio (B)	1.31 $\pm$ 0.02 ^a	1.32 $\pm$ 0.01 ^a	1.30 $\pm$ 0.02 ^a	1.29 $\pm$ 0.02 ^a

Abbreviations: Means followed by different letters in the same row are significantly different by Duncan's New Multiple Range Test ($p < 0.05$). WG: weight gain, LG: length gain, SGR: Specific growth rate, FCR: Feed conversion ratio, SR: Survival rate.

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์กรดไขมันของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันงา 4 ระดับ ระยะ 90 วัน

Fatty acid	Perilla oil (mean $\pm$ SD)			
	0% (control)	4%	8%	12%
Linoleic acid (C18:2n6) (g/100g)	0.71 $\pm$ 0.04 ^d	0.81 $\pm$ 0.04 ^c	0.91 $\pm$ 0.03 ^b	1.07 $\pm$ 0.04 ^a
Linolenic acid (C18:3n3) (g/100g)	0.08 $\pm$ 0.02 ^d	0.39 $\pm$ 0.06 ^c	0.65 $\pm$ 0.05 ^b	0.91 $\pm$ 0.03 ^a
EPA (C20:5n3) (g/100g)	0.04 $\pm$ 0.01 ^a	0.04 $\pm$ 0.02 ^a	0.04 $\pm$ 0.02 ^a	0.04 $\pm$ 0.01 ^a
DHA (C22:6n3) (g/100g)	0.10 $\pm$ 0.02 ^a	0.08 $\pm$ 0.02 ^a	0.08 $\pm$ 0.01 ^a	0.09 $\pm$ 0.01 ^a
Total Omega 3	242.56 $\pm$ 7.87 ^d	461.59 $\pm$ 9.84 ^c	792.49 $\pm$ 10.73 ^b	1117.84 $\pm$ 7.60 ^a
Total Omega 6	854.44 $\pm$ 6.70 ^d	920.39 $\pm$ 8.50 ^c	1014.44 $\pm$ 7.20 ^b	1085.37 $\pm$ 14.20 ^a
Omega 6/Omega 3	3.53 $\pm$ 0.14 ^a	1.99 $\pm$ 0.06 ^b	1.28 $\pm$ 0.03 ^c	0.97 $\pm$ 0.01 ^d

Abbreviations: a, b, c and d with different letters are significantly different ($p < 0.05$) Means EPA: eicosapentaenoic acid, DHA: docosahexaenoic acid

ตาราง 4 คุณภาพน้ำบางประการในบ่อเลี้ยงปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ ระยะ 90 วัน

Parameters	Perilla oil (mean $\pm$ SD)			
	0% (control)	4%	8%	12%
Temperature ($^{\circ}$ C)	23.97 $\pm$ 2.17	24.28 $\pm$ 2.09	24.49 $\pm$ 1.71	24.51 $\pm$ 1.64
DO (mg/L)	5.62 $\pm$ 0.33	5.16 $\pm$ 0.43	5.75 $\pm$ 0.23	5.67 $\pm$ 0.37
pH	8.52 $\pm$ 0.26	8.58 $\pm$ 0.22	8.60 $\pm$ 0.22	8.65 $\pm$ 0.12
TDS (g/L)	0.44 $\pm$ 0.03	0.43 $\pm$ 0.02	0.43 $\pm$ 0.03	0.45 $\pm$ 0.02

Abbreviations: Means DO: Dissolved Oxygen, TDS: Total Dissolved Solid

วิจารณ์

การศึกษาผลของอาหารเสริมน้ำมันงาต่อการเจริญเติบโต และการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ในปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ ด้วยอาหารเสริมน้ำมันงาที่ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ (ร้อยละ 0, 4, 8 และ 12) ระยะ 90 วัน พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการเจริญเติบโต (ความยาวที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อ) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันงาที่ร้อยละ 4 (ปริมาณไขมันรวมในอาหารทดลองร้อยละ 8.55 ± 0.03) มีค่าดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันงาที่ร้อยละ 12 (ปริมาณไขมันรวมในอาหารทดลองร้อยละ 14.27 ± 0.09) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพบเพิ่มเติมว่า อาหารที่มีการเสริมน้ำมันงาในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลเสียต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลาทดลองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ปริมาณไขมันที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ [14] โดยพบว่า ปริมาณไขมันรวมในอาหารที่สูงเกินไปจะทำให้การอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำลดลง สอดคล้องกับรายงานในปลา *Rachycentron canadum* [15] ปลา *Takifugu rubripes* [16] ปลา *Lateolabrax japonicus* [17] และปลา *Carassius auratus gibelio* [18] สาเหตุเกิดจากการย่อยอาหารไม่มีประสิทธิภาพ หรือการบริโภคที่ลดลง อันมีสาเหตุจากการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณไขมันและแคลอรี [14, 19] ซึ่งปริมาณไขมันรวมในอาหารที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำ สำหรับการศึกษาครั้งนี้พบว่าอาหารที่เสริมน้ำมันงาที่ร้อยละ 4 (ปริมาณไขมันรวมในอาหารทดลองประมาณร้อยละ 8.55) เป็นอาหารที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลาชิวไบไฟสีกุหลาบ ถือว่าใกล้เคียงกับปลาหลายชนิด ได้แก่ ปลา *Ompok pabda* ปริมาณไขมันรวมที่เหมาะสมร้อยละ 6.5 [20] ปลา *Mystus montanus* ปริมาณไขมันรวมที่เหมาะสมร้อยละ 7 [21] ปลาเงา (*Ctenopharyngodon idella*) ปริมาณไขมันรวมที่เหมาะสมร้อยละ 6.5 [22] ในปลาไน (*Cyprinus carpio*) ปริมาณไขมันรวมที่เหมาะสมร้อยละ 7 [23] และปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) ปริมาณไขมันรวมที่เหมาะสมร้อยละ 8 [24] ซึ่งสอดคล้องกับอาหารสำเร็จรูปโดยทั่วไปที่จะผลิตให้มีปริมาณไขมันรวมไม่เกินร้อยละ 10 [25] อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้พบว่าปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม (ปริมาณไขมันรวมในอาหารทดลองประมาณร้อยละ 5.26) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่ต่างกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันงาที่ร้อยละ 4 ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในสัตว์น้ำหลายชนิดที่สรุปว่า การทดแทนน้ำมันปลา (fish oil) ด้วยน้ำมันพืช (vegetable oil) ทั้งแบบเดี่ยว (isolated) หรือแบบผสม (blends) ในอาหารสัตว์น้ำ จะไม่ส่งผลเสียต่ออัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ [10], [26], [27], [28]

อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าอัตราการแลกเนื้อของทั้ง 4 ชุดการทดลองค่อนข้างสูง (5.35 – 7.40) สาเหตุเนื่องจากปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่นำมาเลี้ยงเป็นปลาน้ำขนาดเล็ก (โตเต็มที่ 30 – 40 มิลลิเมตร) และปลาที่นำมาทดลองมีขนาดเฉลี่ย 29.80 ± 0.79 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่าเป็นขนาดที่ใกล้จะโตเต็มวัยแล้ว จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ปลาที่นำมาทดลองสามารถเจริญเติบโตได้อีกเพียงเล็กน้อย รวมถึงการทดลองครั้งนี้ให้อาหารในอัตราค่อนข้างสูง ในอัตราร้อยละ 5 (น้ำหนักตัว/วัน) เพื่อป้องกันผลที่อาจเกิดจากการที่ลูกปลาได้รับอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต จากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดจึงเป็นสาเหตุให้ค่าอัตราการแลกเนื้อของปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่ทดลองในครั้งนี้สูง ดังนั้นหากต้องการลดค่าอัตราการแลกเนื้อของปลาทดลองควรทำการศึกษาปริมาณอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงเพิ่มเติม

อัตราการรอดของปลาชิวไบไฟสีกุหลาบที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 4 มีค่าสูงที่สุดแตกต่างกับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 8 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าอาหารที่มีปริมาณไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลเสียต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลา สอดคล้องกับการศึกษาในปลา *Pseudosciaena crocea* [29] การเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันในอาหาร โดยเฉพาะในส่วน of PUFA (polyunsaturated fatty acid) จะช่วยเร่งปฏิกิริยาของลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) และอาจเพิ่มความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative stress) ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง [30] ซึ่งกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เพิ่มสูงขึ้น และความเครียดที่เพิ่มขึ้นนี้ อาจส่งผลต่อการรอดของปลาได้ [31]

ในส่วนของการอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน พบว่า ปลาชีวไบโไฟสีกุหลาบที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันงามันมีค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนมากกว่า 1 ในทุกชุดการทดลอง แสดงว่าทุกชุดการทดลองมีความเหมาะสมต่อการลงทุน เป็นไปตามที่มีรายงานก่อนหน้านี้ที่ระบุว่า ค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับผลรวมมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน หากชุดการทดลองไหนมีค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าชุดการทดลองนั้นมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน [32] นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันงามันที่ระดับร้อยละ 4 มีค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองอื่น ๆ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นชุดการทดลองนี้มีอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนที่เหมาะสม

การศึกษาผลของอาหารเสริมน้ำมันงามันที่ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ (ร้อยละ 0, 4, 8 และ 12) ที่ส่งผลต่อการสะสมของกรดไขมันโอเมก้า-3 ในปลาชีวไบโไฟสีกุหลาบ ระยะเลี้ยง 90 วัน พบว่า ปลาชีวที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันงามันความเข้มข้นร้อยละ 4, 8 และ 12 ส่งผลให้เนื้อปลามีปริมาณของกรดไขมันจำเป็นชนิด กรดลิโนเลนิก (linolenic acid), ผลรวมกรดไขมันโอเมก้า-3 (total omega-3) เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันงามันที่เสริมไปในอาหาร ส่วนปริมาณของ ผลรวมกรดไขมันโอเมก้า-6 (total omega-6) พบว่า เพิ่มขึ้นแต่ไม่เป็นไปตามความเข้มข้น ในส่วนของปริมาณของ EPA และ DHA พบว่า ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาในปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมน้ำมันงามันความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 75 วัน พบว่า ส่งผลให้สัดส่วนของ กรดลิโนเลนิก (linolenic acid), ผลรวมกรดไขมันโอเมก้า-3 (total omega-3) และผลรวมกรดไขมันโอเมก้า-6 (total omega-6) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ EPA และ DHA [33] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาในปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดฝ้าย (Linseed oil) และน้ำมันปาล์มโอลีอิน (Palm olein oil) เป็นเวลา 32 และ 140 วัน มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันจำเป็นโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ EPA และ DHA [34] ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันจำเป็นกลุ่มโอเมก้า-3 (linolenic acid) และโอเมก้า-6 (linoleic acid) ในเนื้อปลาชีวไบโไฟสีกุหลาบ มีสาเหตุจาก ในน้ำมันงามันมีกรดไขมันจำเป็นอยู่ ดังนั้น เมื่อปลาชีวที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันงามัน หรือพืชไขมันชนิดอื่นที่มีกรดไขมันจำเป็นเป็นส่วนผสม จะส่งผลให้เกิดการสะสมกรดไขมันจำเป็นกลุ่มดังกล่าวในอวัยวะต่าง ๆ ของปลา ได้แก่ ตับ กล้ามเนื้อ และสมอง ทั้งนี้กรดไขมันที่จำเป็นเหล่านี้ปลาชีวไม่สามารถสร้างขึ้นภายในร่างกายได้เอง จะต้องรับจากอาหารโดยตรงเท่านั้น [33, 35] เมื่อปลาได้รับกรดไขมันจำเป็นเข้าสู่ร่างกายแล้ว ปลาจะเปลี่ยนกรดไขมันจำเป็นดังกล่าวผ่านกระบวนการ desaturation/elongation โดยมีเอนไซม์ desaturases และ elongases ช่วยเปลี่ยนให้เป็น EPA และ DHA ซึ่งสารทั้ง 2 เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ [35], [36] แต่การศึกษานี้ พบว่า ปลาชีวไบโไฟสีกุหลาบที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันงามันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณหรือสัดส่วนของ EPA และ DHA คาดว่าเกิดจากปลาอาจใช้กรดไขมันจำเป็นดังกล่าวเปลี่ยนเป็นแหล่งพลังงานโดยกระบวนการเบต้าออกซิเดชัน (β -oxidation) หรือเข้าสู่กระบวนการสร้างไขมัน (lipogenesis) การเพิ่มจำนวนอะตอมคาร์บอนของกรดไขมัน (fatty acid elongation) และการเพิ่มจำนวนพันธะคู่ (desaturation) ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าหากตับของปลาขนาดเล็กอาจส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็น EPA และ DHA ลดลงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจเกิดจากปัจจัยภายนอกต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดของปลา เริ่มต้น อายุ ระยะเวลาในการเลี้ยง น้ำหนัก จำนวนครั้งในการให้อาหาร และอุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงปลา เป็นต้น [34]

สำหรับอัตราส่วน กรดไขมันโอเมก้า-6/กรดไขมันโอเมก้า-3 เป็นค่าดัชนีชี้วัดคุณค่าทางโภชนาการของไขมันจำเป็นในอาหาร และในเนื้อปลาที่เป็นต่อสุขภาพสำหรับการบริโภคในมนุษย์ ก่อนหน้านี้มีรายงานว่าอัตราส่วนดังกล่าวถ้ามีค่าน้อยกว่า 4.0 จะมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจได้ โดยอัตราส่วนของ กรดไขมันโอเมก้า-6/กรดไขมันโอเมก้า-3 ที่พบในปลาทะเลบางชนิด ได้แก่ ปลาซาร์ดีน (*Opisthonema oglinum*) และปลาแมคเคอเรล (*Scomberomorus cavalla*) มีอัตราส่วนกรดไขมันจำเป็นดังกล่าวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอยู่ในช่วง 0.08 – 0.2 ตามลำดับ [37] นอกจากนี้ยังพบว่า ในเนื้อปลานิล มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน กรดไขมันโอเมก้า-6/กรดไขมันโอเมก้า-3 เท่ากับ 4.76 ± 0.21 ที่สามารถแนะนำให้บริโภคเพื่อสุขภาพได้ [38] สำหรับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่นำ

น้ำมันงามื้อความเข้มข้นร้อยละ 10 มาเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงปลาเป็นเวลา 75 วัน พบว่า อัตราส่วนของ กรดไขมันโอเมก้า-6/กรดไขมันโอเมก้า-3 มีค่าเท่ากับ 0.63 [33] ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าเมื่อเลี้ยงปลาชีวไบโอฟิล์มสีกุหลาบด้วยน้ำมันงามื้อร้อยละ 12 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.97 และในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำมันงามื้อร้อยละ 4 และ 8 มีค่าอัตราส่วน กรดไขมันโอเมก้า-6/กรดไขมันโอเมก้า-3 เท่ากับ 1.99 และ 1.26 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่า 4 การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลาชีวไบโอฟิล์มสีกุหลาบด้วยน้ำมันงามื้อความเข้มข้นร้อยละ 4, 8 และ 12 ส่งผลให้เนื้อปลามีคุณค่าทางโภชนาการที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่จำเป็นต่อสุขภาพ และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค โดยข้อดีของการใช้น้ำมันงามื้อคือ เป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณโอเมก้า-3 ที่สูง นิยมปลูกในภาคเหนือตอนบน เมื่อนำไปผสมในอาหารเลี้ยงปลาจึงส่งผลต่อการสร้างกรดไขมันโอเมก้า-3 ได้ ทั้งนี้ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้ผสมอาหารสำหรับเลี้ยงปลาควรอยู่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 เนื่องจากส่งผลดีทั้งต่อการสะสมปริมาณโอเมก้า-3 ในตัวปลา และมีความคุ้มค่า หากผสมน้ำมันงามื้อในปริมาณที่สูงกว่านี้จะทำต้นทุนค่าอาหารเพิ่มสูงขึ้น

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองของทุกชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า อุณหภูมิ น้ำ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา [39]

การศึกษานี้จึงสรุปได้ว่า อาหารเสริมน้ำมันงามื้อที่ร้อยละ 4 เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เลี้ยงปลาชีวไบโอฟิล์มสีกุหลาบ ซึ่งจะส่งผลดีต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตรารอด และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน เมื่อเทียบกับทุกชุดการทดลอง พบว่าในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารดังกล่าวยังมีการสะสม โอเมก้า-3 ด้วย นอกจากนี้เพื่อพิจารณาที่สัดส่วนของ กรดไขมันโอเมก้า-6/กรดไขมันโอเมก้า-3 จะเห็นว่ามีปริมาณที่เหมาะสมสำหรับนำมาแปรรูปเพื่อบริโภค และความรู้ที่ได้นี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพิ่มระดับกรดไขมันโอเมก้า-3 ในปลาน้ำจืดชนิดอื่นต่อไปได้ นอกจากนี้การเสริมโอเมก้า-3 จากพืชน้ำมันท้องถิ่นแบบงามื้อยังถือเป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมการผลิตปลาที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน แคลเซียม วิตามินต่างๆ รวมถึง มีโอเมก้า-3 ที่ในปลาน้ำจืดทั่วไปมีสะสมอยู่ในปริมาณที่น้อย ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการเหล่านี้ถือว่าเหมาะสมสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย หากนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมทานจะสามารถเพิ่มมูลค่าปลาขนาดเล็กให้มีมูลค่าสูงต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนหน่วยบริหาร และจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ปีงบประมาณ 2564 ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF66-UoE013 จากกองทุนส่งเสริม ววน. และได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา PG66013 และขอขอบคุณคุณเดช มานนท์ ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในรายละเอียดของงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Cengiz E, Ünlü E, BaŞhan M. Fatty acid composition of total lipids in muscle tissues of nine freshwater fish from the River Tigris (Turkey). *Turk J Biol.* 2010;34:433-438.
- [2] Shahidi F, Ambigaipalan P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annu. rev. food sci. technol.* 2018;25(9):345-381. DOI: 10.1146/annurev-food-111317-095850.
- [3] Abouel-Yazeed AM. Fatty acids profile of some marine water and freshwater fish. *J. Arab. Aquacult. Soc.* 2013;8(2):283-292.
- [4] Justi KC, Hayashi C, Visentainer JV, Souza NE, Matsushita M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chem.* 2003;80:489-493.

- [5] Ayisi CL, Zhao JI, Apraku A. Consequences of replacing fish oil with vegetable oils in fish. *J. Anim. Res. Nutr.* 2019;4(1-3):1-11. DOI: 10.21767/2572-5459.100053.
- [6] Suttajit M, Khanaree C, Tantipaiboonwong P, Pintha K. Omega-3, omega-6 fatty acids and nutrients of Nga-mon seeds in Northern Thailand. *Naresaun Phayao J.* 2015;8(2):80-86.
- [7] Siriamornpun S, Li D, Yang L, Suttajit S, Suttajit M. Variation of lipid and fatty acid compositions in Thai perilla seeds grown at different locations. *Songklanakarin. J. Sci. Technol.* 2006;28(1):17-21.
- [8] Asif M. Health effects of omega-3, 6, 9 fatty acids: *Perilla frutescens* is a good example of plant oils. *OPEM.* 2011;11:51-59. DOI: 10.1007/s13596-011-0002-x.
- [9] Bondioli A, Folegatti L, Rovellini P. Oils rich in alpha linolenic acid: chemical composition of perilla (*Perilla frutescens*) seed oil. *OCL.* 2020;27(67):1-5. DOI: 10.1051/ocl/2020066.
- [10] Carbonera F, Bonafe EG, Martin CA, Montanher PF, Ribeiro RP, Figueiredo LC, et al. Effect of dietary replacement of sunflower oil with perilla oil on the absolute fatty acid composition in Nile tilapia (GIFT). *Food Chem.* 2014;148:230-234.
- [11] Bahurmiz OM, Ng WK. Effect of dietary plam oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. *Aquac.* 2007;262(2-4):382-392.
- [12] AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 19th edition. Association of Analytical Communities: Maryland. 2012.
- [13] Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem.* 1959;37:911-917.
- [14] Glencross BD, Smith DM, Thomas MR, Williams KC. The effects of dietary lipid amount and fatty acid composition on the digestibility of lipids by the prawn, *Penaeus monodon*. *Aquac.* 2002;205:157-169.
- [15] Wang JT, Liu YJ, Tian LX, Mai KS, Du ZY, Wang Y, et al. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquac.* 2005;249:439-447.
- [16] Kikuchi K, Furuta T, Iwata N, Onuki K, Noguchi T. Effect of dietary lipid levels on the growth, feed utilization, body composition and blood characteristics of tiger puffer *Takifugu rubripes*. *Aquac.* 2009;298:111-117.
- [17] Xu JH, Qin J, Yan BL, Zhu M, Luo G. Effects of dietary lipid levels on growth performance, feed utilization and fatty acid composition of juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) reared in seawater. *Aquac. Int.* 2011;19(1):79-89. DOI: 10.1007/s10499-010-9342-7.
- [18] Wang A, Han G, Lv F, Yang W, Huang J, Yin X. Effects of dietary lipid levels on growth performance, apparent digestibility coefficients of nutrients, and blood characteristics of juvenile crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 2014;14:1-10. DOI: 10.4194/1303-2712-v14_1_01.
- [19] Tocher DR, Glencross BD. Lipids and fatty acids. In: Lee C-S, Lim C, Gatlin III D, Webster C D, editors. *Dietary Nutrients, Additives and Fish Health*, 1st ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2015. 384 p.
- [20] Paul BN, Datta AK, Das S, Chattopadhyay DN, Giri SS, Mohanty SN. Effect of dietary lipid levels on growth and carcass composition of *Ompok pabda* (Siluridae) fry. *Indian J. Anim. Nutr.* 2011;28(2):198-202.

- [21] Raj AJA, Haniffa MA, Seetharaman S, Appelbaum S. Effect of dietary lipid levels on survival and growth of the threatened freshwater catfish *Mystus montanus*. J. Fish. Aquat. Sci. 2007;24(1-2):51-54.
- [22] Jin Y, Tian LX, Zeng SL, Xie SW, Yang HJ, Liang GY, et al. Dietary lipid requirement on non-specific immune responses in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Fish Shellfish Immunol. 2013;34(5):1202-1208. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.01.008.
- [23] Choi J, Aminikhoei Z, Kim YO, Lee SM. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile Fancy carp (*Cyprinus carpio*. Var.) Koi. IJABE. 2015;9(1):31-37.
- [24] Paul BN, Chowdhury D, Das A, Mandal RN, Singh P, Adhikari S, et al. Effect of dietary lipid levels on growth, body composition, and enzyme activities of larvae of butter catfish, *Ompok bimaculatus* (Actinopterygii: Siluriformes: Siluridae). Acta Ichthyol Piscat. 2021;51(3):289-298. DOI: 10.3897/aiep.51.67079.
- [25] Lim C, MYildirim-Aksoy M, Klesius P. Lipid and fatty acid requirements of tilapias. N. Am. J. Aquac. 2011;73(2):188-193. DOI: 10.1080/15222055.2011.579032.
- [26] Turchini GM, Torstensen BE, Ng WK. Fish oil replacement in finfish nutrition. Rev. Aquac. 2009;1(1):10-57. DOI: 10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x.
- [27] Sales J, Glencross B. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species. Aquac. Nutr. 2011;17(2):e271-e287. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2010.00761.x.
- [28] You C, Lu F, Wang S, Chen C, Li Y. Comparison of the growth performance and long-chain PUFA biosynthetic ability of the genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in different salinities. Br. J. Nutr. 2019;121(4):374-383. DOI: 10.1017/S0007114518003471.
- [29] Ai QH, Zhao JZ, Mai KS, Xu W, Tan BP, Ma HM, et al. Optimal dietary lipid levels for large yellow croaker (*Pseudosciaema crocea*) larvae. Aquac. Nutr. 2008;14:515-522. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00557.x.
- [30] Olsen RE, Henderson RJ. Muscle fatty acid composition and oxidative stress indices of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in relation to dietary polyunsaturated fatty acid levels and temperature. Aquac. Nutr. 1997;3(4):227-238. DOI: 10.1046/j.1365-2095.1997.00091.x.
- [31] Portz DE, Woodley CM, Cech JJ. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. Rev. Fish Biol. Fish. 2006;16:125-170. DOI: 10.1007/s11160-006-9012-z.
- [32] Salikara P, Bejranonda S. Commercial investment of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) culture in Nakhon Pathom Province. J. Econ. Manag. Strategy. 2016;3(1):40-54.
- [33] Teoh CY, Ng WK. The implications of substituting dietary fish oil with vegetable oils on the growth performance, fillet fatty acid profile and modulation of the fatty acid elongase, desaturase and oxidation activities of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. Aquac. 2016;465:311-322. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.023.
- [34] Karapanagiotidis IT, Bell MV, Little DC, Yakupitiyage A. Replacement of dietary fish oils by alpha-linolenic acid-rich oils lowers omega 3 content in tilapia flesh. Lipids. 2007;42(6):547-559. DOI: 10.1007/s11745-007-3057-1.

- [35]. Tocher DR, Agaba M, Hastings N, Teale AJ. Nutritional regulation of hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition in zebrafish (*Danio rerio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiol. Biochem.* 2001;24:309-320.
- [36]. Ackman RG, Mcleod C. Lipids and fatty acid of five freshwater food fishes of India. *J. Food Lipids.* 2002;9:127-145. DOI: 10.1111/j.1745-4522.2002.tb00214.x.
- [37]. Fernandes CE, Vasconcelos MADS, De Almeida Ribeiro M, Sarubbo LA, Andrade SAC, Filho ABDM. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chem.* 2014;160:67-71. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.055.
- [38]. Zula AT, Desta DT. Fatty acid-related health lipid index of raw and fried Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish muscle. *J. Food Qual.* 2021:1-9. DOI: 10.1155/2021/6676528.
- [39]. Boyd CE. *Water Quality in Pond for Aquaculture*. Alabama: Birmingham Publishing; 1990. 482 p.