

ศักยภาพของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัสในการเพิ่มสีผิวของปลาทองอรันดา The Potential of Monascus Pigments in Enhancing Skin Coloration in Oranda Goldfish (*Carassius auratus*)

ศุภมาส ศรีวงศ์พุท^{*1}, สุรัชชัย เตชะเอ้อย² และ สุภาพพร สัตตัง¹
Supamas Sriwongpuk^{*1}, Surachai Techaoei² & Supaporn Sattang¹

¹สาขาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²คณะแพทยบูรณาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹Division of Fisheries, Faculty of Agricultural Technology,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

²Faculty of Integrative Medicine, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Submitted 30/09/2025 ; Revised 06/10/2025 ; Accepted 15/11/2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสีจากเชื้อรา *Monascus* ต่อการเพิ่มสีผิวของปลาทองอรันดา (*Carassius auratus*) และเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเสริมในอาหาร การทดลองใช้ปลาทองอรันดาที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดสีในระดับความเข้มข้น 0, 5, 10 และ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 45 วัน โดยประเมินทั้งการเจริญเติบโตและความเข้มของสีผิวที่เปลี่ยนแปลงไปพบว่า การเสริมสารสกัดสีเชื้อรา *Monascus* ไม่ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มน้ำหนัก ความยาว อัตราการรอดตาย หรือประสิทธิภาพการใช้อาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินด้านสีพบว่าค่าความสว่างและค่าสีเหลือง มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ได้รับสารสี โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าสีแดงเพิ่มขึ้นในระยะต้นและลดลงภายหลัง การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดสีจากเชื้อรา *Monascus* สามารถใช้เป็นสารสีธรรมชาติเพื่อเพิ่มความสว่างและคุณภาพสีของปลาทองอรันดาได้ โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดคือ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งให้ผลคงที่มากกว่าการใช้ในระดับความเข้มข้นสูง

คำสำคัญ: ปลาทองอรันดา เชื้อราโมแนสคัส สารสีธรรมชาติ การเพิ่มสีผิว

***ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**

E-mail: supamas_s@rmutt.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate the effects of *Monascus*-derived pigments on skin coloration in oranda goldfish (*Carassius auratus*) and to determine the optimal dietary concentration for pigmentation enhancement. Goldfish were fed diets supplemented with *Monascus* pigment extract at 0, 5, 10, and 15 g/kg feed for 45 days, and both growth performance and the intensity of skin color changes were evaluated. Results indicated that supplementation with *Monascus* pigment did not significantly affect weight gain, length gain, survival rate, or feed utilization efficiency compared to the control group. However, pigmentation analysis revealed that lightness and yellowness values were significantly improved in pigment-supplemented groups, particularly at 5 g/kg feed, while redness increased during the initial phase but declined later. These findings suggest that *Monascus* pigment extract can be utilized as a natural colorant to enhance skin brightness and pigmentation quality in oranda goldfish. The most suitable supplementation level was 5 g/kg feed, which provided stable coloration effects compared to the higher concentrations.

Keywords: oranda goldfish, *Monascus* fungi, natural pigment, skin coloration

บทนำ

ปลาทองอรันดา (*Carassius auratus*) เป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมสูงในตลาดโลก เนื่องจากความหลากหลายของสายพันธุ์และสีที่เป็นเอกลักษณ์ สีผิวที่สดใสและสม่ำเสมอถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนิยมและมูลค่าทางเศรษฐกิจของปลาสวยงาม อย่างไรก็ตาม สีของปลาส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้โดยสมบูรณ์ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารในรูปของรงควัตถุ โดยเฉพาะกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และเมลานิน (melanin) การเสริมอาหารด้วยสารสีจากธรรมชาติจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงการค้า เนื่องจากสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพสี ความน่าสนใจ และมูลค่าเพิ่มให้แก่ปลา [1]

ปัจจุบันมีการศึกษาแหล่งสารสีจากธรรมชาติหลายชนิด เช่น แอสตาแซนทิน (astaxanthin) จากสาหร่ายและครัสเตเชียน ลูทีน (lutein) จากพืชใบเขียว รวมทั้งแคโรทีนอยด์จากจุลินทรีย์ โดยหนึ่งในจุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจคือเชื้อราโมแนสคัส (*Monascus* sp.) ซึ่งเป็นราแอสโคไมซีต (ascomycetous fungus) ที่ผลิตรงควัตถุหลายชนิดในกลุ่มโมแนสคัสพิกเมนต์ (*Monascus* pigments) เช่น รูโบรพังทาติน (rubropunctatin) โมเนสกิน (monascin) และ อังคาฟลาวิน (ankaflavin) รงควัตถุเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางมานาน เนื่องจากมีความปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับในหลายประเทศ [2] อีกทั้งยังมีคุณสมบัติทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และความคงตัวที่ดีต่อสภาวะแวดล้อมของอาหาร จึงมีศักยภาพสูงในการประยุกต์ใช้เป็นสารเสริมอาหารสัตว์น้ำ แม้ว่ามีรายงานการใช้รงควัตถุจากเชื้อราโมแนสคัสในอาหารสัตว์บกและในอุตสาหกรรมอาหาร แต่ข้อมูลด้านการใช้ในปลาสวยงามยังมีจำกัด โดยเฉพาะในปลาทองซึ่งมีความต้องการด้านสีสูงและมีความสำคัญเชิงการค้า การศึกษาผลของการเสริมรงควัตถุจากเชื้อราโมแนสคัสจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเลือกใหม่ของการใช้สารสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนสารสังเคราะห์ที่อาจก่อให้เกิดข้อกังวลด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัสต่อการเพิ่มสีผิวของปลาทองฮอลันดา และเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสีดังกล่าวในการเสริมอาหาร เพื่อให้ได้คุณภาพสีที่ดีโดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของปลา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาทองเชิงพาณิชย์ รวมทั้งสามารถขยายผลไปสู่การใช้สารสีธรรมชาติในปลาสวยงามชนิดอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัสต่อการเพิ่มสีผิวของปลาทองฮอลันดา
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัสต่อการเพิ่มสีผิวของปลาทองฮอลันดา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การยื่นขอจริยธรรมการวิจัยในสัตว์ทดลอง

งานวิจัยนี้ได้รับใบอนุญาตการวิจัยในสัตว์ทดลองตามจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์สภาวิจัยแห่งชาติ เลขที่ RMUTT.AGR.2025.R005 จากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงสัตว์และใช้สัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) ไม่ผสมสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) ผสมสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) ผสมสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) ผสมสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

3. การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้ตู้กระจกขนาด 40×23×29 เซนติเมตร จำนวน 12 ตู้ บรรจุน้ำปริมาตร 20 ลิตร ให้อากาศตลอดเวลา โดยเสียบสายยางกับปั๊มลม จากนั้นต่อสายยางเข้ากับหัวทรายให้เรียบร้อย ใส่ลงในตู้กระจกเพื่อเพิ่มอากาศในตู้ทดลองตลอดการทดลอง

4. สัตว์ทดลอง

ใช้ปลาทองอรันดาขนาด 1 นิ้ว จำนวน 180 ตัว นำมาฆ่าเชื้อโรคโดยแช่น้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วนำมาแช่น้ำสะอาด วัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลาทองก่อนปล่อยลงในตู้ทดลองตู้ละ 15 ตัว

5. การเตรียมสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส

5.1 การผลิตสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส

ชั่งข้าวหอมปทุมธานีปริมาตร 50 กรัม บรรจุในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้น และปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้เท่ากับ 7 ปิดจุกสำลีแล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็น เติมน้ำเชื้อสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อราโมแนสคัสที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

5.2 การเตรียมสารสกัดเชื้อราโมแนสคัส

นำข้าวที่เพาะเลี้ยงได้จากข้อ 5.1 ไปอบในตู้ hot air oven ที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด ใส่ถุงที่ปิดสนิท และเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดลองขั้นตอนต่อไป

6. การเตรียมอาหารทดลอง

นำสารสกัดเชื้อราโมแนสคัสที่สกัดด้วยเอทานอลที่เตรียมไว้ไปคลุกผสมให้ทั่วบนผิวของอาหารเม็ดสำเร็จรูป (ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้อัตราส่วนในแต่ละชุดการทดลอง แล้วนำไปคลุกเคล้าให้เข้ากันกับน้ำมันปลาหมึกและนำไปผึ่งให้แห้งอีกครั้ง นำอาหารที่เตรียมได้บรรจุลงในถุงซิปล็อคสี่ขาบรรจุเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้เลี้ยงปลาทองต่อไป

7. การให้อาหารปลาทองออรันดา

นำอาหารที่ผสมสารสกัดสีเชื้อราโมแนสคัสในอัตราส่วนในแต่ละชุดการทดลองให้อาหารปลาทองออรันดาในทุกชุดการทดลอง โดยให้ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลา และให้กินวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 และ 16.00 น. เป็นระยะเวลา 45 วัน

8. การเพิ่มสีผิวปลาทองออรันดาที่ได้รับอาหารผสมสารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

นำปลาทองออรันดาที่เลี้ยงในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งทำการวัดค่าความเข้มสีเริ่มต้น (วันเริ่มการทดลอง) ที่ผิวบริเวณลำตัวปลา วัดสีโดยใช้ปลาทองออรันดาในชุดการทดลองเดียวกัน 5 ตัวต่อชุดการทดลอง และวัดสีผิวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความเข้มของสีผิวปลา (ใช้ปลา 5 ตัวต่อชุดการทดลอง) ซึ่งการวัดค่าความเข้มสีที่บริเวณผิวหนังของปลาโดยใช้เครื่องวัดสีรุ่น MiniScan EZ บันทึกค่าสีในระบบ CIE แสดงข้อมูลเป็นค่าความสว่างของสี (L^*) ค่าสีแดงไปถึงเขียว (a^*) และค่าสีเหลืองไปถึงน้ำเงิน (b^*) ของปลาทองที่ทดลองเป็นระยะเวลา 45 วัน วัดทั้งหมด 4 ครั้ง โดยประกอบด้วยค่าสีที่วัดเมื่อเริ่มการทดลอง ค่าสีที่วัดเมื่อทดลองครบ 15, 30 และ 45 วัน ตามลำดับ

9. การตรวจคุณภาพน้ำ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง คุณภาพน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ ได้แก่

- (1) อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปรยี่ห้อ YSI รุ่น YSI 550A ตรวจวิเคราะห์ทุกวัน
- (2) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปรยี่ห้อ YSI รุ่น YSI 550A ตรวจวิเคราะห์ทุกวัน
- (3) ความเป็นกรดเป็นด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ตรวจวิเคราะห์ทุกวัน
- (4) ความเป็นด่าง (alkalinity) ด้วยวิธีการไตเตรท [3] ตรวจวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
- (5) ปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia nitrogen) ด้วยวิธีการไตเตรท [3] ตรวจวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
- (6) ปริมาณไนไตรท์ (nitrite) ด้วยวิธีการไตเตรท [3] ตรวจวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

10. การจัดการระหว่างการเลี้ยง

มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในตู้ปลาทุกวัน หลังการให้อาหารครั้งที่ 2 จะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 50 เปอร์เซ็นต์

11. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

11.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) วัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละตู้ทุก ๆ 15 วัน เก็บข้อมูลตลอดการทดลอง 45 วัน นำข้อมูลที่ได้นำมาบันทึกผล

(2) เปรียบเทียบความเข้มสีผิวของปลาทองออรันดา โดยนำตัวอย่างปลาจากแต่ละหน่วยทดลองที่ผ่านการทำให้สลับด้วยน้ำมันกานพลู มาทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี โดยวัดค่าเมื่อเริ่มต้น และเมื่อทดลองครบ 15, 30 และ 45 วัน ซึ่งวัดจากปลาทองออรันดาจำนวน 5 ตัวต่อชุดการทดลอง วัดค่าความเข้มสีบริเวณผิวลำตัว บันทึกค่าสีในระบบ CIE แสดงข้อมูลเป็นค่า L^*

(ค่าความสว่างของสี) ค่า a^* (ค่าสีแดงไปถึงสีเขียว) และค่า b^* (ค่าสีเหลืองไปถึงสีน้ำเงิน) และวิเคราะห์ความเข้มสีที่เปลี่ยนแปลง

11.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโตและการตรวจวัดสีมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ [4]

- (1) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (total biomass increase) (กรัม)
= น้ำหนักสุดท้าย - น้ำหนักเริ่มต้น
- (2) ความยาวที่เพิ่มขึ้น (total length increase) (เซนติเมตร)
= ความยาวสุดท้าย - ความยาวเริ่มต้น
- (3) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain, ADG) (กรัมต่อวัน)
= $\frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$
- (4) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)
= $\frac{(\ln \text{น้ำหนักปลาทองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาทองเริ่มต้น}) \times 100}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)}}$
- (5) อัตราการรอดตาย (survival rate, SR) (เปอร์เซ็นต์)
= $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการเลี้ยง}} \times 100$
- (6) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)
= $\frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$

จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธีของ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 27

ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตของปลาทองอรันดา

การศึกษาการใช้อาหารผสมสารสกัดสีเชื้อราโมแนสคัสต่อความเข้มข้นของปลาทองอรันดา จำนวน 4 ชุดการทดลอง ให้อาหารผสมสารสกัดสีเชื้อราโมแนสคัส ในอัตราความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ปลาทองกินเป็นระยะเวลา 45 วัน ได้ผลการเจริญเติบโต ดังนี้

ผลการทดลองที่ได้ทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาทองอรันดาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้นต่างกันพบว่า ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, WG) ความยาวที่เพิ่มขึ้น (length gain, LG) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain, ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) อัตราการรอดตาย (survival rate, SR) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างชุดการทดลองทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสดังกล่าว ไม่ได้แสดงผลชัดเจนต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทองในสภาวะการทดลองนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมที่ระดับ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มอื่น โดยในวันที่ 45 ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 3.92 ± 0.19 กรัม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่า 3.64 ± 0.32 กรัม แสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้นสูงอาจช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโต แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และความยาวที่เพิ่มขึ้นของปลาทองอรันดา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคล้ายกัน โดยชุดทดลองที่ได้รับการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้น 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีความยาวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.34 ± 0.10 เซนติเมตร ในวันที่ 45 สูงกว่าชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.25 ± 0.39 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอาจบ่งชี้ว่าสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสมีศักยภาพต่อการสนับสนุนโครงสร้างการเจริญเติบโตในระยะยาวหากปรับปรุงปัจจัยด้านระยะเวลา

ค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของชุดการทดลองที่ได้รับการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้น 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีแนวโน้มสูงกว่าชุดการทดลองอื่น โดยเฉพาะค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่า 1.68 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งเท่ากับ 1.49 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Dawood และคณะ [5] และ Hoseinifar และคณะ [6] ที่กล่าวว่าสารเสริมโปรไบโอติกมีผลกระตุ้นการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร ทำให้การใช้ประโยชน์อาหารดีขึ้นแม้ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติในระยะสั้น

อัตราการรอดตายของปลาทองอรันดาทุกชุดการทดลองมีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ ตลอดการทดลองบ่งชี้ว่าสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสไม่มีผลกระทบทางลบต่อสุขภาพปลาทองอรันดา ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยบางฉบับที่รายงานว่า การใช้สารซินไบโอติกส์ (synbiotics) ในระดับสูงอาจส่งผลกระทบต่อสรีรวิทยาและความเครียดของปลา [7] อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้สามารถยืนยันความปลอดภัยในระดับความเข้มข้นที่ใช้ได้

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อพบว่า ชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ได้รับการเสริมสารในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยที่ระดับความเข้มข้น 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มดีกว่าเล็กน้อย (2.40 ± 0.13) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เทียบกับชุดควบคุม (2.42 ± 0.33) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rahayu และคณะ [8] ที่ระบุว่าการใช้สารเสริมโปรไบโอติกส์ (probiotics) สามารถปรับปรุงการใช้ประโยชน์อาหาร แต่ผลที่ได้รับอาจขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ระยะเวลาในการทดลอง และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับการเสริมสารสกัดสีเชื้อราโมแนสคัสในอาหารปลาสวยงาม จะช่วยเพิ่มสีผิวของปลาทองดังผลการทดลองที่กล่าวข้างต้น

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของปลาทองอลันดาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดสีเชื้อราโมแนสคัสเป็นเวลา 45 วัน

ประสิทธิภาพ การเจริญเติบโต	ชุดการทดลอง	ค่าเริ่มต้น	ระยะเวลา (วัน)		
			15	30	45
น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	1 (ชุดควบคุม)	4.15 ± 0.30^a	0.89 ± 0.19^a	1.87 ± 0.41^a	3.64 ± 0.32^a
	2	4.46 ± 0.14^a	1.25 ± 0.31^a	2.22 ± 0.48^a	3.37 ± 0.70^a
	3	4.54 ± 0.10^a	1.18 ± 0.36^a	2.07 ± 0.22^a	3.37 ± 0.95^a
	4	4.39 ± 0.07^a	1.19 ± 0.39^a	2.58 ± 0.47^a	3.92 ± 0.19^a
ความยาว ที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	1 (ชุดควบคุม)	4.71 ± 0.15^a	0.46 ± 0.23^a	0.94 ± 0.14^a	1.25 ± 0.39^a
	2	4.71 ± 0.19^a	0.65 ± 0.06^a	0.99 ± 0.24^a	1.09 ± 0.16^a
	3	4.57 ± 0.03^a	0.43 ± 0.16^a	0.85 ± 0.14^a	1.07 ± 0.18^a
	4	4.52 ± 0.03^a	0.46 ± 0.23^a	1.05 ± 0.18^a	1.34 ± 0.10^a
อัตราการ เจริญเติบโต เฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	1 (ชุดควบคุม)	-	0.06 ± 0.01^a	0.06 ± 0.01^a	0.08 ± 0.01^a
	2	-	0.08 ± 0.02^a	0.07 ± 0.02^a	0.08 ± 0.01^a
	3	-	0.08 ± 0.02^a	0.07 ± 0.01^a	0.07 ± 0.01^a
	4	-	0.08 ± 0.02^a	0.09 ± 0.02^a	0.09 ± 0.01^a
อัตราการ เจริญเติบโต จำเพาะ (เปอร์เซ็นต์)	1 (ชุดควบคุม)	-	1.40 ± 0.29^a	1.33 ± 0.23^a	1.49 ± 0.06^a
	2	-	1.98 ± 0.47^a	1.60 ± 0.30^a	1.46 ± 0.22^a
	3	-	1.90 ± 0.53^a	1.54 ± 0.15^a	1.48 ± 0.35^a
	4	-	1.95 ± 0.61^a	1.85 ± 0.25^a	1.68 ± 0.07^a
อัตราการ รอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	1 (ชุดควบคุม)	-	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a
	2	-	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a
	3	-	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a
	4	-	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a	100 ± 0.00^a
อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นเนื้อ	1 (ชุดควบคุม)	-	2.88 ± 0.45^a	2.86 ± 0.41^a	2.42 ± 0.33^a
	2	-	2.24 ± 0.65^a	2.58 ± 0.45^a	2.83 ± 0.59^a
	3	-	2.47 ± 0.71^a	2.65 ± 0.22^a	2.84 ± 0.78^a
	4	-	2.44 ± 1.01^a	2.15 ± 0.44^a	2.40 ± 0.13^a

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

2. การเปลี่ยนแปลงสีผิวที่บริเวณลำตัวของปลาทองอรันดา

การประเมินค่าพารามิเตอร์ของสีผิวที่บริเวณลำตัวของปลาทองอรันดาที่ได้รับการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (0, 5, 10 และ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) เป็นระยะเวลา 45 วัน ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง-สีเขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b^*) แสดงได้ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสีที่บริเวณลำตัวของปลาทองอรันดาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดสีเชื้อราโมแนสคัสเป็นเวลา 45 วัน

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต	ชุดการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)			
		0	15	30	45
L^*	1 (ชุดควบคุม)	55.54±1.04 ^a	51.68±15.1 ^a	51.33±6.43 ^a	49.77±4.08 ^a
	2	52.74±2.57 ^a	66.61±5.05 ^a	58.04±5.75 ^a	62.25±4.00 ^b
	3	51.52±0.17 ^a	69.13±4.73 ^a	47.92±5.26 ^a	59.86±3.28 ^{ab}
	4	50.64±3.10 ^a	66.84±6.55 ^b	53.83±4.03 ^a	60.21±4.20 ^b
a^*	1 (ชุดควบคุม)	16.26±0.57 ^a	22.48±1.42 ^b	14.86±2.90 ^a	11.87±1.07 ^a
	2	15.47±0.31 ^a	17.89±1.68 ^a	17.12±1.46 ^a	12.27±1.58 ^a
	3	15.52±0.39 ^a	20.78±1.16 ^{ab}	13.83±1.87 ^a	10.01±2.62 ^a
	4	16.26±0.57 ^a	22.48±1.42 ^b	13.85±3.16 ^a	7.81±1.51 ^a
b^*	1 (ชุดควบคุม)	33.87±1.13 ^a	57.93±3.98 ^a	45.17±3.30 ^a	37.79±3.54 ^a
	2	34.21±1.03 ^a	59.45±3.66 ^a	47.54±0.74 ^a	43.98±1.56 ^b
	3	34.35±1.23 ^a	64.45±2.37 ^a	42.61±1.36 ^a	42.87±0.72 ^{ab}
	4	34.20±1.04 ^a	65.23±7.39 ^a	43.94±3.19 ^a	39.75±1.93 ^{ab}

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 พบว่า ค่า L^* ของชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันแรกถึงวันสุดท้าย แสดงถึงการลดลงของความสว่างของสีผิวตามธรรมชาติของปลาทองอรันดา ในขณะที่ชุดการทดลองที่ได้รับสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสมีแนวโน้มการคงค่าความสว่างหรือมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่า L^* สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (45 วัน) แสดงว่าสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสช่วยเพิ่มความคงตัวด้านความสว่างของสีผิวบนตัวปลาทองอรันดาได้ สังเกตได้จากผลการทดลองค่าความสว่างยังคงเท่าเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gouveia และ Rema [9] ที่รายงานว่า การเสริมสารแคโรทีนอยด์จากแหล่งธรรมชาติช่วยเพิ่มค่าความสว่างและความสดของสีในปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจหลายชนิด

สำหรับค่า a^* พบว่าในช่วงต้นของการทดลอง (15 วัน) กลุ่มที่ได้รับสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้น 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสีแดงสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (45 วัน) ค่า a^* ของทุกชุดการทดลองจะลดลง โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ได้รับสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้นสูง จะมีค่าลดลง

ชัดเจนกว่าชุดควบคุม สะท้อนให้เห็นว่าการสะสมของรงควัตถุสีแดงอาจขึ้นอยู่กับระยะเวลาและการเผาผลาญหรือการขับออกจากร่างกายในระยะยาว สอดคล้องกับการศึกษาของ Choubert และ Luquet [10] ซึ่งพบว่าการสะสมสารแคโรทีนอยด์ในกล้ามเนื้อของปลาแซลมอนจะสูงในช่วงแรกของการเสริมแอสต้าแซนทิน (astaxanthin) และแคนธักแซนทิน (canthaxanthin) ในอาหาร แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลายาวนานขึ้นเนื่องจากการสมดุลระหว่างการสะสมและการย่อยสลาย

ส่วนค่า b^* พบว่า ชุดทดลองทุกระดับความเข้มข้นมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นซึ่งสูงกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะชุดการทดลองที่มีการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมชัดเจนในวันที่ 15 และ 30 ของการทดลอง อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (45 วัน) ค่า b^* ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลง แต่ชุดการทดลองที่ได้รับสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้น 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ยังคงมีค่า b^* สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แสดงว่าสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสในระดับปานกลางอาจเหมาะสมที่สุดในการคงอยู่ของสีเหลืองของสีผิวปลาทองอรันดาในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lim และคณะ [1] ที่เสนอว่าการเสริมสารในกลุ่มแอสต้าแซนทินในระดับเหมาะสมสามารถคงคุณภาพสีได้ดีกว่าการเสริมในระดับสูงเกินไป

3. คุณภาพน้ำ

ผลด้านคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลา 45 วัน ที่ทำการทดลองเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารผสมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0, 5, 10 และ 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) พบว่าพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทองอรันดา โดยอุณหภูมิมีค่า 26.90 ± 0.71 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาทองอรันดาและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตหรือการเปลี่ยนสีผิว [11] ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 6.98 ± 1.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าต่ำสุดที่ปลาสามารถต้องการ (มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงว่าสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงอยู่ในสภาวะที่ดี ไม่ก่อให้เกิดความเครียดต่อปลา [12] ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 7.82 ± 0.94 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาน้ำจืดทั่วไปและปลาทองอรันดาโดยเฉพาะ [13] ขณะที่ค่าความเป็นด่างมีความคงที่อยู่ที่ 140 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สะท้อนถึงความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้อย่างมั่นคง [14] ส่วนปริมาณของเสียอนินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียมีค่า 0.13 ± 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนโตรเจนมีค่า 0.15 ± 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่เป็นอันตรายต่อปลาอย่างชัดเจน [15] แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบเลี้ยงที่สามารถควบคุมของเสียให้คงที่ได้ดี

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสในอาหารที่ระดับความเข้มข้น 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มสนับสนุนการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาทองอรันดา แม้ผลจะไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) จากชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการทดสอบในระยะเวลานานขึ้นหรือในสภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกันอาจช่วยแสดงผลของสารเสริมดังกล่าวได้ชัดเจนมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้สารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาทองอรันดาในอนาคต โดยต้องมีการศึกษาต่อยอดทั้งในด้านกลไกทางสรีรวิทยาและเศรษฐศาสตร์การผลิต

นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่าการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสในอาหารปลาทองยังส่งผลต่อคุณภาพสีของปลา โดยช่วยเพิ่มค่า L^* และค่า b^* อย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ ที่ระดับความเข้มข้น 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งสามารถรักษาความสดใและค่า b^* ของสีผิวได้ดีที่สุดในระยะยาว ขณะที่การเสริมในระดับสูง (15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) อาจให้ผลเพิ่มสีชัดเจนในช่วงแรก แต่ไม่ยั่งยืนเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นการเลือกใช้สารสีในระดับที่เหมาะสมจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพสีของปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มมูลค่าเชิงการตลาด

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองพบว่าการเสริมสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสในอาหารปลาทองออรัندا ไม่ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต ทั้งในด้านน้ำหนัก ความยาว อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหารเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่มีผลชัดเจนต่อการเพิ่มสีผิวปลาทองออรัندا โดยค่าความสว่าง (L^*) และสีเหลือง (b^*) ของชุดการทดลอง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แสดงค่าสีที่สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปลายของการเลี้ยง ขณะที่ค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงภายหลัง แสดงว่าสารสกัดสีจากเชื้อราโมแนสคัสสามารถใช้เป็นแหล่งสารสีธรรมชาติเพื่อเพิ่มคุณภาพสีของปลาทองออรัنداได้โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของปลา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในการให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lim, K. C., Yusoff, F. M., Shariff, M., & Kamarudin, M. S. (2010). Astaxanthin as feed supplement in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 2(4), 192–206.
- [2] Feng, Y. L., Shao, Y. C., & Chen, F. S. (2012). Monascus pigments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96(6), 1421–1440.
- [3] กลุ่มงานเคมี ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา. (2550). คู่มือการปฏิบัติงาน การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน.
- [4] วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล, และวรรณิณี จันทรแก้ว. (2562). การประยุกต์ใช้สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นสารเร่งสีปลาทอง. รายงานการวิจัย. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- [5] Dawood, M. A. O., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2019). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 859–879.

- [6] Hoseinifar, S. H., Sun, Y. Z., Caipang, C. M. A., & Zhou, Z. (2020). Probiotics as means of diseases control in aquaculture, a review of current knowledge and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1830.
- [7] Yao, W., Li, X., Zhang, C., Wang, J., Cai, Y., & Leng, X. (2021). Effects of dietary synbiotics supplementation methods on growth, intestinal health, non-specific immunity and disease resistance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 112, 46–55.
- [8] Rahayu, S., Amoah, K., Huang, Y., Cai, J., Wang, B., Shija, V. M., Jin, X, Anokyewaa, M.A., & Jiang, M. (2024). Probiotics application in aquaculture: its potential effects, current status in China and future prospects. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1455905.
- [9] Gouveia, L., & Rema, P. (2005). Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental goldfish (*Carassius auratus*) skin pigmentation. *Aquaculture Nutrition*, 11(1), 19–23.
- [10] Choubert, G., & Luquet, P. (1982). Utilization of carotenoid pigments by rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) fed astaxanthin and canthaxanthin. *Aquaculture*, 29, 285–294.
- [11] Wedemeyer, G. A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. New York: Springer Science & Business Media.
- [12] Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond aquaculture water quality management*. New York: Springer Science & Business Media.
- [13] Francis-Floyd, R. (2009). *pH in freshwater aquaculture*. University of Florida IFAS Extension, FA-13.
- [14] Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station.
- [15] Russo, R. C., & Thurston, R. V. (1991). Toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to fishes. In *Aquaculture and water quality*. US: World Aquaculture Society.