

การทดแทนถั่วเหลืองป่นด้วยสาหร่ายไมโครสปอราในอาหารปลากะพงขาว
Replacement of Soybean meal by Macroalgae, *Microspora* sp. Thuret in Asian

Seabass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1970) Diet

วรวุฒิ เกิดปราง* และปริดา ภูมิ

Worawut Koedprang and Preeda Phumee

สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

Department of Fisheries Technology, Faculty of Science and Fisheries Technology,

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus

*Corresponding author E-mail: worawut2000@hotmail.com

บทคัดย่อ

สาหร่ายไมโครสปอราเป็นสาหร่ายสีเขียว พบทั่วไปตามแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อย รวมทั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและต้องมีการกำจัดออกจากบ่ออยู่ตลอดเวลา แต่พบว่าสาหร่ายดังกล่าวมีปริมาณโปรตีน 26 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความคิดที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารปลากะพงขาวเพื่อเพิ่มมูลค่าของสาหร่ายไมโครสปอรา โดยผลิตอาหารเม็ดชนิดจมน้ำปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรตีนจากปลาป่น 36 เปอร์เซ็นต์ และถั่วเหลืองป่น 4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสูตรควบคุม (D1) และแทนที่โปรตีนจากถั่วเหลืองป่นด้วยโปรตีนจากสาหร่ายป่น 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (D2-D5) เลี้ยงปลากะพงขาวในตู้กระจกปริมาณน้ำ 96 ลิตร จำนวนตู้ละ 10 ตัว ชุดการทดลองละ 3 ตู้ ให้อาหารจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตรารอดตาย และสัดส่วนที่บริโภคได้ของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่พบความแตกต่างของน้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ ค่าดัชนีดิบ และต้นทุนการผลิต ระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าอาหารที่โปรตีนจากถั่วเหลืองป่นด้วยโปรตีนจากสาหร่ายไมโครสปอรา สามารถทดแทนได้ในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (D3) โดยไม่มีผลแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (D1) แต่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ : สาหร่ายไมโครสปอรา ปลากะพงขาว การทดแทนถั่วเหลืองป่น

Abstract

Microspora sp. (Thuret) is green macroalgae in Division Chlorophyta. It can be found in freshwater and coastal environments, including aquaculture pond. It caused a problem on fish and culture activities. The farmer has to eradicate them as waste. While, it contains of 26 % of protein of dry weight and may be considered to be a potential dietary protein for fish. The utilization of *Microspora* sp. as protein replacement material in Asian seabass diet to value added of macroalgae waste was studied. Asian seabass sinking diets with 40% of protein were formulated. Sources of protein in diets were composed of 36% of protein from fish meal (FM) and 4% (10% of

total protein) of protein from soybean meal (SM) in control diet (D1). The SM was replaced by dried *Microspora* sp. (DA) at 25, 50, 75 and 100% of SM protein (D2-D5). The juvenile Asian seabass was stocked in 95 L container with 10 fish. Each diet was fed *ad libitum* to triplicate groups of fish twice a day for 12 weeks. The results presented that, the replacement of DA in the diets showed no significant difference ($P>0.05$) on survival rate and carcass percentage while the difference ($P<0.05$) found on growth performances; final weights and length, specific growth rate, feed intake, feed utilizations; feed conversion ratio, protein efficiency ratio and net protein utilization, hepatosomatic index and product cost of Asian seabass. The level of 50% of soybean meal protein can be replaced by dried *Microspora* sp. (D3) without performance differences to control (D1) while lowest product capital.

Keywords: *Microspora* sp. Thuret, Asian seabass, Soybean meal replacement

คำนำ

ต้นทุนหลักในการผลิตอาหารสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับแหล่งและปริมาณโปรตีนในอาหาร ซึ่งปลากะพงขาวเป็นปลาที่ต้องการปริมาณโปรตีนในอาหารค่อนข้างสูง ประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ (Sermwatanakul *et al.*, 2005) และวัตถุดิบที่นิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักในการผลิตอาหารปลากะพงขาวก็คือ ปลาป่น แต่ในปัจจุบันปลาป่นมีราคาค่อนข้างสูง ประมาณ 35-40 บาทต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณโปรตีนในปลาป่น ส่วนสาเหตุที่ปลาป่นมีราคาสูง เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ ขณะที่กำลังในการผลิตปลาป่นลดลง จึงส่งผลต่อราคาของปลาป่นที่สูงขึ้น (Hardy, 2010) ส่งผลโดยตรงต่อราคาอาหารของปลากะพงขาว ดังนั้นการใช้วัตถุดิบอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกทดแทนการใช้ปลาป่น จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตอาหารปลากะพงขาวได้ และถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนที่นิยมใช้การผลิตอาหารปลากะพงขาว เนื่องจากมีโปรตีนสูงและราคาถูกกว่าปลาป่น (Bonaldo *et al.*, 2006; Carter and Hauler, 2000) แต่มีรายงานว่า การผสมกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงมีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีสารต้านโภชนา (antinutritional factors; ANFs) และความไม่สมดุลของกรดอะมิโน (Deng *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006) การทดแทนปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองในปลากะพงขาวพบว่าสามารถทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากกากถั่วเหลืองได้ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต หากผสมกากถั่วเหลืองมากกว่านี้ทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโตช้าลง (Tantikitti *et al.*, 2005) นอกจากนี้กากถั่วเหลืองยังมีวัตถุดิบอาหารอีกหลายชนิดที่นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น รวมถึงสาหร่ายก็สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์น้ำ เช่น สาหร่าย *Ulva intestinalis* ในอาหารปลาตะกรับ (Muangyao *et al.*, 2013) สาหร่าย *Spirulina platensis* และ *Cladophora* sp. ในอาหารกบนา (Boonta *et al.*, 2012) ในปลานิลมีการใช้สาหร่าย *C. glomerata* (Appler and Jauncey, 1983) สาหร่าย *U. rigida* และ *Cystoseira barbata* (Kut Güroy *et al.*, 2007) การใช้สาหร่าย *Prophyra* sp. ในอาหารปลา Red sea bream (Kalla *et al.*, 2008) และสาหร่ายอื่น ๆ อีกหลายชนิด (Mohammad and Rina, 2009)

สาหร่ายไมโครสปอรา (*Microspora* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) ในครอบครัว (Family) *Microspora* มีรูปร่างเป็นเส้น (filamentous algae) เรียงกันเป็นสายเดี่ยวไม่แตกแขนง พบทั้งลอยน้ำ อย่างอิสระ หรือเกาะกับวัตถุใต้น้ำ (Nualcharoen, 2004; Kinross, 2011) พบเจริญได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม แต่ส่วนมากจะพบในน้ำจืด (Guiry and Guiry, 2015) รวมทั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ก่อปัญหาการขาดออกซิเจนในบ่อ แยกที่อยู่อาศัย ทำให้บ่อตื่นขึ้นและเกิดการเน่าเสียจากการตายทับถม รวมทั้งทำให้ยากต่อการจับสัตว์น้ำด้วยเครื่องมืออวนลาก จึงต้องมีการกำจัดออกจากบ่ออยู่ตลอดเวลา แต่จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าสาหร่ายไมโครสปอราดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในใบกระถินป่น และแหล่งโปรตีนจากพืชอื่น ๆ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลือง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตปลากะพงขาว อีกทั้งเป็นการนำวัสดุที่ไม่มีคุณค่าและประโยชน์มาพัฒนาให้สามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตสาหร่ายไมโครสปอราป่น โดยเก็บสาหร่ายจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง เลือกเศษพืชและสัตว์ที่ติดมากับสาหร่าย ล้างทำความสะอาดและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง บดสาหร่ายให้เป็นผง เก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทและแช่ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายแห้ง และวัตถุดิบอาหารโปรตีนอื่น ๆ ได้แก่ ปลาป่นและถั่วเหลืองป่น ตามวิธีการของ AOAC (1990) เพื่อใช้สำหรับการคำนวณสูตรอาหารปลากะพงขาวต่อไป ซึ่งพบว่าสาหร่ายไมโครสปอราประกอบด้วยโปรตีน 26.50 ± 0.42 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.10 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 28.50 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์

คำนวณสูตรและผลิตอาหารผสมที่มีปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์โดยมีส่วนผสมของแหล่งโปรตีนจากปลาป่น (FM) 36 เปอร์เซ็นต์ และจากถั่วเหลืองป่น (SM) 4 เปอร์เซ็นต์ (10 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนรวม) ในชุดควบคุม (D1) และใช้โปรตีนจากสาหร่ายไมโครสปอรา (DA) ทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น ที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสูตร D2-D5 ตามลำดับ และวัตถุดิบอื่น ๆ ดังแสดงใน Table 1 ผสมวัตถุดิบให้เข้ากันดีและบดส่วนผสมให้ละเอียด อัดเม็ดผ่านเครื่องอัดเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร อบให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของอาหารแต่ละสูตร ตามวิธีการของ AOAC (1990)

ปลากะพงขาวขนาดความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 15 ppt ในตู้กระจก กว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.8 เมตร และสูง 0.5 เมตร ระดับน้ำ 0.3 เมตร ปริมาณน้ำเท่ากับ 96 ลิตร จำนวนตู้ละ 10 ตัว ชุดการทดลองละ 3 ตู้ ให้ปลากินอาหารจนอิ่ม วันละ 2 มื้อ เช้าและเย็น คูดตะกอนก้นตู้ก่อนให้อาหารในมือเช้า และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ทุก 2 วัน เลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งน้ำหนักรวมทุก 2 สัปดาห์ และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณ การเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาก่อนและ

หลังการทดลองเพื่อคำนวณการใช้โปรตีนสุทธิ (net protein utilization; NPU) นับจำนวนปลาทุกครั้งที่ทำ การชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณอัตราการกินอาหาร (feed intake; FI) อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) อัตรารอดตาย (survival rate; SR) และต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลากะพงขาว (product capital) เก็บตัวอย่างปลาจำนวน 5 ตัว จากแต่ละหน่วยทดลอง เพื่อชั่งน้ำหนักของเนื้อปลาและตับ เปรียบเทียบกับน้ำหนักตัว เพื่อคำนวณค่าสัดส่วนที่บริโภคได้ (carcass) และค่าดัชนีตับ (hepatosomatic index; HSI) วิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวตามแผนการทดลองแบบ CRD (One-Way Analysis of Variance in Complete Randomize Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Composition, proximate analysis and cost of the experimental Asian seabass diets

Ingredients (%)	Experimental diets				
	D1(0)	D2(25)	D3(50)	D4(75)	D5(100)
FM (65% CP)	55.39	55.39	55.39	55.39	55.39
SM (43% CP)	9.30	6.98	4.65	2.32	0
DA (26% CP)	0	3.84	7.69	11.54	15.38
Rice Bran	12	12	12	12	12
Palm oil	1.53	1.85	2.16	2.48	2.79
Rice Starch	10.78	8.94	7.11	5.27	3.44
Vitamin Mix	4	4	4	4	4
Mineral Mix	2	2	2	2	2
CMC	5	5	5	5	5
Proximate composition (% dry matter)					
Protein	40.34	40.42	40.32	40.30	40.26
Lipid	9.25	9.24	9.32	9.23	9.32
Ash	20.68	21.60	23.06	24.28	25.47
Moisture	4.32	4.50	4.57	4.35	4.46
Energy (MJ/Kg)	16.87	16.67	16.78	16.60	16.59
Diet Cost (Baht/kg)	43.62	42.56	41.50	40.44	39.38

Remark : In 1 kg of Vitamin Mix consist of vitamin A 10,000,000 IU, D3 2,000,000 IU, E 1,500 IU, thiamine 2 gm, riboflavin 2.5 gm, pantothenic acid 14 gm, pyridoxine 2 gm, cyanocobalamin 10 mg, folic 0.5gm, niacin 12 gm, K₃ 2 gm and C 20 gm. In 1 kg of Mineral Mix consist of Ca 100,000 mg, P 80,000 mg, Cu 2,500 mg, Fe 1,200 mg, Mn 1,200 mg, Zn 1,540 mg, K 260 mg, I 740 mg, Mg 2,160 mg, Se 10 mg and Co 240 mg.

ผลการวิจัย

ผลการเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารผสมที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนถั่วเหลืองป่น 5 สูตร (D1-D5) พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่าการเจริญเติบโตเฉลี่ย ประกอบด้วย น้ำหนักระหว่าง 23.89-43.12 กรัม (Table 2 and Figure 1) ความยาวระหว่าง 12.04-14.32 เซนติเมตร อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ระหว่าง 0.72-1.35 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารเฉลี่ย ประกอบด้วย อัตราการกินอาหาร (FI) ระหว่าง 37.39-69.03 กรัมต่อตัว อัตราแลกเนื้อ (FCR) ระหว่าง 2.00-3.70 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ระหว่าง 0.67-1.26 และการใช้โปรตีนสุทธิ (NPU) ระหว่าง 6.94-12.09 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีดิบ (HSI) ระหว่าง 1.23-1.54 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งพบว่าค่าเหล่านี้จากอาหารที่ผสมโปรตีนจากสาหร่าย 25 เปอร์เซ็นต์ (D2) และ 50 เปอร์เซ็นต์ (D3) ของโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) จากกลุ่มควบคุม (D1) แต่อาหารที่ผสมโปรตีนจากสาหร่าย 75 (D4) และ 100 เปอร์เซ็นต์ (D5) ของโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น มีความแตกต่างสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (D1) ขณะที่อัตราการตาย (SR) ระหว่าง 90-96.67 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนที่บริโภคได้ (carcass) ระหว่าง 48.14-49.23 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 2 ส่วนต้นทุนค่าอาหาร (Diet cost) มีราคาระหว่าง 39.38-43.62 บาทต่อกิโลกรัม (Table 1) โดยราคาอาหารจะลดลงตามสัดส่วนการทดแทนด้วยโปรตีนจากสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น และเมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลากะพงขาว 1 กิโลกรัม (product capital) มีราคาระหว่าง 83.00-145.70 บาท โดยอาหารสูตร D3 มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับอาหารสูตรอื่น ๆ ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Growth performance, survival rate, feed utilization, product capital of Asian seabass affected by proportion of soybean meal and dried *Microspora* sp. in the diets

Performances	D1	D2	D3	D4	D5
Initial weight (g)	13.13a	13.86a	13.74a	13.09a	13.69a
Final weight (g)	39.44ab	43.12a	36.70b	23.89c	27.91c
Initial length (cm)	4.80a	4.85a	4.74a	4.73a	4.73a
Final length (cm)	13.95a	14.32a	13.73a	12.04b	12.76b
SGR (%/day)	1.30a	1.35a	1.17a	0.72b	0.845b
SR (%)	96.67a	90.00a	96.67a	96.67a	90.00a
FI (g/fish)	56.24ab	69.03a	45.29bc	37.93c	48.80bc
FCR	2.16a	2.36a	2.00a	3.48b	3.70b
PER	1.15a	1.05a	1.260a	0.72ab	0.67b
NPU (%)	11.21a	10.22a	12.09a	7.09b	6.94b
Carcass (%)	48.26a	48.52a	49.23a	48.14a	48.79a
HSI (%)	1.54a	1.51a	1.43ab	1.23c	1.29bc
Product capital (Baht/kg of fish)	94.22a	100.44a	83.00b	137.50c	145.70c

Remark : The difference alphabet in the same row indicated statistical significant difference ($P<0.05$).

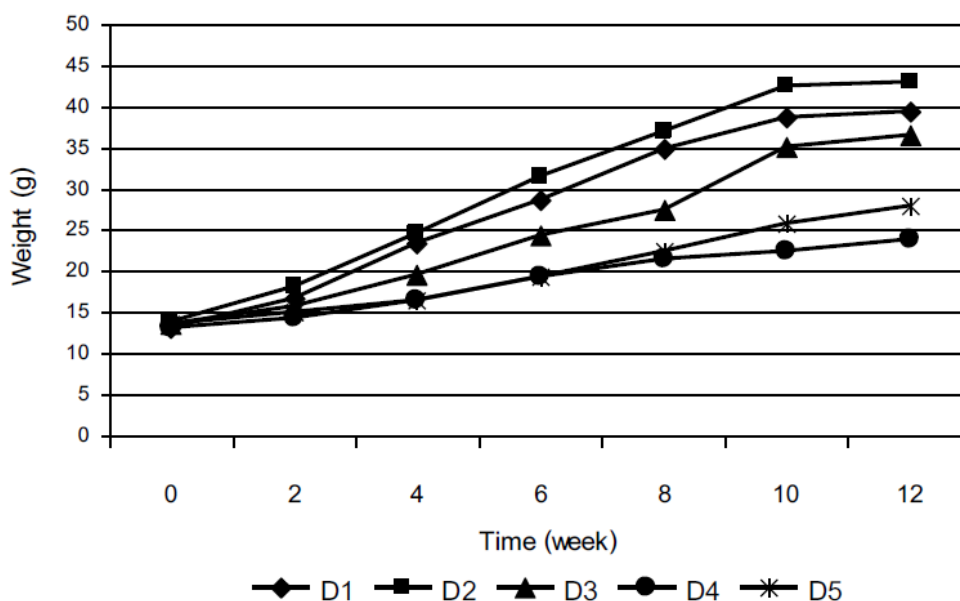


Figure 1 Average weight of Asian seabass from different diets groups within 12 weeks

วิจารณ์ผล

การเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารผสมปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองปน 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการเจริญเติบโตการเจริญเติบโต น้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ และดัชนีดีบ่บ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนเป็น 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากถั่วเหลือง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่อัตราการรอดตายและสัดส่วนที่บริโภคได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกชุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนถั่วเหลืองปนในอาหารปลากะพงขาวสามารถใช้ได้ในปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากถั่วเหลืองปน หรือเมื่อคิดเป็นปริมาณสาหร่ายที่ใช้ในสูตรอาหาร (D3) เท่ากับ 7.69 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สาหร่ายเพิ่มขึ้นเป็น 11.54 และ 15.38 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสูตร D4 และ D5 ตามลำดับ (Table 1) มีผลให้การเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักและความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ และดัชนีดีบ่บลดลง ส่วนอัตราแลกเนื้อเพิ่มสูงขึ้น (Table 2) ขณะที่ Mohammad และ Rina (2009) กล่าวว่าการใช้สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำสามารถใช้ได้ในปริมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ หากใช้มากเกินไปจะมีผลให้การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำลดน้อยลง ถึงแม้การศึกษาครั้งนี้พบว่าสาหร่ายไมโครสปอราประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 26.50 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.10 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 28.50 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับ Mohammad and Rina (2009) ที่รายงานองค์ประกอบทางโภชนาการของสาหร่าย โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนในสาหร่ายแห้ง พบว่าสาหร่าย *Cladophora glomerata* มีโปรตีน 31.60 เปอร์เซ็นต์ สาหร่าย *Hydrodictyon reticulatum* มีโปรตีน 27.70 เปอร์เซ็นต์ สาหร่าย *Ulva lactuca* มีโปรตีน 15-18 เปอร์เซ็นต์ และสาหร่าย *U. fasciata* มีโปรตีน 13-16 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางโภชนาการส่วนใหญ่ของ

สาหร่ายเหล่านี้เป็นคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้ปริมาณการใช้สาหร่ายในปริมาณไม่มาก ซึ่ง Appler (1985) ให้เหตุผลว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของพืชน้ำและสาหร่ายเป็นคาร์โบไฮเดรตประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีเพียงเล็กน้อยที่อยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรตขนาดเล็กจำพวกโมโนและไดแซคคาไรด์ ที่สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนที่เหลือจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อน จึงทำให้สัตว์น้ำย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง ทั้งนี้ความสามารถในการย่อยและการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายและสัตว์น้ำ รวมถึงขนาดของสัตว์น้ำเช่นกัน (Kut Güroy *et al.*, 2007) ดังเช่น Appler and Jauncey (1983) รายงานว่าสามารถใช้สาหร่าย *Cladophora glomerata* ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิล (*Tilapia niloticus*) ได้ 5 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Appler (1885) รายงานว่าสามารถใช้สาหร่าย *Hydrodictyon reticulatum* ในอาหารปลานิล *Oreochromis niloticus* และ *Tilapia zillii* ได้ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อใช้ในปริมาณมากกว่านี้ส่งผลให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาลดลง ขณะที่ Kut Güroy *et al.* (2007) พบว่าสามารถใช้สาหร่าย *Ulva rigida* และ *Cystoseira barbata* เป็นส่วนผสมในอาหารปลานิล *O. niloticus* ได้ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในปลากระบอก Striped mullet (*Mugil cephalus*) สามารถผสมสาหร่าย *Ulva* sp. ในอาหารได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (Wassef *et al.*, 2001)

เมื่อคำนวณราคาอาหารต่อกิโลกรัม ราคาอาหารจะลดลงตามปริมาณการลดลงของถั่วเหลืองป่นในอาหารแต่ละสูตร (Table 1) และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม พบว่าอาหารที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น 50 เปอร์เซ็นต์ (D3) มีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม เท่ากับ 83.00 บาท ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตรอื่น ๆ (Table 2) ถึงแม้ว่าอาหารสูตร D3 ไม่ได้มีราคาอาหารต่ำที่สุด แต่เมื่อคำนึงถึงอัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้โปรตีนสุทธิของปลาที่ได้รับอาหารสูตรนี้ ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (D1) จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งหากผลิตอาหารในปริมาณมากก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตปลากระพงขาวลงได้ ดังนั้นการใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนถั่วเหลืองป่นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลากระพงขาวลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้วัสดุเศษเหลือให้เกิดประโยชน์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ในการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ช่วยการวิจัยครั้งนี้จนกระทั่งการวิจัยสำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำเพื่อความสมบูรณ์ของรายงานการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, DC., USA.

- Appler, H.N. 1985. Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as protein source in feeds for *Oreochromis (Tilapia) niloticus* and *Tilapia zillii*. J. 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.
- Bonaldo, A., Roem, A.J., Pecchini, A., Grilli, E., and Gatta, P.P. 2006. Influence of dietary soybean meal levels on growth, feed utilization and gut histology of Egyptian sole (*Solea aegyptiaca*) juveniles. Aquaculture. 261: 580-586.
- Boonta, T., Chitmanat, C., and Promya, J. 2012. Effects of *Spirulina platensis*, *Cladophora* sp. and *Allium sativum* supplementary diets on growth performance, reproductive maturity, and phagocytic activity in common lowland frog (*Rana rugulosa*). J. Fish. Tech. Res. 6(1):23-35. [in Thai]
- Carter, C. G., and Hauler, R.C. 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture. 185: 299-311.
- Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W., and Liufu, Z. 2006. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture. 258: 503-513.
- Guiry, M.D., and Guiry, G.M. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [Online]. Available from <http://www.algaebase.org> [2015, July 1].
- Hardy, R. W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research. 41: 770-776.
- Kalla, A., Yoshimatsu, T., Araki, T., Zhang, D., Yamamoto, T., and Sakamoto, S. 2008. Use of *Porphyra* spheroplasts as feed additive for red sea bream. Fish. Sci. 74: 104-108.
- Kinross, J. 2011. The genus *Microspora*. Algal Web [Online]. Available from <http://algalweb.net/microsp.htm> [2013, July 3].
- Kut Güroy, B., Cirik, Ş Cirik, Güroy, D., Sanver, F., and Tekinay, A. A. 2007. Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a feed additive on growth performance, feed utilization and body composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 31: 91-97.
- Mohammad, R.H., and Rina, C. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture. FAO. Rome. 123 p.

- Muangyao, P., Pholrat, T., Chaimongkol, A., and Nooklum, W. 2013. Growth and survival rate of spotted scat (*Scatophagus argus* Linnaeus, 1766) raised on artificial diet supplemented with gutweed (*Ulva intensinalis* Linnaeus, 1753): Technical paper no. 13/2013. Coastal Fisheries Research and Development Bureau. National Institute of Coastal Aquaculture, Songkhla, Thailand. 18 p. [in Thai]
- Nualcharoen, M. 2004. Algae: Wonder in water resource. Phuket Rajabhat University. Phuket. 128 p. [in Thai]
- Sermwatanakul, A., Somsueb, P., Tongsri, N., and Wongsuwan, S. 2005. Feed and Aquatic Animals Feed Production. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand. 69 p. [in Thai]
- Tantikitti, C., Sangpong, W., and Chiavareesajja, S. 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*. 248: 41-50.
- Wang, Y., Kong, L. J., Li, C., and Bureau, D. P. 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*. 261: 1307-1313.
- Wassef, E.A., El-Masry, M.H., and Mikhail F.R. 2001. Growth enhancement and muscle structure of striped mullet, (*Mugil cephalus* L.) fingerlings by feeding algal meal-based diets. *Aquaculture Res.* 32: 315-322.