การเจริญเติบโตของปลาทองออแรนดา (*Carassius auratus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237

Growth Performance of Oranda Goldfish (*Carassius auratus*) Fed Diets Containing Cyanobacteria *Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237

อดิศักดิ์ เกลี้ยงตะพงศ์[1] การุณ ทองประจุแก้ว[2] และ สมรักษ์ รอดเจริญ[3*]
Adisak Kliangtapong[1], Karun Thongprajukaew[2] and Somrak Rodjaroen[3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และสีของปลาทองออแรนดา (*Carassius auratus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237 แห้ง ที่ระดับแตกต่างกัน คือ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1, 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเลี้ยงปลาทองออแรนดา (น้ำหนักเริ่มต้น 11.54 ± 0.43 กรัม) เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปลาทองออแรนดาที่ได้รับสาหร่ายที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเฉลี่ยหลังการทดลอง (20.34 ± 0.42 กรัม) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (1.39 ± 0.02) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (0.82 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว/วัน) สูงที่สุด และมีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด (2.27 ± 0.04) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ อัตราส่วนของกระเพาะอาหารและตับต่อน้ำหนักตัวมีค่าสูงสุดที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกัน แต่อัตราส่วนของลำไส้ต่อน้ำหนักตัวพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกระดับ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความสว่างของปลาพบว่ามีค่าสูงสุดในปลาที่ได้รับสาหร่าย 2.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าความเข้มสีแดงและความเข้มสีเหลืองของปลามีค่าไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับคุณภาพซากของปลาในทุกชุดการทดลอง ผลการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับเสริมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *H. welwitschii* TISTR 8237 ในอาหารของปลาทองออแรนดา คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: อัตราการเจริญเติบโต, ปลาทอง, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน, *Hapalosiphon welwitschii*

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150
[1] Faculty of Sciences and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang 92150, Thailand.
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112
[2] Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand.
[3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280
[3] Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Mueng, Nakhon Si Thammarat 80280, Thailand.
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): Somrak_25@hotmail.co.th

ABSTRACT

This research aimed to study growth rate, feed conversion ratio and color of Oranda goldfish (*Carassius auratus*) fed with diets containing cyanobacteria, *Hapalosiphon welwitschii* TISTR 8237, at five inclusion levels (0, 0.5, 1, 2.5 and 5% dry weight). The goldfish (11.54 ± 0.43 g initial body weight) was fed with the experimental diets over ten weeks period. The results revealed that the highest average final weight (20.34 ± 0.42 g), protein efficiency ratio (1.39 ± 0.02) and specific growth rate (0.82 ± 0.02% body weight/day) were observed in goldfish fed by the diet containing 0.5% cyanobacteria and the lowest feed conversion ratio (2.27 ± 0.04) was found. Comparing to the other treatments, there was a statistically significant difference ($p < 0.05$). Stomasomatic and hepatosomatic indexes were highest at 0.5% in this dietary treatment; however, there was no statistical difference of intestosomatic index among five dietary groups ($p > 0.05$). For skin coloration, the lightness value was highest in goldfish fed by diet containing maximal inclusion of cyanobacteria, while the redness and yellowness did not differ among groups. No differences in carcass proximate composition were also observed. Based on the investigations, therefore, the suitable inclusion of *H. welwitschii* TISTR 8237 in the diet for goldfish should be at 0.5%.

Key words: growth rate, goldfish, cyanobacteria, *Hapalosiphon welwitschii*

บทนำ

ธุรกิจปลาสวยงามของประเทศไทย มีการขยายตัวเป็นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2554 ธุรกิจเกี่ยวกับปลาสวยงามทำรายได้ให้กับประเทศไทยถึง 500 ล้านบาท ตลาดส่งออกสำคัญของประเทศไทย คือ สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ กลุ่มสหภาพยุโรป และญี่ปุ่น ปลาทองออแรนดาเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยงเพื่อดูเล่นหรือเลี้ยงเพื่อประกวด เนื่องจากปลาทองออแรนดามีสีสันที่สวยงาม สีสันของปลาทองออแรนดาจึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ปลาตัวนั้นมีความสวยงามและมีราคาสูง (Saxena *et al.,* 1994)

การใช้สาหร่ายเสริมในอาหารของปลาสวยงามเพื่อเร่งสี ทำให้ปลามีสีสดเป็นที่ต้องการของตลาด โดยมีรายงานการใช้สาหร่ายหลายชนิดเสริมในอาหารสัตว์น้ำ เช่น *Spirulina* sp. (Kiriratnikom *et al*., 2005) *S. platensis* (Becker and Venkataraman, 1984) *Spongiococum excentricum* (Knauer and Southgate, 1996) *Nostoc* sp. (ศรีประภา และคณะ, 2557) และ *N. commune* (สุนีรัตน์ และคณะ, 2555) เนื่องจากในสาหร่ายมีรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีสันในปลา คือ แคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ (Goodwin, 1984) จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่ผสมสาหร่ายเข้าไป

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. เมื่อเลี้ยงในบ่อเป็นระยะเวลา 23 วัน สามารถสร้างคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a) ได้ 1.65 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ณัฏฐา และคณะ, 2553) โดย พงศ์เทพ และ อาภารัตน์ (2532) พบว่าสาหร่าย *H. fontinalis* มีเบต้า-แคโรทีน 8.92 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และมีแอสตาแซนทิน (astaxanthin) 6.86 ไมโครกรัม

ต่อมิลลิกรัม (Fareha *et al*., 2012) ด้วยเหตุผลดังกล่าวสาหร่ายในสกุลนี้จึงอาจจะนำมาผสมอาหารเพื่อเร่งสีและเร่งการเจริญเติบโตของปลาทองออแรนดาได้

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร ความเข้มของสี และคุณภาพซากของปลาทองออแรนดาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ในระดับที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการผลิตอาหารปลาทองได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237

นำสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 มาเลี้ยงด้วยอาหารสูตร BG-11 ในถังเลี้ยงสาหร่ายขนาด 10 ลิตร เติมอากาศตลอดเวลา ให้แสงสว่างด้วยหลอดไฟฟลูออเรสเซนส์ 12 ชั่วโมงต่อวัน ที่ 60 ไมโครโมลโปรตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ จากนั้นเก็บเซลล์สาหร่ายแล้วนำสาหร่ายไปทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Delta 2-24 LSC; Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Germany) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่าย

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่าย ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และพลังงานรวม ตามวิธีการของ AOAC (1990) สำหรับปริมาณของคาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์) คำนวณจาก 100 – (โปรตีน + ไขมัน + เยื่อใย + เถ้า) ส่วนพลังงานรวม (gross energy, GE) คำนวณจาก (โปรตีน × 5.6) + (ไขมัน × 9.44) + (เยื่อใย × 4.1) + (คาร์โบไฮเดรต × 4.1) ตามวิธีของ (NRC, 1993) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีทำ 2 ซ้ำ และคำนวณค่าในรูปของวัตถุแห้ง รายละเอียดขององค์ประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง) ของสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ที่ใช้สำหรับผลิตอาหารของปลาทอง

Composition	Inclusion (%)
Moisture	9.50 ± 2.25
Crude protein	47.97 ± 0.30
Crude lipid	3.37 ± 0.45
Crude fiber	1.68 ± 0.21
Ash	9.39 ± 0.19
Nitrogen free extract	30.35 ± 1.97
Gross energy (kcal/kg)	431.73 ± 1.05

การประกอบสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลา

นำสาหร่ายมาประกอบในสูตรอาหารในระดับที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0.5, 1, 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ส่วนอาหารชุดควบคุมเตรียมเช่นเดียวกับอาหารในชุดทดลองแต่ไม่เติมสาหร่าย อาหารทดลองสำหรับปลาทองออแรนดาเตรียมโดยคำนวณสูตรอาหารจากวัตถุดิบให้มีโปรตีนรวม 30 เปอร์เซ็นต์ โดยดัดแปลงจากสูตรของ สุภฎา และคณะ (2548) กับ สูตรของ มิถิลา (2549) โดยมีส่วนผสมดังตารางที่ 2 และเติมน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้อาหารจับตัวเป็นก้อน นำไปผ่านเครื่องอัดเม็ด ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งด้วยตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง บรรจุอาหารใส่ถุงพอลิเอทิลีน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง) ของอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลาทอง

Item	0%	0.5%	1%	2.5%	5%
Ingredient					
Fish meal	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
Soybean meal	35.00	34.60	34.20	32.80	30.20
Rice bran	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Wheat flour	8.00	7.75	7.50	7.25	7.00
Rice flour	3.00	2.95	2.80	2.75	2.70
Dried *H. welwitschii*	0.00	0.50	1.00	2.50	5.00
Vitamin mixture*	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Mineral mixture**	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fish oil	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Alpha starch	3.00	3.20	3.50	3.70	4.10
Composition					
Moisture	4.56	4.35	5.06	5.46	5.44
Crude protein	31.63	31.86	32.57	31.76	31.53
Crude lipid	7.38	7.38	6.24	7.19	6.03
Crude fiber	25.18	25.15	24.99	24.58	23.193
Ash	19.87	19.67	19.03	19.01	17.70
Nitrogen free extract	11.38	11.60	12.12	11.99	16.11
Gross energy (kcal/kg)	374.93	376.23	368.95	372.86	372.10

* Vitamin/kg diet: vitamin A 4,000 IU, vitamin D_3 2,000 IU, vitamin E 50 IU, vitamin B_{12} 0.2 mg, menadione sodium bisulfite 10 mg, thiamine 20 mg, riboflavin 20 mg, niacin 150 mg, calcium panthothenate 20 mg, folic acid 5 mg, pyridoxine 20 mg, choline chloride 2,000 mg, biotin 2 mg and inositol 400 mg.

** Mineral/kg diet: calcium oxide 5,000 mg, alumina 11,430 mg, ferric oxide 1,000 mg, magnesium 700 mg, manganese oxide 50 mg, silica 60,000 mg, potassium oxide 5,000 mg, phosphorus pent oxide 20 mg, nitrogen 30 mg, sodium oxide 2,000 mg, zinc 700 mg, iron 50 mg, selenium 70 mg, copper 120 mg, iodine 200 mg, cobalt 20 mg, molybdenum 260 mg and vanadium 70 mg.

การเลี้ยงปลาทองออแรนดา

นำปลาทองออแรนดาอายุ 4 เดือน (น้ำหนักเริ่มต้น 11.54 ± 0.43 กรัม ความยาว 8.71 ± 0.23 เซนติเมตร) จากฟาร์มโชคมัชฉา จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาปรับสภาพและสร้างความเคยชินกับอาหารในถังไฟเบอร์กลาส (กว้าง 100 เซนติเมตร × ยาว 100 เซนติเมตร × สูง 50 เซนติเมตร) ที่มีระดับน้ำ 30 เซนติเมตร โดยใส่ถังละ 50 ตัว เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยให้อาหารสูตรควบคุมหลังจากนั้นคัดปลาทองขนาดใกล้เคียงกันไปเลี้ยงในตู้ (กว้าง 45 เซนติเมตร × ยาว 90 เซนติเมตร × สูง 42 เซนติเมตร) ที่ความหนาแน่น 6 ตัว/ตู้ มีการเติมอากาศตลอดเวลา ให้อาหารจนอิ่มวันละ 2 มื้อ (09.00 และ 16.00 น.) และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์ ในทุกๆ 2 วัน เลี้ยงปลาทองเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ หลังจากนั้นงดให้อาหารปลาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลบปลาโดยใช้น้ำแข็ง และนำตัวอย่างไปบันทึกอัตราการเจริญเติบโต วิเคราะห์สี และวิเคราะห์องค์ประกอบของซาก

การวิเคราะห์สี

วัดความเข้มสีของปลาทองออแรนดาทุกตัว (n = 6) บริเวณผิวหนังส่วนโคนครีบหลังโดยบันทึกค่าสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB) ด้วยเครื่องวัดสี (MiniScan EZ; Hunter Associates Laboratory, Reston VA, USA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซาก

บดตัวอย่างซากปลาให้ละเอียด (n = 2) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการของ AOAC (1990)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและการคำนวณ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) ประกอบด้วย 5 ชุดทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองคำนวณตามสูตรดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาว (condition factor, กรัม/เซนติเมตร^3) = [น้ำหนักปลา (กรัม)/ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)^3] × 100

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว/วัน) = (ln น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ln น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) × 100/ระยะเวลา (วัน)

อัตราการรอด (survival rate, เปอร์เซ็นต์) = [จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเริ่มต้น] × 100

อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio) = น้ำหนักแห้งอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)/น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

ประสิทธิภาพของการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio) = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)/น้ำหนักโปรตีนที่ปลาได้รับ (กรัม)

เปอร์เซ็นต์ของกระเพาะต่อน้ำหนักตัวทั้งหมด (stomasomatic index, เปอร์เซ็นต์) = [น้ำหนักกระเพาะอาหาร (กรัม)/น้ำหนักตัว (กรัม)] × 100

เปอร์เซ็นต์ของลำไส้ต่อน้ำหนักตัวทั้งหมด (intestosomatic index, เปอร์เซ็นต์) = [น้ำหนักลำไส้ (กรัม)/น้ำหนักตัว (กรัม)/] × 100

เปอร์เซ็นต์ของตับต่อน้ำหนักตัวทั้งหมด (hepatosomatic index, เปอร์เซ็นต์) = [น้ำหนักตับ (กรัม)/น้ำหนักตัว (กรัม)] × 100

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหาร

ปลาทองที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยสาหร่ายมีอัตราการรอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p < 0.05$) ยกเว้นปลาในกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายในระดับต่ำสุด ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักสุดท้าย ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารสูงที่สุด และมีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ สำหรับอัตราส่วนของกระเพาะต่อน้ำหนักตัว และตับต่อน้ำหนักตัว พบว่ามีค่าสูงที่สุดในชุดการทดลองนี้เช่นกัน ขณะที่อัตราส่วนของลำไส้ พบว่ามีค่าไม่ต่างกันในทุกชุดการทดลอง

ตารางที่ 3 อัตราการรอด การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราส่วนของน้ำหนักอวัยวะในระบบย่อยอาหารต่อน้ำหนักตัวของปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ในระดับที่แตกต่างกันเป็นเวลา 10 สัปดาห์

Parameter	0%	0.5%	1%	2.5%	5%	*p*-value
Survival rate (%)	75.00 ± 4.81^{b}	88.89 ± 5.56^{ab}	100 ± 0.00^{a}	94.44 ± 5.56^{a}	94.44 ± 5.56^{a}	0.036
FBW (g)	17.78 ± 0.20^{b}	20.34 ± 0.42^{a}	18.00 ± 0.06^{b}	17.40 ± 0.17^{b}	17.32 ± 0.35^{b}	<0.001
CF (g/cm^3)	1.88 ± 0.03^{b}	2.40 ± 0.16^{a}	1.96 ± 0.06^{b}	1.99 ± 0.07^{b}	2.04 ± 0.11^{b}	0.032
SGR (% BW/day)	0.60 ± 0.02^{bc}	0.82 ± 0.02^{a}	0.69 ± 0.04^{b}	0.60 ± 0.03^{bc}	0.53 ± 0.03^{c}	<0.001
FCR (g feed/g gain)	3.09 ± 0.06^{bc}	2.27 ± 0.04^{a}	2.78 ± 0.09^{b}	2.90 ± 0.09^{b}	3.40 ± 0.22^{c}	0.001
PER (g gain/g protein)	1.04 ± 0.02^{bc}	1.39 ± 0.02^{a}	1.11 ± 0.03^{b}	1.09 ± 0.03^{b}	0.94 ± 0.06^{c}	<0.001
SSI (%)	1.55 ± 0.16^{b}	2.59 ± 0.23^{a}	1.80 ± 0.19^{b}	1.72 ± 0.11^{b}	1.87 ± 0.15^{a}	0.011
ISI (%)	6.16 ± 1.01^{a}	7.26 ± 0.67^{a}	6.58 ± 0.20^{a}	6.61 ± 0.75^{a}	6.92 ± 0.32^{a}	0.814
HSI (%)	0.63 ± 0.06^{bc}	0.81 ± 0.03^{a}	0.69 ± 0.05^{b}	0.49 ± 0.04^{c}	0.59 ± 0.07^{bc}	0.015

FBW, final body weight; CF, condition factor; SGR, specific growth rate; BW, body weight; FCR, feed conversion ratio; PER, protein efficiency ratio; SSI, stomasomatic index; ISI, intestosomatic index; HSI, hepatosomatic index.

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวยกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความเข้มสี

ค่าความสว่าง (L^*) ของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมา คือ ที่ระดับ 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าต่ำสุดในชุดควบคุม และชุดการทดลองที่เสริมด้วยสาหร่าย 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความแดง (a^*) และความเหลือง (b^*) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 4)

คุณภาพซากของปลาทองออแรนดา

ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมันในซากปลาทองออแรนดาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ความเข้มสีของปลาทองออแรนดาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ในระดับที่แตกต่างกันเป็นเวลา 10 สัปดาห์

Parameter	0	0.5	1	2.5	5	*p*-value
L*	44.37 ± 0.85^{b}	45.87 ± 2.20^{b}	47.97 ± 1.76^{ab}	54.05 ± 1.50^{a}	50.13 ± 2.83^{ab}	0.039
*a**	18.00 ± 3.19^{a}	18.36 ± 2.45^{a}	19.17 ± 1.12^{a}	19.49 ± 2.71^{a}	19.04 ± 2.17^{a}	0.991
*b**	37.54 ± 2.28^{a}	42.02 ± 4.82^{a}	42.17 ± 1.10^{a}	47.95 ± 2.00^{a}	44.39 ± 5.92^{a}	0.428

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวยกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของซาก (เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง) ปลาทองออแรนดาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ในระดับที่แตกต่างกันเป็นเวลา 10 สัปดาห์

Composition	0%	0.5%	1%	2.5%	5%	*p*-value
Moisture	80.37 ± 1.10^{a}	79.78 ± 0.47^{a}	77.98 ± 0.48^{a}	78.64 ± 0.60^{a}	80.30 ± 1.27^{a}	0.263
Ash	3.69 ± 0.45^{a}	3.67 ± 0.16^{a}	3.60 ± 0.30^{a}	2.94 ± 0.20^{a}	3.44 ± 0.23^{a}	0.372
Crude protein	54.78 ± 1.10^{a}	54.89 ± 2.60^{a}	52.85 ± 0.48^{a}	50.48 ± 2.90^{a}	52.60 ± 1.97^{a}	0.549
Crude lipid	22.73 ± 2.70^{a}	16.52 ± 3.27^{a}	23.70 ± 2.15^{a}	18.72 ± 4.54^{a}	19.15 ± 1.15^{a}	0.947

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวยกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

วิจารณ์ผล

การเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหาร

ปลาทองออแรนดาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ในขณะที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองของ สุภฎา และคณะ (2548) ที่เสริมสาหร่าย สไปรูลิน่าให้ปลาทอง โดยพบว่าการเสริมที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตลดลงจากชุดควบคุม ซึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นของสาหร่ายในอาหารที่เพิ่มมากเกินไป มีผลต่อความสมดุลของกรดอะมิโนรวมในอาหารที่ได้รับ อาหารที่มีกรดอะมิโนที่ไม่สมดุลจึงมีผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตของปลาลดลงได้ (Halver *et al.,* 2002) และยังส่งผลต่อการเผาผลาญอาหาร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Liao *et al*. (1993) ซึ่งพบว่าอาหารเสริมสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ต่ำกว่าชุดควบคุมเช่นกัน นอกจากนี้ มีการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าผง 10-15 เปอร์เซ็นต์ ผสมในอาหารปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) ที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนปลาป่น ซึ่งพบว่าทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด และมีปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น (Promya *et al*., 2003)

ปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ สุนีรัตน์และศักดิ์ชัย (2557) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิล (*O. niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata* ซึ่งพบว่าปลามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกับทุกระดับ นอกจากนี้ ปลาทองที่ได้รับสาหร่ายทุกระดับมีอัตราการรอดสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจาก จงกล และคณะ (2555) ที่ศึกษาการอัตราการรอดของปลาแฟนซีคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาทั่วไปที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าสด 21 เปอร์เซ็นต์ และอาหารปลาทั่วไปโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าอัตราการรอดของปลามีค่าไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม

ปลาทองที่ได้รับสาหร่ายในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม Nandeesha *et al.* (1998) รายงานว่าการทดแทนปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูลินาในระดับที่สูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) ส่งผลต่ออัตราการแลกเนื้อที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ส่วนจงกล และคณะ (2555) พบว่าอัตราการแลกเนื้อของลูกปลานิลแดงที่ได้รับอาหารไปรูลิน่าสด 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดีกว่าลูกปลาที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่าสด 80 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผง 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ Teimouri *et al.* (2013) รายงานว่าปลาเรนโบว์เทราต์ (*Oncorhynchus mykiss*) ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าไม่ทำให้อัตราการแลกเนื้อดีขึ้น นอกจากนี้ ปลาทองออแรนดาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหารสูงที่สุด ในขณะที่ Promkunthong and Pipattanwattankhul (2005) ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมในอาหารปลาดุก (*Clarias* sp.) และพบว่ามีผลทำให้ปลาดุกมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุดและปลามีปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น สุนีรัตน์ และ ศักดิ์ชัย (2557) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม

สาหร่ายสีเขียว *C. glomerata* พบว่าประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนในอาหารของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด

ปลาทองที่ได้รับสาหร่ายในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ของกระเพาะต่อน้ำหนักตัวทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์ของตับต่อน้ำหนักตัวทั้งหมดสูงที่สุด ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหาร Cek *et al.* (2001) ได้กล่าวว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ของตับต่อน้ำหนักตัวทั้งหมด เฉลี่ย มีค่าเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวและความยาวลำตัวของปลา ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สีของปลา

ปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *H. welwitschii* ที่ระดับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสว่าง สูงที่สุด และมีความแตกต่างจากปลาทองในชุดทดลองอื่นๆ ส่วนค่าสีเหลืองและสีแดงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จงกล และ นิวุฒิ (2546) ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 1-5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าทำให้มีคาโรทีนอยด์สะสมในเนื้อมากกว่าการให้อาหารสูตรควบคุม ขณะที่การทดลองในปลาทองของ สุภฎา และคณะ (2548) พบว่าการเสริมสไปรูลิน่าในอาหารมีผลทำให้สีเหลืองและสีแดงเพิ่มมากขึ้น โดยสีขาวจะลดลงเมื่อปริมาณของสาหร่ายที่ใช้เพิ่มขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพการเร่งสีของปลาทอง คือ ระดับความเข้มข้นของสไปรูลิน่าแห้ง 3 เปอร์เซ็นต์ Ohkubo *et al*. (1999) รายงานว่าปลาทองจะเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์จากอาหารและสะสมในรูปแอสตาแซนทิน และเบต้า-แคโรทีนเป็นหลัก จึงทำให้เกิดสีส้มและสีเหลืองในปลาทอง แต่สาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 อาจจะมีเบต้า-แคโรทีนและแอสตาแซนทิน (Fareha *et al*., 2012) ในจำนวนที่ไม่เพียงพอจึงไม่สามารถเร่งสีเหลืองและสีแดงของปลาทองอย่างเต็มประสิทธิภาพได้

องค์ประกอบของซาก

ปลาทองในทุกชุดการทดลองมีค่าองค์ประกอบซากที่ไม่แตกต่างกัน การศึกษาของ Zhao *et al.* (2006) ซึ่งผสมไซยาโนแบคทีเรียในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิล ผลการศึกษาพบว่าโปรตีนในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรียมีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (ที่ไม่ผสมไซยาโนแบคทีเรีย) เช่นเดียวกับ สุนีรัตน์ และ ศักดิ์ชัย (2557) ที่พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *C. glomerata* มีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงกว่าและมีความแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ไม่มีผลต่อคุณภาพซากของปลาและสาหร่ายชนิดนี้ไม่สามารถเพิ่มโปรตีนในซากให้แก่ปลาได้ และการที่คุณภาพซากของปลาทองหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากในสูตรอาหารมีคุณค่าทางโภชนาการเท่ากันในทุกระดับจึงทำให้ซากของปลาทองไม่มีความแตกต่างกัน

สรุป

อาหารผสมสาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด อัตราการแลกเนื้อน้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้ดี ขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของซากมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง การเสริมด้วยสาหร่ายที่ระดับนี้ไม่ทำให้ปลามีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นในระยะ 10 สัปดาห์ ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มระยะเวลา

ให้นานกว่านี้ ดังนั้น สาหร่าย *H. welwitschii* TISTR 8237 ที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมในการนำมาผสมในอาหารเพื่อกระตุ้นให้ปลาทองออแรนดามีการเจริญเติบโตและใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดี

เอกสารอ้างอิง

จงกล พรมยะ และ นิวุฒิ หวังชัย. 2546. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อเป็นอาหารปลาสำเร็จรูป.** ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

จงกล พรมยะ, บัญชา ทองมี และ ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2555. ผลของอาหารผสมสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคราฟ. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 6: 11-22.

ณัฏฐา เสนีวาส, ศรีสม สุวรรณวงศ์, ลิลลี่ กาวีต๊ะ, สรัญญา วัชโรทัย และ รวีวรรณ ตัณฑวณิช. 2553. การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย *Hapalosiphon* sp., น. 446-455. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 48 สาขาพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ และ อาภารัตน์ เชษฐสุมน. 2532. การเจริญเติบโตและผลผลิตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ สกุล *Anabaena*, *Calothrix*, *Hapalosiphon* และ *Nostoc* เพาะเลี้ยงในถังกวนกลางแจ้ง, น. 395-404. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 27 สาขาวิทยาศาสตร์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มิถิลา ปราณศิลป์. 2549. การใช้ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) ในอาหารปลาทอง (*Carassius auratus*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรีประภา บุตรดามา, สุดาพร ตงศิริ, จงกล พรมยะ และ อุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2557. สภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไข่หินและสาหร่ายลอนในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 8: 60-73.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ และ ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2557. องค์ประกอบทางเคมีและการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata*. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 32: 1-8.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์, ศักดิ์ชัย ชูโชติ และ ปวีณา ทวีกิจการ. 2555. การใช้อาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* สดและแห้งในการเลี้ยงปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi*. **วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 40: 208-217.

สุภฎา คีรีรัฐนิคม, รัตติยา สะอุ และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี. 2548. ระดับของสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*). **วารสารสงขลานครินทร์** 27(พิเศษ): 133-139.

AOAC. 1990. **Official methods of analysis of the AOAC, (15th ed.)**. Association of official analytical chemists, Arlington, VA, USA.

Becker, E.W. and Venkataraman, L.V. 1984. Production and utilization of the blue-green alga *Spirulina* in India. ***Biomass*** 4: 105-125.

Cek, S., Bromage, N., Randall, C. and Rana, K. 2001. Oogenesis, hepatosomatic and gonadosomatic indexes, and sex ratio in rosy barb (*Puntius conchonius*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 1: 33-41.

Fareha, B., Zutshi, S. and Fatma, T. 2012. Chromium (VI) induced oxidative stress in *Hapalosiphon fontinalis*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology** 28: 2505-2511.

Goodwin, T.W. 1984. **The Biochemistry of the Carotenoids (2nd ed).** Animals vol. 2. Chapman and Hall, London.

Halver, J.E, Hardy, R.W. and Hardy, D.M. 2002. **Fish Nutrition.** Academic Press, New York.

Kiriratnikom, S., Zaau, R. and Suwanpugdee, A. 2005. Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*). **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 27: 133-139.

Knauer, J. and Southgate, P.C. 1996. Nutritional value of spray-dried freshwater alga, *Spongiococcum excentricum*, for Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat. **Aquaculture** 146: 135-146.

Liao, W.L., Nur, E., Borhan, S., Okada, S., Matsui, T. and Yamaguchi, K. 1993. Pigmentation of culture black tiger prawn by feeding a *Spirulina* sp. supplemented diet. **Nippon Suisan Gakkaishi** 59: 165-159.

Nandeesha, M.C., Gangadhara, B., Varghese, T.J. and Keshavanath, P. 1998. Effect of feeding *Spirulina platensis* on the growth, proximate composition and organoleptic quality of common carp *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture Research** 29: 305-312.

NRC (National Research Council). 1993. **Nutrient Requirement of Fish.** National Academy Press, Washington, D.C.

Ohkubo, M., Tsushima, M., Maoka, T. and Matsuno, T. 1999. Carotenoids and their metabolism in the goldfish *Carassius auratus* (Hibuna). **Comparative Biochemistry and Physiology** 124: 333-340.

Promkunthong, W. and Pipattanwattankhul, A. 2005. Results of *Spirulina* alga on growth and antibody levels in mixed breed catfish (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus* (Burchell). **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 27: 115-132.

Promya, J., Hongwittayakorn, P. and Chitmanat, C. 2003. Developing *Spirulina platensis* alga for local use to improve coloring of red tilapia fish, *In* **Academic seminar during the 3rd agriculture and technology.** Faculty of Agricultural Technology, Mahasarakham University, Thailand.

Saxena, P., Whang, I., Lee, J., Voziyanov, Y., Mendoza, V. and Jayaram, M. 1994. Role of tyrosine phosphorylation-dephosphorylation in copy number control of the yeast plasmid 2 micron circle. **Cellular and Molecular Biology Research** 40(3): 215-222.

Teimouri, M., Amirkolaie, A.K. and Yeganeh, S. 2013. Effect of *Spirulina platensis* meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **World Journal of Fish and Marine Sciences** 5: 194-202.

Zhao, M., Xie, S., Zhu, X., Yang, Y., Gan, N. and Song, L. 2006. Effect of dietary cyanobacteria on growth and accumulation of microcystins in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 261: 960-966.