

การเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*)

ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis* แห้ง

Growth performance of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*)

fed diets containing dried *Spirulina platensis*

สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ ปวีณา ทวีกิจการ

Suneerat Ruangsomboon, Sakchai Choochote, Paveena Taveekijakarn

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

Department of Fisheries Science, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Bangkok 10520, Thailand

บทคัดย่อ

การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis* แห้ง ที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 60 วัน และศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีนและแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา พบว่าน้ำหนัก ความยาว และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *S. platensis* แห้ง ทุกระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE) ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีน (92.33 ± 0.55 เปอร์เซ็นต์) และแคโรทีนอยด์ในเนื้อ (1.72 ± 0.44 ไมโครกรัมต่อกรัม) สูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า *S. platensis* สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนและสารสีสำหรับเลี้ยงปลานิลแดงเพื่อให้ปลามีคุณค่าทางโภชนาการสูงและสีเนื้อที่แดงสวยงามเป็นที่ต้องการของตลาดได้

คำสำคัญ : สไปรูลินา, ปลานิลแดง, โปรตีน, แคโรทีนอยด์

ABSTRACT

The influence of *Spirulina platensis* meal on the growth, protein and carotenoid content of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) was investigated in a 60 day culture trial. The growth of hybrid red tilapia which was cultured by using 0 (control), 5, 10 and 15 % of *S. platensis*, were not different statistically. Feed conversion ratio (FCR) and feed conversion efficiency (FCE) were found higher for the fishes that were cultured with 10 and 15 % of *S. platensis*, while the highest protein (92.33 ± 0.55 %) and carotenoid content (1.72 ± 0.44 $\mu\text{g/g}$) were found in the cultured fishes under 15 % of *S. platensis*. The results of the present study clearly demonstrate that *S. platensis* could be exploited as a protein and pigment source for incorporation in red tilapia diets to produce coloration to gain market acceptance.

Keywords : *Spirulina platensis*, red tilapia, protein, carotenoid

คำนำ

ปลานิลแดงเป็นปลาที่ได้รับความนิยมในการบริโภคในประเทศไทย เนื่องจากมีสีที่สวยงาม รสชาติดี เนื้อนุ่ม การจำหน่ายปลานิลแดงในประเทศไทยนิยมจำหน่ายทั้งตัว กิโลกรัมละประมาณ 50-65 บาท แต่หากจำหน่ายในรูปของเนื้อปลาแรม (fillet) จะมีราคาสูงขึ้น คือ 130 กรัม ราคาประมาณ 95 บาท โดยเฉพาะการจำหน่ายในต่างประเทศเช่นในประเทศสหรัฐอเมริกาที่นิยมเนื้อปลาที่มีสีแดง เนื้อปลานิลแดงแรมมีราคาปอนด์ละ 5-10 ดอลลาร์สหรัฐ โดยปลานิลแดงที่มีสีเนื้อแดงสวยงามจะมีราคาที่สูงกว่า (ไทยฟิอาร์ท คอทเน็ต, 2551)

พบว่าในปัจจุบันปลานิลแดงกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรนิยมเลี้ยงปลานิลแดงกันมากขึ้น จึงได้มีการวิจัยหาวิธีการเลี้ยงปลาเพื่อให้มีผลผลิตสูง การเจริญเติบโตดี คุณภาพสีปลาให้เป็นที่ต้องการของตลาด มีต้นทุนต่ำ และยังคงมีการวิจัยหาวิธีการเลี้ยงที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน (Bahurmiz and Ng, 2007) ซึ่งปกติแล้วปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้ด้วยตนเอง ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น จากนั้นจึงมีการสะสมแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา (Benemann, 1992) ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงปลาเมื่อต้องการให้ปลามีสีที่สวยงามน่ารับประทานจึงได้มีการผสมสารสีหรือแหล่งของสารสีในอาหารปลา ซึ่งตามฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปนิยมใช้แอสตาแซนทินสังเคราะห์ในการผสมอาหาร แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ทำให้มีต้นทุนในการเลี้ยงปลาที่สูงขึ้น

วัตถุดิบจากธรรมชาติหลากหลายชนิดที่ได้รับความนิยมผสมในอาหารสัตว์น้ำเพื่อเป็นแหล่งสารสีแคโรทีนอยด์ในการเลี้ยงปลา เช่นกลีบดอกดาวเรือง หัวและเปลือกกุ้งสด ขมิ้น (มะลิ และนนทิยา, 2528) ครัสตาเซียน ยีสต์ *Phaffia rhodozyma* และสาหร่ายขนาดเล็กเช่น *Dunaliella salina*, *Spirulina* และ *Haematococcus* (Sommer et al., 1992)

โดยพบว่าได้มีการนำสาหร่ายขนาดเล็กซึ่งเป็นอาหารตามธรรมชาติของสัตว์น้ำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็กมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งกรดไขมัน กรดอะมิโน วิตามิน และรงควัตถุที่มีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำ (Benemann, 1992) ซึ่งทำให้สามารถลดต้นทุนในการเลี้ยงได้ นอกจากนี้สาหร่ายขนาดเล็กยังสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้ระยะเวลาสั้น ต้นทุนต่ำ โดยสาหร่ายที่นิยมเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้ำเช่น *Spirulina*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*, *Haematococcus* (Sommer et al., 1992) และ *Nostoc* (สุนีรัตน์ และคณะ, 2548)

Spirulina เป็นไซยาโนแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสมาชิกกลุ่มหนึ่งของสาหร่ายขนาดเล็ก พบได้ในแหล่งน้ำทั่วไป มีโปรตีน 69.5-71.0 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 12.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 8 เปอร์เซ็นต์ วิตามิน กรดไขมันและกรดอะมิโน (เจียมจิตต์, 2531) และเป็นแหล่งของรงควัตถุทั้ง คลอโรฟิลล์ ไฟโคไซยานิน ไฟโคอิริทริน และแคโรทีนอยด์ สำหรับสัตว์น้ำ *Spirulina* ได้รับความนิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนเพราะผนังเซลล์ประกอบด้วยมิวโคพอลิแซ็กคาไรด์ที่ย่อยง่าย ในการอนุบาลลูกกุ้งและลูกปลาวัยอ่อน พบว่า *Spirulina* ช่วยเพิ่มน้ำหนักและความยาวได้ และทำให้สามารถสืบพันธุ์ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า *Spirulina* สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำได้ (ปิยาลัย และคณะ, 2547)

การใช้สาหร่ายเป็นแหล่งแคโรทีนอยด์ในการเลี้ยงปลา ทำให้เนื้อปลานำมารับประทาน และมีราคาจำหน่ายสูงขึ้น และคุณค่าทางอาหารอื่น ๆ ของสาหร่ายยังช่วยให้ปลาได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตและมีภูมิคุ้มกันสูงขึ้น แม้การผสมสาหร่ายในอาหารสำเร็จรูปอาจทำให้ต้นทุนสูงขึ้นเล็กน้อย แต่หากเลือกจำหน่ายในตลาดที่เหมาะสม จะทำให้ได้ผลตอบแทนที่สูงกว่ามาก การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาถึงผลของการใช้ *S. platensis* ผสมในอาหารปลาที่ระดับต่าง ๆ ในการเลี้ยงปลานิลแดง เพื่อทราบถึงผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน และแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดง รวมถึงผลต่ออัตราการรอดและภูมิคุ้มกันของปลา

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสาหร่าย *Spirulina platensis*

เลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในบ่อกลางแจ้ง ขนาดความจุ 1 ตัน โดยใส่สารเคมี commercial grade ประกอบด้วย NaNO_3 150 กรัม Na_2HPO_4 30 กรัม NaHCO_3 1000 กรัม และผสมนมสด 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมูลสุกร 500 กรัม (ใช้น้ำที่แช่มูลสุกร) ซึ่งเป็นสูตรที่ให้ผลผลิตและโปรตีนสูงที่สุด (สุนิรัตน์ และคณะ, 2548) เลี้ยงสาหร่ายจนเข้าสู่ระยะปลายการเจริญเติบโตเต็มที่ (late exponential phase) จึงเก็บผลผลิตโดยใช้ถุงกรองขนาดตา 60 ไมโครเมตร ล้างสาหร่ายด้วยน้ำประปาที่สะอาด 2-3 ครั้ง อบสาหร่ายที่อุณหภูมิประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส จนสาหร่ายแห้งสนิท บดสาหร่ายให้ละเอียด ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และสารสี (Becker, 1994) และนำไปผสมอาหารปลาต่อไป

การเตรียมอาหารปลาผสมสาหร่าย *S. platensis*

นำอาหารปลาขนาดเล็กที่มีจำหน่ายทั่วไปตามตลาด (ส่วนประกอบที่ระบุไว้ข้างภาชนะบรรจุคือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด กากมะพร้าวอัด ถั่วเหลืองนึ่ง ข้าวโพด ปลายข้าว วิตามินและเกลือแร่ และระบุคุณค่าทางโภชนาการไว้คือมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นผสมผง *S. platensis* แห้ง ในอาหารปลาที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธีเคลือบไว้ที่เม็ดอาหารสำเร็จรูป และใช้น้ำมันปลาเป็นตัวช่วยยึดเกาะระหว่างสาหร่ายกับเม็ดอาหาร โดยจากการวิเคราะห์ *S. platensis* ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้พบว่ามีระดับโปรตีนเท่ากับ 56.73 เปอร์เซ็นต์ คลอโรฟิลล์ 250.35 ± 4.62 มิลลิกรัมต่อกรัม คาโรทีนอยด์ 0.902 ± 0.001 มิลลิกรัมต่อกรัม และไฟโคไซยานิน 1.74 ± 0.49 มิลลิกรัมต่อกรัม

การเลี้ยงปลา

นำปลานิลแดงที่มีอายุ 2 สัปดาห์ มาอนุบาลในในกระชังขนาด 120X120X150 เซนติเมตร ให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยฝึกให้ปลานิลแดงกินอาหารสำเร็จรูปให้คุ้นเคยจึงเริ่มทำการทดลอง โดยใส่ปลากระชังละ 30 ตัว ชุดการทดลองละ 3 กระชัง ซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้นทดลองเฉลี่ย 1.16 ± 0.03 กรัม ความยาวเฉลี่ย 3.79 ± 0.04 เซนติเมตร เปลี่ยนถ่ายน้ำออกครึ่งหนึ่งและทำความสะอาดบ่อทุก 3-4 วัน ซึ่งน้ำหนัก วัดความยาวของปลา พร้อมทำความสะอาดกระชังทุก 2 สัปดาห์ ให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน คือเวลาที่ 09.00 นาฬิกา

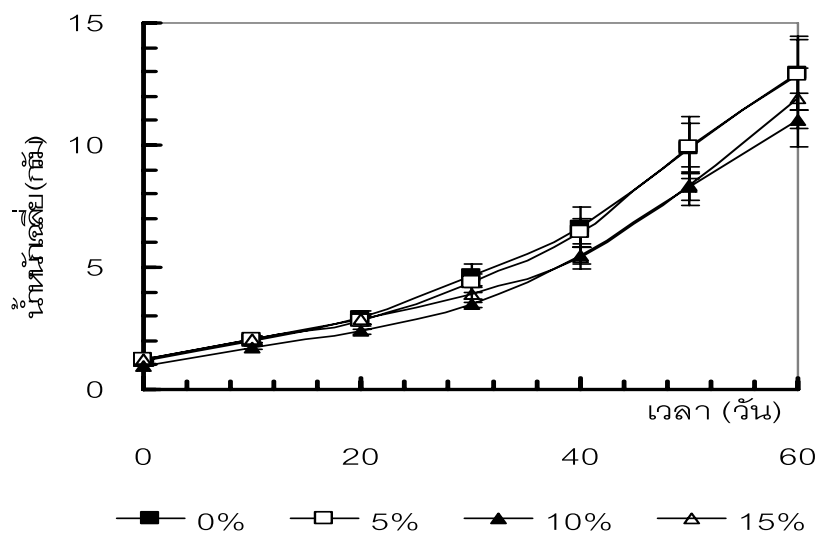
และ 16.00 นาฬิกา โดยจะให้อาหารที่ลดน้อยจนปลาอิม และบันทึกน้ำหนักอาหารที่ปลากินในทุกครั้ง ตลอดจนการทดลองทำการวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (HANNA 8424) อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำด้วยเครื่องวัดออกซิเจน (YSI 550) ทุก 2 วัน ซึ่งผลพบว่าตลอดการทดลองมีค่า พีเอช อุณหภูมิ และออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 7.2-7.8, 25.3 -29.6 องศาเซลเซียส และ 5.5-6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการร่อนเนื้อปลาและนำมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน แครโรทีนอยด์ (Sommer *et al.*, 1992) วัดระดับ immunoglobulin ในเลือดปลา และคำนวณค่าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลา ดังนี้ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE) ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (PER) โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (NPR) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโต

ปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปผสม *Spirulina platensis* ที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลแดงในทุกชุดการทดลองมีความยาวและน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุมมีความยาวและน้ำหนักสูงที่สุดคือ 9.32 ± 0.39 เซนติเมตร และ 12.94 ± 1.5 กรัม (ตารางที่ 1) การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปลานิลแดงจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง โดยในช่วงการทดลอง 30 วันแรกจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าช่วงแรกมาก (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ระดับแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 น้ำหนัก ความยาว ค่าอัตราการเจริญเติบโต และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *S. platensis* ที่ระดับแตกต่างกัน

	<i>Spirulina platensis</i> (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (เซนติเมตร)	9.32±0.39 ^a	9.15±0.37 ^a	8.48±0.28 ^a	8.61±0.31 ^a
น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)	12.94±1.5 ^a	12.86±1.42 ^a	11.06±1.1 ^a	11.92±1.22 ^a
อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	0.19±0.02 ^a	0.19±0.02 ^a	0.17±0.01 ^a	0.18±0.02 ^a
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	3.73±0.22 ^a	3.57±0.23 ^a	3.75±0.21 ^a	3.6±0.19 ^a

^a ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน คือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ค่าอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) ของปลานิลแดงพบว่ามีค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อปลาได้รับอาหารผสม *S. platensis* 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.19±0.02 กรัมต่อวัน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหาร 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth ratio, SGR) ของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ทุกระดับ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) โดยปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis*

10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดคือ 3.75±0.21 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

ค่า FCR หรือค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแดง ที่ได้รับ *S. platensis* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุด คือ 1.06±0.02 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 15 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion efficiency, FCE)

ค่า FCE หรือประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลแดงที่ได้รับ *S. platensis* ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด คือ 93.56±2.42 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมี FCE เท่ากับ 91.71±2.58 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCE) ของปลาชนิดแดงที่ได้รับ *S. platensis* ที่ระดับต่างกัน

	<i>Spirulina platensis</i> (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
FCR	1.19±0.02 ^a	1.18±0.01 ^a	1.06±0.02 ^b	1.09±0.01 ^b
FCE (%)	83.97±2.89 ^a	84.10±1.73 ^a	93.56±2.42 ^b	91.71±2.58 ^b

^a ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน คือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein efficiency ratio, PER)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหารปลาชนิดแดงที่ผสม *S. platensis* ที่ปริมาณแตกต่างกัน พบว่าอาหารปลาที่ผสม *S. platensis* 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในอาหารสูงที่สุดคือ 45.63±0.01 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคืออาหารที่ผสม *S. platensis* 10, 5 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าในอาหารที่ผสม *S. platensis* ทุกระดับ มีปริมาณโปรตีนในอาหารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) และระดับของ *S. platensis* ที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ค่า PER หรือประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารของปลาชนิดแดงที่ได้รับ *S. platensis* ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า PER สูงที่สุดคือ 2.23±0.04 โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ค่าประโยชน์สุทธิของโปรตีนในอาหาร (Net protein retention, NPR)

ค่า NPR หรือค่าประโยชน์สุทธิของโปรตีนในอาหาร พบว่าปลาชนิดแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ทุกระดับมีค่า NPR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาชนิดแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่า NPR สูงที่สุดเท่ากับ 2.39±0.03 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ปริมาณโปรตีนและแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาชนิดแดงที่เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง พบว่าที่เริ่มต้นการทดลอง เนื้อปลาชนิดแดงสดมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยที่ 17.23-17.86 เปอร์เซ็นต์ และที่สิ้นสุดการทดลองปลาชนิดแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาแห้งสูงที่สุดคือ 92.33±0.55 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาชนิดแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

และจากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาชนิดแดงสด พบว่าปลาชนิดแดงที่ได้รับอาหารผสมสำหรับ *S. platensis* 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดสูงที่สุดคือ 1.72±0.44 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาชนิดแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ระดับอื่น ๆ

ตารางที่ 3 โปรตีนในอาหารและในเนื้อปลา ค่า PER, NPR และปริมาณคาโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดงที่ได้รับ *S. platensis* ที่ระดับต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

	<i>Spirulina platensis</i> (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
โปรตีนในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	37.70 ± 0.05 ^a	41.33±0.24 ^b	43.11±0.21 ^c	45.63±0.01 ^d
PER	2.23±0.04 ^a	2.03±0.02 ^a	2.17±0.02 ^a	2.01±0.01 ^a
NPR (เปอร์เซ็นต์)	2.48±0.02 ^a	2.39±0.03 ^a	2.12±0.01 ^a	2.82±0.06 ^a
โปรตีนในเนื้อปลาสภาพสด (%)	22.66±0.25 ^a	22.79±0.35 ^a	21.78±0.16 ^a	23.16±0.66 ^a
โปรตีนในเนื้อปลาสภาพแห้ง (%)	92.84±0.62 ^a	92.21±0.78 ^a	92.77±0.48 ^a	92.33±0.55 ^a
ปริมาณคาโรทีนอยด์ (µg)/g	0.54±0.3 ^a	0.59±0.3 ^a	0.69±0.33 ^a	1.72±0.44 ^b

^a ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน คือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวัดค่าภูมิคุ้มกันต้านทานโรคในเลือดปลาโดยการตรวจวัด antibody ชนิด immunoglobulin (IgM และ IgG) ซึ่งเป็นสารโปรตีนที่อยู่ในเลือด ทำหน้าที่ต่อสู้หรือป้องกันการติดเชื้อโรคจากแบคทีเรีย ไวรัส หรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ที่เข้ามาในร่างกาย พบว่าปลาที่ได้รับ *S. platensis* ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่า immunoglobulin เท่ากับ 0.097±0.002, 0.081±0.001, 0.084± 0.002 และ 0.082±0.000 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ส่วนค่าอัตราการรอดพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 86.8-91.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

วิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่าความยาว น้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *S. platensis* ทุกระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสม *S. platensis* ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าแม้อาหารปลาที่ผสม *S. platensis* เพิ่มขึ้น จะทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น โดยทำให้มีโปรตีนอยู่ในช่วง 37.7 – 45.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่มากเพียงพอสำหรับการเลี้ยงปลานิลแดง เพราะโดยปกติแล้วลูกปลานิลขนาด 1-10 กรัม ต้องการโปรตีนในอาหารประมาณ 34-36 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้มีการเจริญเติบโตสูงสุด (มานพ และคณะ, 2536) ในการทดลองนี้แม้อาหารในชุดควบคุมมีโปรตีนต่ำที่สุด แต่ยังคงมีโปรตีนสูงถึง 37.7 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นไปได้ว่าอาหารในทุกชุดการทดลองมีปริมาณโปรตีนสูงเกินพอต่อความต้องการของปลา จึงทำให้การเจริญเติบโตในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน

ซึ่งการผสม *Spirulina* ในอาหารปลาและไม่ทำให้การเจริญเติบโตมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารชุดควบคุมนี้ให้ผลเช่นเดียวกับอีกหลายการทดลอง เช่นการเลี้ยงลูกปลากะรังดอกแดง (โชติ และคณะ, 2548) การเลี้ยงปลา *Catla* และ *Rohu* (Nandeesh et al., 2001) การเลี้ยงปลานิลแดง (มะลิ และนนทียา, 2528) แต่พบว่า *Spirulina* สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิลแดงเพศได้ (เสาวลักษณ์, 2540)

ค่า FCR และ FCE ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *S. platensis* 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดีกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่า *S. platensis* ที่เพิ่มขึ้นมีผลช่วยทำให้ประสิทธิภาพของร่างกายปลาในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเนื้อได้ดีขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากใน *S. platensis* มีกรดอะมิโน กรดไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุอยู่หลายชนิด เมื่อ *S. platensis* เพิ่มสูงขึ้น สิ่งเหล่านี้จึงเพิ่มขึ้น และอาจช่วยทำให้การดูดซึมอาหารเข้าร่างกายและเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ดีขึ้น

การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 16-40 เปอร์เซ็นต์ 9 สัปดาห์ พบว่าปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้น ทำให้ค่า FCR ดีขึ้น (มะลิ และนันทิยา, 2528) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้อาหารที่ผสม *S. platensis* เพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งแม้ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลามีความแตกต่างกัน แต่พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีขึ้น

แต่การใช้ *Spirulina* ในการเลี้ยงปลาหลายชนิดพบว่าไม่มีผลทำให้ค่า FCR มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม เช่น ในการเลี้ยงปลานิลแดง (ลักขณา, 2543) และการเลี้ยงปลานิลแดงเพศ (เสาวลักษณ์, 2540)

ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ทุกระดับ มีค่า PER และ NPR ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีค่า PER ของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 2.01-2.23 ซึ่งโดยปกติแล้วอาหารที่มีประสิทธิภาพโปรตีนเท่ากับ 1 หมายความว่าอาหารนั้นมีประสิทธิภาพดี คืออาหารที่ให้สัตว์กินทำให้สัตว์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับน้ำหนักของโปรตีนในอาหาร (เวียง, 2542) และจากการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่มีโปรตีน ระหว่าง 16.5, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ นาน 12 สัปดาห์ พบว่ามีค่า PER 2.98, 2.44 และ 2.11 (วิมล และกัจจา, 2535)

ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *S. platensis* ปริมาณแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม จากการทดลองนี้แสดงว่าแม้ปริมาณโปรตีนในอาหารจะมีมากขึ้น ไม่ส่งผลให้โปรตีนสะสมในตัวปลาเพิ่มขึ้น ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองเลี้ยงลูกปลานิลแดงด้วยอาหารสำเร็จรูป 3 ชนิด ที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันคือ 16.5, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 12 สัปดาห์ พบว่าโปรตีนของปลานิลแดง (น้ำหนักแห้ง) มีค่าเท่ากับ 89.86, 91.23 และ 91.11 เปอร์เซ็นต์ (วิมล และกัจจา, 2535) และการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* 5-15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าทำให้เนื้อปลา มีระดับโปรตีนอยู่ในช่วง 72.1 ± 0.4 - 73.7 ± 0.3 เปอร์เซ็นต์ (Ruangsomboon and Choochote, 2007)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดงเพิ่มขึ้นตามระดับ *S. platensis* ในอาหารที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่า *S. platensis* มีผลต่อการปรับปรุงสีเนื้อในปลานิลแดง ซึ่งสอดคล้องกับ มะลิและนันทิยา (2528) ซึ่งพบว่า *Spirulina* 10 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการเร่งสีปลานิลแดงให้เป็นสีแดงเข้ม แต่จากการทดลองครั้งนี้พบว่า *S. platensis* เพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดงได้ต่ำกว่าการใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* ซึ่งการผสม *N. commune* ในอาหาร 5-15 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีค่าแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาอยู่ในช่วง 1.46 ± 0.14 ถึง 1.98 ± 0.28 ไมโครกรัมต่อกรัม (Ruangsomboon and Choochote, 2007)

อัตราการรอดและระดับ immunoglobulin ในเลือดปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ซึ่งแสดงว่าในการทดลองนี้ถึงแม้สาหร่ายจะเพิ่มขึ้นก็ยังไม่ส่งผลกระทบต่อระดับภูมิคุ้มกันใน

เลือดของปลา ซึ่งต่างจากการใช้ *Spirulina* ผสมในอาหารกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และลูกกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguensis*) ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มความต้านทานเชื้อโรคได้ (ปิยาลัยและคณะ, 2547)

สรุปผล

การใช้อาหารผสม *S. platensis* ในการเลี้ยงปลานิลแดง มีผลต่อในทางบวกต่อค่าการเจริญเติบโต ค่าอัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร โดยมีผลที่เด่นชัดต่อการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลา ซึ่งแสดงว่า *S. platensis* สามารถนำมาใช้ผสมในอาหารเพื่อเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิลแดงได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- เจียมจิตต์ บุญสม.2531. ความลับของสาหร่ายเกลียวทอง ผลทางการรักษาโรคที่นายแพทย์ชาวญี่ปุ่นค้นพบ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 237 น.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก.2542. โภชนาศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ.ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255 น.
- โชติ เขียนดวง ปิยาลัย เหมทานนท์ และชัยวัฒน์ วิชัยวัฒน์. 2548. การใช้สไปรูลินาสดเป็นส่วนประกอบอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดง. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งนครศรีธรรมราช สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง.กรุงเทพฯ. 14 น.
- ไทยพีอาร์ ดอทเน็ต. 2551. เข้าถึงได้จาก <http://www.thaipr.net/nc/readnews>
- ปิยาลัย เหมทานนท์ สถาพร ดิเรกบุษราคัม และวิชณุ บุญญาวิวัฒน์. 2547. การใช้สาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ในการป้องกันโรคตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). วารสารการประมง. 57:353-356.
- มะลิ บุญยรัตผลิน นันทิยา อุ่นประเสริฐ. 2528 . ผลของสารสีที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนสีและการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดง .รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528, กรมประมง. น. 38-51.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ ภานุ เทวรัตน์มณีกุล พรรณศรี จริโมภาส สุจินต์หนูขวัญ กำชัย ลาวัญญุณี วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จันทรโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสารเผยแพร่สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 96 น.
- ลักขณา วงศ์ตาชี. 2543. การอนุบาลลูกปลานิลแดงด้วยอาหารผสมสาหร่ายเกลียวทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- วิมล จันทรโรทัย กิจจา ใจเย็น. 2535. การศึกษาชนิดของอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการเลี้ยงลูกปลานิลสีแดง. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 11 น.

- สุนีรัตน์ เรืองสมบุญรณ์ บุปผา จงพัฒน์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2548. คุณค่าทางโภชนาการของ
ไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* Vaucher ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน. วารสารเกษตร
พระจอมเกล้า. 23:38-47.
- เสาวลักษณ์ พิมพ์ภูลาด. 2540. การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมสาหร่ายเกลียวทอง.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- Bahurmiz O.M. and Ng W.K. 2007. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid
composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from
stocking to marketable size. *Aquaculture*. 262:382-392.
- Becker E. W. 1994. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press, pp.
56-63.
- Benemann J. R. 1992. Microalgae aquaculture feed. *Journal of Applied Phycology*. 4:233-245.
- Nandeesh M.C., Gangadhara B., Manissery J.K. and Venkataraman L.V. 2001. Growth
performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets
containing different levels of *Spirulina platensis*. *Bioresource Technology*. 80 :117 – 120.
- Ruangsomboon S. and Choochote S. 2007. Effect of feeding diets containing *Nostoc commune* on
growth, survival, protein and carotenoid content of red tilapia *Oreochromis niloticus*.
Proceedings of International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology.
21-23 November 2007. p. 772-775.
- Sommer T.R., D'Souza F.M.L. and Morrissy N.M. 1992. Pigmentation of adult rainbow trout,
Oncorhynchus mykiss, using the green algae *Haematococcus pluvialis*. *Aquaculture*. 106:63-
74.