วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 32:2 (1-8)

องค์ประกอบทางเคมีและการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata*

Chemical Composition and Growth Performance of Nile Tilapia(*Oreochromis niloticus*) Fed Diets Supplemented with Green Alga, *Cladophora glomerata*

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์[1] และศักดิ์ชัย ชูโชติ[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้สาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata* แห้งผสมในอาหารปลาต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล (*Oreochromis niloticus L.*) โดยผสมสาหร่ายบดแห้งปริมาณ 0 (ชุดควบคุม) 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิล เป็นเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) โดยมีการเจริญเติบโตที่ 0.22-0.27 กรัมต่อวัน ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *C. glomerata* 2.5-7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (2.49-2.87) ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (2.42) ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่ 2.5-7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสด (17.15-17.84 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (15.53 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าสูงและมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดสูงสุดเท่ากับ 12.26±0.49 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารมากขึ้น

คำสำคัญ: สาหร่ายไก ปลานิล อาหารปลา โปรตีน แคโรทีนอยด์

Abstract

A feeding trial was conducted to study the effects of diets supplemented with green alga, *Cladophora glomerata* on growth performance and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*) flesh. Dried powder of *C. glomerata* was added to the basal diet at 0% (control), 2.5%, 5% and 7.5%, and fed to Nile tilapia for 14 weeks. Mean daily growth were 0.22-0.27 g/day. Feed conversion of feeding diet containing 2.5-7.5% *C. glomerata* (2.49-2.87) was not significantly different from the control diet (2.42). Protein content in Nile tilapia fed with diet containing 2.5-7.5% *C. glomerata* (17.15-17.84% wet wt.) was significantly higher than the control (15.53%). Carotenoid contents in flesh of Nile tilapia fed diet supplemented with *C. glomerata* were significantly higher than the control. Flesh of Nile tilapia fed diet supplemented with 7.5% *C. glomerata* contained the highest carotenoid12.26±0.49 µg/g fresh weight. The carotenoid contents of Nile tilapia flesh were significantly related to the level of *C. glomerata* in the diet.

Keywords: *Cladophora*, Nile tilapia, fish feed, protein, carotenoid

[1]สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

คำนำ

ปลานิลเป็นปลาที่ประชาชนไทยนิยมเพาะเลี้ยงมากเป็นอันดับหนึ่งทั้งเพื่อบริโภคในครัวเรือน และเพื่อเป็นการค้า โดยมีผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยงสูงถึง 155,500 ตัน คิดเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตสัตว์น้ำจืดจากการเพาะเลี้ยงทั้งหมด (กรมประมง, 2554) โดยผู้เพาะเลี้ยงปลาได้มีความพยายามในการพัฒนาหาวิธีเพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา หรือความสวยงามน่ารับประทานของเนื้อปลา ซึ่งจะทำให้ขายปลาได้ในราคาสูงขึ้นซึ่งสามารถทำได้โดยการเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่ดี มีคุณภาพ โดยได้มีการนำวัตถุดิบชนิดใหม่ ๆ มาผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา

สาหร่ายเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการนำมาผสมในอาหารปลา เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีรงควัตถุที่ช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและทำให้สีเนื้อของปลาสวยงามขึ้นอีกด้วย เช่น ได้มีการใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* ในการเร่งการเจริญเติบโตและเร่งสีของปลา rainbow trout (*Oncorhyn chusmykiss*) (Teimouri *et al.*, 2013) การใช้สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและเพิ่มกรดไขมันที่จำเป็นในเนื้อปลาได้ (Li *et al.*, 2009) การใช้สาหร่าย *Gracilaria bursapastoris*, *G. cornea* และ *Ulvarigida* ในการเลี้ยงปลา european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) (Valente *et al.*, 2006) การใช้สาหร่าย *Cladophora glomerata* ในการเลี้ยงปลา tilapia (*Sarotherodon niloticus*) (Appler และ Jauncey, 1983)

ในประเทศไทย *Cladophora glomerata* หรือสาหร่ายไก เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่พบในธรรมชาติ โดยมีมากทางภาคเหนือสาหร่ายชนิดนี้ได้รับความนิยมในการนำมาทำอาหารมนุษย์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่าง ๆ สาหร่ายไกมีสารต้านอนุมูลอิสระ รงควัตถุ สารอาหารที่มีประโยชน์ในปริมาณสูงโดยมีรายงานว่าสาหร่ายไกแห้งมีไขมันร้อยละ 19.3 มีวิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 กรดโฟลิก กรดแพนโทธีนิก ไนอะซิน แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี และซีลีเนียม (ยุวดี, มปป.) จึงมีความเป็นไปได้ที่สาหร่ายนี้จะสามารถใช้เป็นอาหารปลาเพื่อเร่งการเจริญเติบโต กระตุ้นภูมิคุ้ม และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาได้ นอกจากนี้สารสี astaxanthin ที่มีในสาหร่ายยังสามารถช่วยทำให้สีของเนื้อปลาดูน่ารับประทานอีกด้วย

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาแนวทางในการเพิ่มอัตราการเติบโตเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลานิล โดยการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีเขียว *Cladophora glomerata* ในอัตราส่วนต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสาหร่าย *Cladophora glomerata*

นำสาหร่าย *C. glomerata* สดมาล้างด้วยน้ำประปาที่พักคลอรีนแล้วจนสะอาด ใช้แปรงขนาดเล็กปัดเศษทรายหรือตะกอนปนเปื้อนหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เกาะตามเส้นสายสาหร่ายออกจนสะอาด นำมาผึ่งลมให้แห้ง และนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนสาหร่ายแห้งสนิท บดเป็นผงละเอียด และนำไปคลุกกับอาหารปลาเม็ดสำเร็จรูปต่อไป โดยสาหร่าย *C. glomerata* นี้ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. การเลี้ยงปลานิล

ปลานิลที่ใช้ในการทดลอง เป็นปลาที่มีอายุประมาณ 1 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 2.58 ± 0.04 กรัม นำมาเลี้ยงในกระชังขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร โดยวางกระชังในบ่อคอนกรีตที่มีระดับน้ำสูง 80 เซนติเมตร ใส่ปลากระชังละ 30 ตัว มีการให้อากาศตลอดเวลา เปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดกระชังทุก 3 วัน

อาหารชุดควบคุมคืออาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ 9961 ไฮเกรด มีส่วนประกอบที่ระบุข้างบรรจุภัณฑ์คือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดและปลายข้าว วิตามิน เกลือแร่ และสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์โดยระบุ

คุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

นำสาหร่าย *C. glomerata* แห้งที่บดละเอียดคลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยการใช้น้ำมันตับหมึก (squid liver oil) เป็นตัวทำให้สาหร่ายยึดติดกับอาหารเม็ดซึ่งเป็นวิธีที่ผู้เลี้ยงปลาทั่วไปสามารถนำไปใช้ได้จริง เพราะเกษตรกรทั่วไปสามารถผสมสาหร่ายในอาหารปลาได้เองแม้ไม่มีเครื่องมือขึ้นรูปเม็ดอาหารใหม่ โดยผสมสาหร่ายที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม) 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชุดควบคุมคือชุดที่นำอาหารมาคลุกน้ำมันจากตับหมึกเพียงอย่างเดียว โดยเตรียมอาหารใหม่ทุกวัน การให้อาหารจะให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน คือเวลา 9.00 นาฬิกา และ 15.00 นาฬิกา ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และเมื่อปลากินอิ่มเต็มที่แล้วจึงเช็คปริมาณอาหารที่ปลากินเหลือ โดยเลี้ยงปลาที่ระดับอาหารละ 3 กระชัง เลี้ยงเป็นเวลา 14 สัปดาห์ (98 วัน) ระหว่างการเลี้ยงปลาทำการวัดค่าคุณภาพน้ำ คือค่าความเป็นกรดเป็นด่างอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง (ทุกวันจันทร์และวันพฤหัสบดี) เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะสุ่มปลากระชังละ 3 ตัว รวมชุดการทดลองละ 9 ตัว มาแล่เนื้อติดหนังบริเวณด้านข้างลำตัว และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาโดยวิธีของ Nickell และ Bromage (1998) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารปลาเม็ดคลุกสาหร่ายแห้งและในเนื้อปลาติดหนังด้วยวิธี Proximate analysis (Lloyd *et al.*, 1978)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา

จากการนำสาหร่าย *C. glomerata* มาผสมกับอาหารปลาสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเพื่อเลี้ยงปลานิล โดยผสมที่ระดับแตกต่างกันคือ 0, 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ และนำอาหารมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับมีปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่า (31.96-33.07 เปอร์เซ็นต์) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดที่ไม่ผสมสาหร่าย (42.76 เปอร์เซ็นต์) (Table 1) ปริมาณไขมันในอาหารที่ผสมสาหร่าย 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีสูงที่สุดคือ 4.46±0.07 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ผสมสาหร่าย 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยในอาหารมีมากขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายที่ผสมในอาหารเพิ่มขึ้น โดยเยื่อใยมีมากที่สุด 2.15±0.08 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่ผสมสาหร่าย 0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าในอาหารที่ผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 7.75±0.01 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าสูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่เหลือทุกชุดการทดลองค่าความชื้นในอาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย แสดงให้เห็นว่าการผสมสาหร่ายในอาหารมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารลดลง แต่เพิ่มปริมาณเยื่อใย เถ้า และความชื้นในอาหาร ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อผสมสาหร่ายเข้าไปในอาหาร ทำให้ปริมาณอาหารสำเร็จรูปลดลง นั่นคือลดปริมาณปลาป่นและกากถั่วเหลืองด้วยเช่นกัน ซึ่งวัตถุดิบทั้งสองอย่างนี้เป็นแหล่งของโปรตีน ปริมาณโปรตีนของอาหารผสมสาหร่ายจึงน้อยกว่าอาหารชุดควบคุมซึ่งการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองผสมสาหร่าย *Gracilaria bursa-pastoris*, *G. cornea* และ *Ulvarigida* ในอาหารเลี้ยงปลากะพง โดยพบว่าเมื่อผสมสาหร่ายในอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารจะลดลงต่ำกว่าอาหารปลาที่ไม่ผสมสาหร่าย ส่วนปริมาณเถ้าจะเพิ่มขึ้น (Valente *et al.*, 2006)

Table 1 Chemical composition of the commercial diets (dry weight basis) coated with *C. glomerata* dry powder.

	C. glomerata (%)			
	0	2.5	5	7.5
Protein (%)	42.76±0.22^a	33.07±0.12^b	31.96±0.30^b	32.11±0.06^b
Lipid (%)	4.43±0.06^a	4.46±0.07^a	3.53±0.11^b	3.47±0.11^b
Fiber (%)	1.00±0.09^a	1.11±0.04^a	1.95±0.02^b	2.15±0.08^b
Ash (%)	6.57±0.01^a	7.28±0.02^b	7.13±0.02^b	7.75±0.01^c
Moisture (%)	7.76±0.05^a	27.28±0.05^b	26.72±0.04^b	27.71±0.23^b

The different superscript letters in each row are significantly different (n = 3, p<0.05).

2. การเจริญเติบโตของปลานิล

ปลาในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น (initial weight) ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากการเลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 4 ระดับ ปลาที่ได้รับอาหารในทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 14 สัปดาห์ ปลานิลที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักสิ้นสุด (final weight) เฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *C. glomerata* 5 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 38.62±1.19 กรัมต่อตัว (Figure 1)

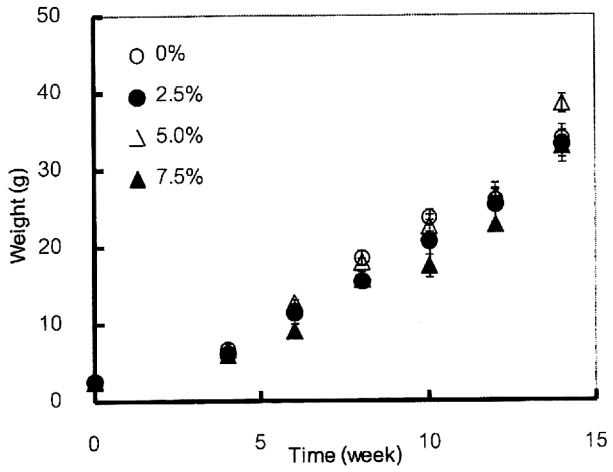

Figure 1 Average weight of Nile tilapia fed diets supplemented with *C. glomerata*.

เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) ของปลานิลที่สิ้นสุดการทดลอง พบว่าในทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.27±0.01 กรัมต่อวัน (Table 2) ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) ของปลานิลที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายมี SGR สูงที่สุดเท่ากับ 2.40±0.10 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกการทดลอง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) ของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion efficiency, FCE) ของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER) ของปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุดคือ 1.00±0.03เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง อัตรารอดของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Table 2 Feeding trial results (14 weeks) for Nile tilapia fed diets supplemented with *C. glomerata*.

	C. glomerata (%)			
	0	2.5	5	7.5
Initial weight (g)	2.47±0.12[a]	2.61 ±0.06[a]	2.56 ±0.05[a]	2.69 ±0.21[a]
Final weight (g)	34.07±1.06[a]	33.38 ±2.41[a]	38.62 ±1.19[a]	33.08 ±1.36[a]
Growth rate (g/d)	0.26±0.01[a]	0.25±0.02[a]	0.27±0.01[a]	0.22±0.01[a]
Specific growth rate (%/d)	2.40 ±0.10[a]	2.26±0.11[a]	2.35±0.04[a]	2.15± 0.08[a]
Feed conversion ratio	2.42±0.07[a]	2.75±0.24[a]	2.49±0.08[a]	2.87±0.10[a]
Feed conversion efficiency (%)	41.27±1.27[a]	36.87±3.42[a]	40.10±1.34[a]	34.91±1.27[a]
Protein efficiency ratio (%)	0.65±0.01[a]	0.77±0.05[b]	1.00±0.03[c]	0.82±0.03[b]
Survival (%)	84.44±4.01[a]	80.00±7.70[a]	75.56±1.11[a]	88.89±7.78[a]

The different superscript letters in each row are significantly different (p<0.05).

การผสมสาหร่ายในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปลาแม้ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในอาหารลดลงโดยต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หรืออัตรารอดมีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายซึ่งอาจเป็นเพราะปลาได้รับโปรตีนและพลังงานเพียงพอจากอาหารทุกสูตรแต่อาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีค่าประสิทธิภาพของโปรตีน ในอาหารสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ได้ผสมสาหร่าย ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถผสมสาหร่าย *C. glomerata* ลงในอาหารเลี้ยงปลานิลได้ถึง 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา

ซึ่งมีรายงานว่าการใช้สาหร่าย *Gracilaria bursa-pastoris* และ *Ulva rigida* ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา *Dicentrarchus labrax* พบว่าสามารถผสมสาหร่ายได้มากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหารอยู่ที่ 55.5 และ 54.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) โดยไม่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำกว่าชุดควบคุม แต่หากเป็นสาหร่าย *G. cornea* จะผสมได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร 56.9 เปอร์เซ็นต์ หากผสมสาหร่ายมากกว่านี้จะทำให้มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลา (Valente *et al.*, 2006) ส่วนการผสมสาหร่าย *Hydrodictyon reticulatum* 5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา *Oreochromis niloticus* และ *Tilapia zillii* (ซึ่งจะทำให้มีระดับโปรตีนในอาหาร 30 เปอร์เซ็นต์) พบว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายมีการเจริญเติบโตและการใช้โปรตีนไม่แตกต่างกับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย (Appler, 1985)

3. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล

ปลาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายทุกระดับมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงกว่า (17.15-17.84 เปอร์เซ็นต์) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่าย (15.53 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปริมาณไขมัน เถ้า และความชื้นของปลาที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลอง มีค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลชุดควบคุมมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Yampakdee *et al.* (2014) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อส่วนท้อง

และส่วนหลังของปลานิลพบว่ามีโปรตีน 15.3 และ 16.6 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นที่ 82.1-83.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมันที่ 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติแล้วโปรตีนในเนื้อปลาจะถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเนื้อเยื่อและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ จากการทดลองครั้งนี้ ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *C. Glomerata* มีค่าในช่วง 17.1-17.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าโปรตีนในเนื้อปลาเนื้ออ่อน ปลาสวาย ปลาหมอไทย และหมึกกล้วย ซึ่งมีโปรตีนในช่วง 14.4-15.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเนื้อปลาดุก ปลาช่อน ปลาตะเพียน และปลาทู ซึ่งมีโปรตีนในช่วง 20.0-23.0 เปอร์เซ็นต์ (กองโภชนาการ, 2552)

Table 3 Chemical composition of Nile tilapia flesh fed diets containing *C. glomerata*(wet weight basis).

	C. glomerata (%)			
	0	2.5	5	7.5
Protein (%)	15.53±0.24^{a}	17.15±0.28^{b}	17.84±0.20^{b}	17.38±0.12^{b}
Lipid (%)	0.42±0.03^{a}	0.37±0.01^{a}	0.39±0.08^{a}	0.39±0.02^{a}
Ash (%)	1.23±0.02^{a}	1.22±0.01^{a}	1.35±0.03^{a}	1.24±0.01^{a}
Moisture (%)	81.79±0.07^{a}	81.75±0.04^{a}	80.41±0.09^{a}	81.86±0.19^{a}
Carotenoid (µg/g)	0.96±0.38^{a}	4.16±1.72^{b}	8.20±0.24^{c}	12.26±0.49^{d}

The different superscript letters in each row are significantly different (n=3, $p<0.05$).

การผสมสาหร่ายในอาหารปลาทำให้ปริมาณโปรตีนในอาหารปลาลดลงโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แต่กลับพบว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แม้อาหารที่ใช้เลี้ยงปลามีโปรตีนต่ำกว่าแต่เนื้อปลากลับมีโปรตีนสูงกว่า แสดงให้เห็นได้ว่าปลาสามารถย่อยและนำโปรตีนจากอาหารที่ผสมสาหร่ายมาใช้ได้มากกว่าอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย เนื่องจากผลการทดลองค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (%) มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม ดังนั้นการพิจารณาเพียงตัวเลขโปรตีนรวมทั้งหมดในอาหารแต่เพียงอย่างเดียว จึงไม่ใช่สิ่งที่สามารถระบุได้ว่าอาหารนั้นดีกว่าอาหารชุดที่มีโปรตีนต่ำ

ซึ่งการทดลองครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Zhao *et al.* (2006) ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงปลานิล *O. niloticus* ด้วยอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย โดยอาหารปลาทุกชุดการทดลองมีโปรตีนเท่ากันคือ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าเนื้อปลาที่ได้รับอาหารผสมไซยาโนแบคทีเรียมีโปรตีน 13.47-13.90 เปอร์เซ็นต์ โดยสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสมไซยาโนแบคทีเรียซึ่งเนื้อปลามีโปรตีน 11.45 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาพบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสดที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.26±0.49 ไมโครกรัม คาโรทีนอยด์ต่อกรัมเนื้อปลาและมีความแตกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ โดยเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีปริมาณสาหร่ายเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมประมาณ 4-13 เท่า ซึ่งการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในสัตว์น้ำเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ดังเห็นได้จากการที่ผู้ผลิตอาหารปลานิยมใช้สาหร่ายผสมในอาหารปลาเพื่อเร่งสี แคโรทีนอยด์ส่วนใหญ่จะละลายในไขมันและเกิดการสะสมในปลาโดยทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม หรือแดง ความเข้มของสีที่ปรากฏบนที่เนื้อปลานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหาร เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Latcha, 1990) เมื่อเนื้อสัตว์น้ำมีสีที่สวยงาม จะทำให้จำหน่ายได้ราคาที่สูงขึ้น สาหร่ายบางชนิดที่มีรายงานการศึกษาการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อสัตว์น้ำ เช่น การใช้ *S. platensis* สดและแห้งในการเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) และ ปลานิล *O. niloticus* พบว่าสามารถ

เพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาได้สูงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ไม่ผสม *S. platensis* (สุนีรัตน์ และคณะ, 2551; Ruangsomboon and Choochote, 2007; Ruangsomboon *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ *Nostoc commune* ผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอสี *Pseudotropheus lombardoi* สามารถเร่งสีของปลาหมอสีให้สวยงามได้มากขึ้น (สุนีรัตน์ และคณะ, 2555)

จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการผสมสาหร่ายในอาหารเพื่อเลี้ยงปลาสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับโปรตีนที่สูงและได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน จากแคโรทีนอยด์ที่มีในเนื้อปลาอีกด้วย

4. คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลานิล

ค่าคุณภาพน้ำที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 3 วัน เพื่อป้องกันน้ำเน่าเสียจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำกลุ่มไนโตรเจนฟอสฟอรัส และค่าอื่น ๆ โดยปกติแล้วอุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบต่อการกินอาหาร ความต้านทานโรค อัตราเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำโดยเมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้นสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราเมตาบอลิซึมสูงขึ้น การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงจึงอาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนในแหล่งน้ำ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าพืชหรือสัตว์ต่างต้องการออกซิเจนในการหายใจ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) ซึ่งตลอดการเลี้ยงปลา พบว่าคุณภาพน้ำเลี้ยงปลานิลมีความเหมาะสมทุกค่า คือน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามีอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 25.1-28.4 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอยู่ในช่วง 4.89-8.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.1-9.4 ซึ่งค่าคุณภาพน้ำทุกค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำซึ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ควรต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้ามีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และความเป็นกรดเป็นด่างควรอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528; Boyd, 1990)

สรุปผลการทดลอง

การใช้สาหร่ายสีเขียว *C. Glomerata* แบบผงแห้งผสมในอาหารเม็ดทางการค้าเพื่อเลี้ยงปลานิล ระยะเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าแม้อาหารที่ผสมสาหร่ายทุกระดับ 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนในอาหารลดลง แต่มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสาหร่ายในอาหารเพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นได้ว่าสาหร่ายชนิดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนและเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลานิล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2556

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2554. สถิติการประมง.เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/it stat/yearbook/data_2554/Yearbook/Yearbook2011-1.7.pdf (เข้าถึงเมื่อ 28 ธันวาคม 2556)

กองโภชนาการ. 2552. ปลา - อาหารคู่ชีวิต.กลุ่มวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ. กองโภชนาการ. กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข.นนทบุรี เข้าถึงได้จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=2&id=122 (เข้าถึงเมื่อ 28 ธันวาคม 2556)

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

ยุวดีพีรพรพิศาล. มปป. โครงการศึกษาภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์, ศักดิ์ชัย ชูโชติ, ปวีณา ทวีกิจการ และ นิธิ พันธุ์คงชื่น. 2551. การเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis*แห้ง. หน้า 95-104. ในการประชุมวิชาการประมงครั้งที่ 3 "เพื่อความมั่นคงด้านการประมงและทรัพยากรทางน้ำ". คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

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

Appler, H.N. 1985. Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as protein source in feeds for *Oreocromis* (*Tilapia*) *niloticus* and *Tilapia zillii*. Journal of Fish Biology 27 : 327-334.

Appler, H.N. and Jauncey K. 1983.The utilization of a filamentous green alga (*Cladophora glomerata* (L) Kutzin) as a protein source in pelleted feeds for *Sarotherodon* (*Tilapia*) *niloticus* fingerlings. Aquaculture 30:21-30.

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture.Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.

Latcha, T. 1990. Carotenoids in Animal Nutrition. F. Hoffmann – La Roche Ltd., Switzerland.

Li, M.H., Robinson, E.H., Tucker, C.S., Manning, B.B. and Khoo, L. 2009. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. Aquaculture 292 : 232-236.

Lloyd, L. E., McDonald, B. E. and Crampton, E. W. 1978.Fundamentals of Nutrition (2nd Ed.). W. H. Freeman and Co., San Francisco.

Nickell, D. and Bromage, N.R. 1998.The effect of dietary level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynhus mykiss*). Aquaculture 161 : 237–251

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*. pp. 772-775. *In* Proceedings of International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology. KMUTT, Bangkok.

Ruangsomboon,S. Choochote, S. and Taveekijakarn, P. 2010. Growth performance and nutritional composition of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) fed diets containing raw *Spirulina platensis*. pp. 21-23. *In* Proceedings of The International Conference on Sustainable Community Development.KhonKaen University, Thailand and Vientiane, Lao PDR.

Teimouri, M., Amirkolaie, A.K., and Yeganeh, S. 2013. The effects of *Spirulina platensis* meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 396-399 : 14-19.

Valente, L.M.P., Gouveia, A., Rema, P., Matos, J., Gomes, E.F. and Pinto, I.S. 2006.Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulvarigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrachus labrax*) juveniles. Aquaculture 252 : 85-91.

Yarnpakdee, S., Benjakul, S., Penjamras, P. and Kristinsson, H.G. 2014. Chemical compositions and muddy flavor/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. Food Chemistry 142:210-216.

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.