รายงานการวิจัย

ประสิทธิภาพของสาหร่ายไมโครสปอรา (*Microspora* sp. Thuret) หมักในอาหารผสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว

Efficiency of Fermented Marine Silage from Green algae (*Microspora* sp., Thuret) in Artificial Diet on Growth and Carcass Quality of Seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1970)

วรวุฒิ เกิดปราง Worawut Koedprang

ปรีดา ภูมี Preeda Phumee

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณ แผ่นดิน ประจำปีพุทธศักราช 2558

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีพุทธศักราช 2558

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ในการสนับสนุนทุนวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยการวิจัย นักศึกษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิสาหกิจศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทค โนโลยีการประมง ที่ให้การสนับสนุนต่าง ๆ จนกระทั่งการวิจัยสำเร็จลุล่วง

วรวุฒิ เกิดปราง

ปรีดา ภูมี

กรกฎาคม 2559

ประสิทธิภาพของสาหร่ายไมโครสปอรา (*Microspora* sp. Thuret) หมักในอาหารผสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว

วรวุฒิ เกิดปราง[1] และ ปรีดา ภูมี[1]

บทคัดย่อ

สาหร่ายไมโครสปอราเป็นสาหร่ายสีเขียว พบทั่วไปตามแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อย รวมทั้งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและต้องมีการกำจัดออกจากบ่ออยู่ตลอดเวลา แต่พบว่าสาหร่ายดังกล่าวมีปริมาณโปรตีน 26 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความคิดที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารปลากะพงขาวเพื่อเพิ่มมูลค่าของสาหร่ายไมโครสปอรา โดยผลิตอาหารเม็ดชนิดจมน้ำปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรตีนจากปลาป่น 36 เปอร์เซ็นต์ และถั่วเหลืองป่น 4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสูตรควบคุม (D1) และแทนที่โปรตีน จากถั่วเหลืองป่นด้วยโปรตีนจากสาหร่ายป่น 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (D2-D4) สาหร่ายหมัก 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (D5-D7) เลี้ยงปลากะพงขาวในตู้กระจกปริมาณน้ำ 96 ลิตร จำนวนตู้ละ 10 ตัว ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ให้อาหารจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จากผลก ารศึกษาพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตรารอดตาย และสัดส่วนที่บริโภคได้ของทุกชุดการทดลองไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่พบความแตกต่างของน้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ ค่าดัชนีตับ และต้นทุนการผลิต ระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าการแทนที่โปรตีนจากถั่วเหลืองป่นด้วยโปรตีนจากสาหร่ายไมโครสปอรา สามารถทดแทนได้ในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (D3) โดยไม่มีผลแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (D1) แต่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ : สาหร่ายไมโครสปอรา ปลากะพงขาว การทดแทนถั่วเหลืองป่น

---

[1]สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

Efficiency of Fermented Marine Silage from Green algae (*Microspora* sp., Thuret) in Artificial Diet on Growth and Carcass Quality of Seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1970)

Worawut Koedprang[1] and Preeda Phumee[1]

Abstract

Microspora sp. (Thuret) is green macroalgae in Division Chlorophyta. It can found in freshwater and coastal environments, including aquaculture pond. It is 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 and 75% of SM protein (D2-D4) and *Microspora* sp. silage (SA) at 25, 50 and 75% of SM protein (D5-D7). 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 shown 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 replace by dried *Microspora* sp. (D3) without performances difference to control (D1) while lowest product capital.

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

---

[1] Department of Fisheries Technology, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญตาราง	(ข)
สารบัญภาพ	(ค)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	5
วิธีดำเนินการวิจัย	6
ผลการวิจัย	9
วิจารณ์ผลการวิจัย	20
สรุปผลการวิจัย	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบวัตถุดิบอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลากะพงขาว 7 สูตร (D1-D7)	7
2	การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และต้นทุนการผลิตของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไมโครสปอราในอัตราส่วนต่างกัน	10

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	11
2	อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	12
3	อัตรารอดตาย (Survival rate; SR) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	13
4	อัตราการกินอาหาร (Feed intake; FI) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	14
5	อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; (FCR) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	15
6	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	16
7	การใช้โปรตีนสุทธิ (Net protein utilization) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	17
8	เปอร์เซ็นต์ซาก (Carcass percentage) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	18
9	ดัชนีตับ (HSI) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์	19

ภาพผนวกที่

1	สาหร่ายไมโครสปอรา	29
2	ขั้นตอนการผลิตสาหร่ายหมัก	30

บทนำ

ปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อยขนาดใหญ่ มีชื่อสามัญว่า Giant Perch หรือ Seabass และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lates calcarifer* (Bloch, 1970) เจริญเติบโตได้ดี ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่ายและโตเร็ว ปัจจุบันประเทศไทยสามารถเพาะพันธุ์ปลากะพงขาวเพื่อเลี้ยงในประเทศและส่งออก ไปต่างประเทศ เช่น ไต้หวัน สิงค์โปร์ มาเลเซีย ฮ่องกง และประเทศจีน เป็นต้น (กรมประมง , 2536) ปลากะพงขาวจัดเป็นปลากินเนื้อ อาหารที่ให้ควรมีโปรตีนประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ (อมรรัตน์ และคณะ , 2548)

ปลากินเนื้อต้องการโปรตีนในอาหารสูง แหล่งโปรตีนหลักในอาหารสัตว์น้ำคือ อ ปลาป่น ปัจจุบันปลาป่นมีราคาแพงเนื่องจากปริมาณการผลผลิตลดลง กอปรกับมีความต้องใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ซึ่งรวมทั้งสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อาหารสัตว์น้ำมีราคาแพง จึงมีการศึกษาแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น เช่น กากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่นิยมใช้ทดแทนปลาป่น ในอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากมีโปรตีนสูง และมีราคาถูกกว่าปลาป่น (Bonaldo *et al*., 2006 ; Carter and Hauler, 2000) แม้ว่ากากถั่วเหลืองเป็นแหล่งทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำได้ดี มีรายงานว่าการผสมกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงมี ผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโต เนื่องจาก กากถั่วเหลืองมีสารต้านโภชนะ (antinutritional factors; ANFs) และความไม่สมดุลของกรดอ ะมิโน (Deng *et al*., 2006 ; Wang *et al*., 2006) Tantikitti *et al*. (2005) ศึกษาการทดแทนปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองในปลากะพงขาว พบว่า สามารถทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากกากถั่วเหลืองได้ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต หากผสมกากถั่วเหลืองมากกว่านี้ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลง

นอกจากกากถั่วเหลืองยังมีวัตถุดิบอาหารอีกหลายชนิดที่นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น เช่น การใช้ใบกร ะถิ่นป่นในปลาโมง (รัตนสุดา, 2552) แหนแดงในอาหารปลานิล (Fiogbe, 2004) นอกจากนี้สาหร่ายก็เป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งที่มีการศึกษาการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ดังเช่น *Ulva intestinalis* ในอาหารปลาตะกรับ (เพ็ญศรี และคณะ , 2556) สาหร่าย *Spirulina platensis* และ *Cladophora* sp. ในอาหารกบนา (เทพพิทักษ์ และคณะ , 2555) ในปลานิลมีการใช้สาหร่าย *Cladophora glomerata* (Appler and Jaunce, 1983) สาหร่าย *Ulava rigida* และ

Cystoseira barbata (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 (ภาพผนวกที่ 1) พบทั้งลอยน้ำอย่างอิสระ หรือเกาะกับวัตถุใต้น้ำ (มัณฑนา, 2547 ; Kinross, 2011) พบเจริญได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม แต่ส่วนมากจะพบในน้ำจืด (Guiry and Guiry, 2013) Krivograd Klemenčič *et al*. (2007) รายงานว่าพบสาหร่าย *M. amoena* และ *M. pachyderma* ในทะเลสาบน้ำกร่ อย Fiesa และปากแม่น้ำ Dragonja ในประเทศสโลวีเนีย และ Rukminasari and Redden (2011) รายงานว่าพบสาหร่าย *Microspora* sp. ในทะเลสาบน้ำกร่อย Myall ในเขตนิวเซาท์เวล ประเทศออสเตรเลีย Christensen (1985) รายงานว่าพบ *M. ficulina* อาศัยอยู่กับฟองน้ำทะเล Aftab and Shameel (2008) ในประเทศไทยพบสาหร่าย *Microspora* spp. ในแหล่งน้ำจืดทางภาคเหนือ และตะวันออกเฉลียงเหนือ เช่น ในลำน้ำน่าน พบสาหร่าย *M. floccosa*, *M. pachyderma* และ *Microspora.* sp. อีก 2 ชนิด และสาหร่าย *Cladophora* spp. ซึ่งอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวเช่นเดียวกัน และเรียกรวม ๆ ว่า สาหร่ายไก และสาหร่ายเหล่านี้ได้นำมาบริโภคและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด และพบว่าสาหร่ายในกลุ่มสาหร่ายไก มีปริมาณโปรตีนประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ และมีวิตามิน เกลือแร่อีกหลายชนิด (ยุวดี, 2551) Khalid *et al*. (2011) พบว่า สาหร่าย *M. floccosa* มีกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวประเภทละ 11 ชนิด จากรายงานคุณค่าทางโภชนาการและการนำไปใช้ประโยชน์ในการบริโภคของสาหร่าย *Microspora* spp. จึงเห็นว่าสาหร่ายชนิดนี้น่าจะสามารถนำมาเป็นแหล่งโปรตีนในส่วนผสมของอาหารสัตว์น้ำได้ แต่อย่างไรก็ตาม Mohammad and Rina (2009) กล่าวว่า การใช้สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำสามารถใช้ได้ในปริมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ หากใช้มากเกินกว่านี้จะมีผลให้การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำลดน้อยลง และหากใช้สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำเพียงอย่างเดียวจะทำให้สัตว์น้ำมีรูปร่างผิดปกติ Appler (1985) ให้เหตุผลว่า เนื่องจากพืชน้ำและสาหร่ายส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีเพียงเล็กน้อยที่อยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรตขนาดเล็ก พวกโมโนและไดแซคคาไรด์ ที่สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนที่เหลือจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อน จึงทำให้สัตว์น้ำย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

อาหารสัตว์หมัก (silage) ที่ได้จากหมักพืช เช่น หญ้า ผัก ผลไม้ ต้นหรือรากพืช เมล็ดพืช เศษซากปลาหรือไก่ และเศษเหลือจากการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรอื่น ๆ ด้วยกรดแลคติก ที่เกิดจากการหมักของแบคทีเรียภายใต้สภาวะไ รอากาศ (anaerobic) แบคทีเรียจะใช้น้ำตาลจากพืช โดยการย่อยเซลลูโลส และคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและและ สร้าง volatile fatty acids (VFAs) เช่น กรดอะซีติก กรดแลคติก และกรดโปรปิโอนิค เป็นต้น ที่ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลิทรีย์ ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ ช่วยรักษาคุณค่าทางอาหาร ไม่ให้สูญสลาย และสามารถเก็บอาหารหมักไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้วิธีการถนอมอื่น ๆ (Moran, 2005 ; Chiba *et al*., 2005 ; Wikipedia, 2013) และโปรตีนจะถูกย่อยกลายเป็นกรดอะมิโน (Allagheny และคณะ, 1996) นอกจากนี้แบคทีเรียหลายชนิดในการหมักสามารถสร้างวิตามิน เช่น *Lactobacillus* sp. สร้างกรดโฟลิค และวิตามินบี 3 และการหมักในสภาวะที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่ม ความอยากอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารให้แก่สัตว์ได้ (Wikipedia, 2013) การหมักยัง ช่วยลดสารต้าน โภชนะ (anti-nutritional factors; ANFs) ในวัตถุดิบอาหารจากผลของกรดแล คติก (Cruz *et al*., 2011) รวมทั้งลด ความเป็นพิษของสารไนเตรทที่สะสมอยู่ในพืชที่ได้รับการใส่ ปุ๋ยมากเกินไป (FAO, n.d.)

Cruz และคณะ (2011) ศึกษาการหมักพืชน้ำ ได้แก่ แหนเป็ด *Lemna minor* (Duckweed) แหนเป็ดใหญ่ *Spirodelapolyrhiza* (Giant Duckweed) แหนแดง *Azolla filiculoides* (fern Azolla) และผักตบชวา *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) เพื่อใช้เป็นอาหารปลา พบว่า การหมักมีผลให้ปริมาณเถ้า เยื่อใย และสารต้านโภชนะในพืชหมักลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับ พืชน้ำที่ไม่ผ่านการหมัก Uchida and Miyoshi (2010) กล่าวว่า marine silage หรือวัตถุดิบอาหาร สัตว์น้ำที่ได้จากสาหร่ายที่ผ่านกระบวนการหมักสามารถใช้ทดแทนปลาป่นและช่วยเสริมสร้าง สุขภาพของสัตว์น้ำได้ และ Uchida and Miyoshi (2013) รายงานการศึกษาการหมักสาหร่ายทั้ง สาหร่ายขนาดเล็ก (microalgae) และสาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae หรือ seaweed) ด้วยการเติม แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus* sp.) ดังเช่น Uchida *et al*. (2004) ใช้สาหร่ายวากาเมะ (Wakame ; *Undaria pinnatifida*) ที่ผ่านกระบวนการหมักจนเกิดการย่อยสลายในการเลี้ยงหอยมุก (*Pintada martensii*) และ Uchida (2007) ทดลองใช้สาหร่าย *Eckolnia maxima* (sea bamboo) หมัก ในอาหารปลา Red sea bearm และทดสอบด้วยเชื้อไวรัส พบว่าสามารถลดอัตราการตายของปลา

จากเชื้อไวรัสได้ Felix and Pradeepa (2011) ศึกษาการหมักสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva reticulata*) เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับลูกกุ้งกุลาดำ

ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำสาหร่ายโมโครสปอรามาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารปลากะพงขาว แต่เนื่องจากปลากะพงขาวเป็นปลากินเนื้อ ความสามารถในการย่อยโปรตีนจากพืชไม่ดีเท่าที่ควร การทำอาหารสัตว์หมัก (silage) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการย่อยของปลา เนื่องจากการหมักจะช่วยทำให้โครงสร้างของสาหร่ายถูกย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลง และเซลลูโลสที่เป็นส่วนผนังของเซลล์ที่สัตว์น้ำไม่สามารถย่อยได้ก็จะถูกย่อยโดยกระบวนการหมักช่วยให้สัตว์น้ำสามารถย่อยได้ดีขึ้น นอกจากนี้การหมักยังทำให้โมเลกุลของ โปรตีนมีขนาดเล็กลงอยู่ในรูปของเปปไทด์และกรดอะมิโน และช่วยกำจัด สารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors) ตลอดจนปรับปรุงความอยากอาหาร และแบคทีเรียในการหมักบางชนิดยังช่วยสร้างวิตามิน เช่น กรดโฟลิค และวิตามินบี 12 อีกด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการใช้สาหร่ายไมโครสปอราหมักในการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นและกากถั่วเหลือง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตปลากะพงขาว อีกทั้งเป็นการนำวัสดุที่ไม่มีคุณค่าและประโยชน์มาพัฒนาให้สามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพซากของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสาหร่ายไมโครสปอราหมัก

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสาหร่าย *Microspora* sp.

1) สาหร่าย *Microspora* sp. แห้ง

ทำการเก็บสาหร่ายจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง เลือกเศษพืชและสัตว์ที่ติดมากับสาหร่าย ล้างทำความสะอาด อบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง บดสาหร่ายให้เป็นผง เก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทและแช่ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับใช้เป็นส่วนผสมของอาหารปลากะพงขาว

2) สาหร่าย *Microspora* sp. หมัก

ทำการหมักสาหร่าย โดยดัดแปลงวิธีการทำอาหารสัตว์หมัก (silage) ของ FAO (n.d.) และ Chiba และคณะ (2005) โดยใช้สาหร่ายที่ล้างสับให้มีขนาดประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร อบจนแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 ชั่วโมง และนำมาบดให้ละเอียด ก่อนทำการหมักเติมน้ำเพื่อให้มีความชื้น ประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ สังเกตโดยวิธี grab test (FAO, n.d.) ใช้มือกำสาหร่ายให้แน่นเป็นก้อนขนาดประมาณ 0.5-1 นิ้ว ประมาณ 20-30 วินาที และแบมือออกอย่างรวดเร็ว สังเกตสาหร่ายจะขยายตัวออกอย่างช้า ๆ ที่ผ่ามือมี ความชื้นแต่ไม่มีน้ำไหลออกมา เติมกากน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสาหร่ายโดยการละลายกากน้ำตาล 1 ส่วน ด้วยน้ำสะอาด 1 ส่วน และพ้นให้ทั่วสาหร่าย บรรจุสาหร่ายลงในถุงพลาสติกหนาอัดให้แน่นจนไม่มีอากาศภายในปิดถุงให้สนิทและซ้อนด้วยถุงพลาสติกปิดสนิทหลาย ๆ ชั้น เพื่ อป้องกันการรั่วและซึมของอากาศทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องจนการหมักสมบูรณ์ ใช้ไว้เป็นเวลา 20 วัน นำสาหร่ายหมักอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท สำหรับใช้เป็นส่วนผสมของอาหารปลากะพงขาว (ภาพผนวกที่ 2)

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายหมักและไม่หมัก ได้ แก่ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl ไขมัน ด้วยวิธี Soxhlet ความชื้น และเถ้า (AOAC, 1990) ปริมาณแร่ธาตุ และกรดไขมัน เป็นต้น

การศึกษาสัดส่วนทดแทนของสาหร่ายหมักในอาหารปลากะพงขาว

1) ผลิตอาหารผสมที่มีปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่ วนของแหล่งโปรตีน คือ ถั่วเหลืองป่น (SM) 10 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากปลาป่น (FM) และใช้สาหร่าย *Microspora* sp. ที่ผ่านการหมัก (SA) และไม่หมัก (DA) เพื่อทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลือง ที่ระดับ 0 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนประกอบของวัตถุดิบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบวัตถุดิบอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลากะพงขาว 7 สูตร

Ingredients (%)	Experimental diets						
	D1(DA0)	D2(DA25)	D3(DA50)	D4(DA75)	D5(SA25)	D6(SA50)	D7(SA75)
FM (65% CP)	55.39	55.39	55.39	55.39	55.39	55.39	55.39
SM (43% CP)	9.30	6.98	4.65	2.33	6.98	4.65	2.33
DA (26% CP)	0	3.84	7.69	11.54	0	0	0
SA	0	0	0	0	3.84	7.69	11.54
Rice Bran	12	12	12	12	12	12	12
Palm oil	1.53	1.85	2.16	2.48	2.79	2.79	2.79
Rice Starch	10.78	8.94	7.11	5.27	3.44	3.44	3.44
Vitamin Mix	4	4	4	4	4	4	4
Mineral Mix	2	2	2	2	2	2	2
CMC	5	5	5	5	5	5	5
Proximate composition (% dry matter)							
Protein	40.34	40.42	40.32	40.30	40.56	40.37	40.64
Lipid	9.25	9.24	9.32	9.23	9.31	9.08	9.13
Ash	20.68	21.60	23.06	24.28	22.01	23.22	24.10
Moisture	4.32	4.50	4.57	4.35	4.53	4.24	4.42
Energy (MJ/Kg)	16.87	16.67	16.78	16.60	16.87	16.67	16.50
Diet Cost (Baht/kg)	43.62	42.56	41.50	40.44	42.56	41.50	40.44

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, K_3 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.

2) เตรียมตู้เลี้ยงปลา ขนาด 80 x 40 x 50 เซนติเมตร ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร และให้อากาศตลอดเวลา จำนวน 21 ใบ

3) คัดเลือกปลากะพงขาว ขนาดประมาณ 5 เซนติเมตร จำนวนหน่วยการทดลองละ 10 ตัว ชั่งน้ำหนักรวมของปลาแต่ละหน่วยการทดลอง โดยแบ่งเป็น 7 ชุดการทดลอง จำนวนชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

4) ให้อาหารวันละ 2 เวลา เช้า และเย็น ให้อาหารทดลองจนปลากิ นอิ่ม และเศษอาหารน้อยที่สุด ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทุก 2 วัน เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำ ทำการเลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เปลี่ยนถ่ายน้ำทุกสัปดาห์

5) การเก็บข้อมูล

5.1) ทำการชั่งน้ำหนักรวมทุก 2 สัปดาห์ และบันทึกปริมาณอาหารที่กินของปลาแต่ละหน่วยการทดลอง เพื่อใช้คำนวณการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยศึกษาค่า PER (Protein Efficiency Ratio) และ NPU (Net Protein Utilization)

5.2) ตรวจนับจำนวนปลาแต่ละหน่วยการทดลอง เพื่อหาอัตราการรอดตาย

5.3) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายหมักและไม่หมัก และ อาหารผสมแต่ละสูตร

5.4) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาก่อนและหลังการทดลอง เพื่อคำนวณค่า PER และ NPU

5.5) หาอัตราส่วนที่บริโภคได้ (เปอร์เซ็นต์ซา ก; carcass percentage) ดัชนีตับ (hepatosomatic index)

5.6) คำนวณต้นทุนการผลิตอาหารแต่ละสูตร

6) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ทางเดียว ตามแผนการทดลองแบบ CRD (One-way Analysis of Variance in Complete Randomize Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

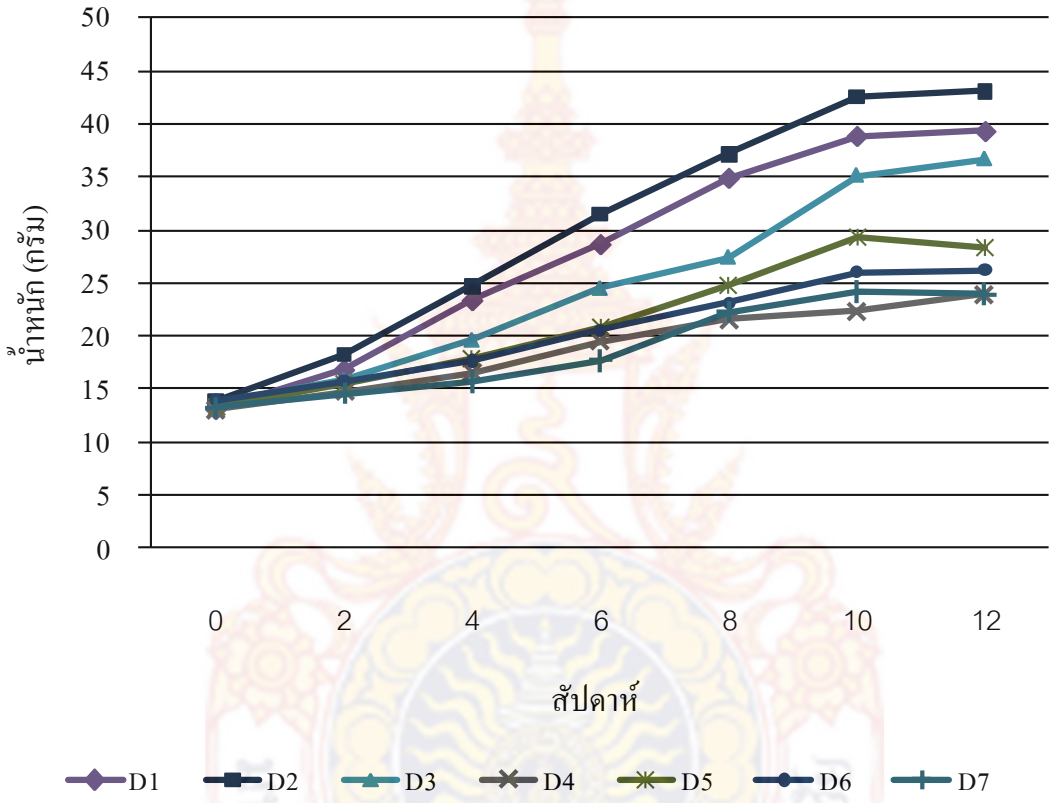
ผลการเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราแห้งและสาหร่ายหมักทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่นที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตร D1 ไม่ใช้สาหร่าย (0 เปอร์เซ็นต์) สูตร D2-D4 ทนแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่นด้วยสาหร่ายแห้ง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสูตร D5-D7 ทนแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่นด้วยสาหร่ายหมัก 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปลากะพงขาวมี น้ำหนักเริ่มต้น ระหว่าง 13.09-13.86 กรัม และความยาวเริ่มต้น ระหว่าง 4.56-4.85 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าการเจริญเติบโต ประกอบด้วย น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระหว่าง 23.89-43.12 กรัม ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระหว่าง 12.04-14.32 เซนติเมตร (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ระหว่าง 0.72-1.35 กรัมต่อวัน (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2) อัตราการกินอาหาร (FI) 35.458-69.03 กรัมต่อตัว (ตารางที่ 2 และภาพที่ 4) อัตราแลกเนื้อ (FCR) ระหว่าง 2-3.92 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 5) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ระหว่าง 0.72-1.26 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 6) การใช้โปรตีนสุทธิ (NPU) ระหว่าง 7.09-12.09 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 7) และดัชนีตับ (HIS) ระหว่าง 1.23-1.54 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 9) ซึ่งทั้งหมดมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าการใช้สาหร่ายไมโครสปอราแห้งทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่นปริมาณ 25-50 เปอร์เซ็นต์ (D2 และ D3)ให้ผลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (D1) แต่เมื่อเพิ่มสาหร่ายแห้งเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ (D4) และใช้สาหร่ายหมัก 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (D5-D7) มีผลน้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้โปรตีนสุทธิต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และอัตราแรกเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (P<0.05) ส่วนอัตรารอดตาย ระหว่าง 86.67-96.67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3) และเปอร์เซ็นต์ซาก 47.61-49.23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 8) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนต้นทุนของค่าอาหารมีราคาระหว่าง 40.44-43.62 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1) และเมื่อคำนวณ

ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา กะพงขาว 1 กิโลกรัม มีราคาระหว่าง 83-158.52 บาท ซึ่งไม่มีค วาม แตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงใน ตารางที่ 2

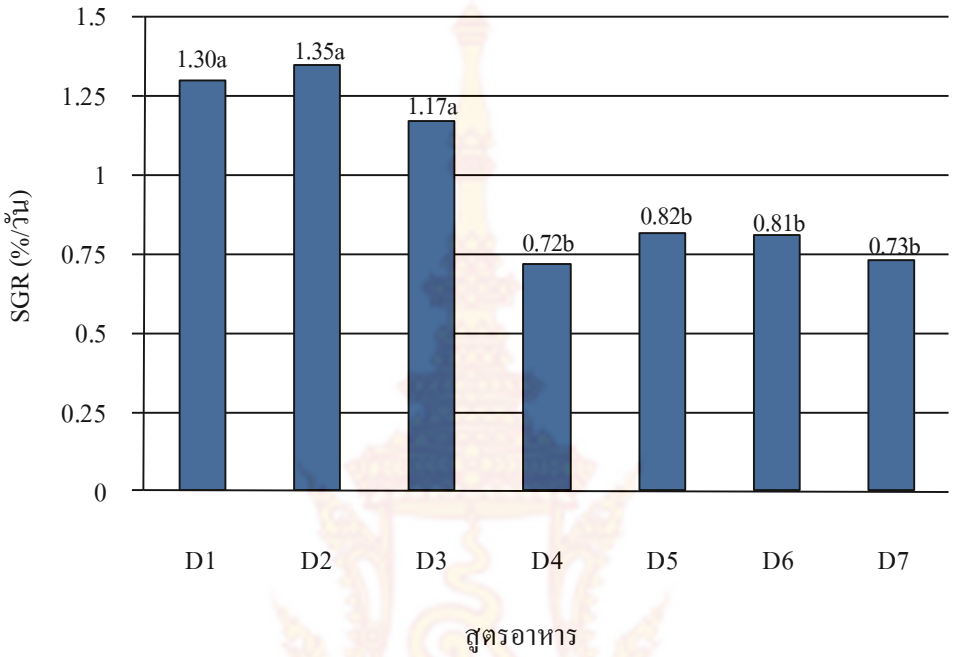
ตารางที่ 2 การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และต้นทุนการผลิต ของปลา กะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไมโครสปอราในอัตราส่วนต่างกัน

Performances	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Initial weight (g)	13.13a	13.86a	13.74a	13.09a	13.40a	13.56a	13.23a
Final weight (g)	39.44ab	43.12a	36.70b	23.89c	28.43c	26.23c	23.92c
Initial length	4.80a	4.85a	4.74a	4.73a	4.76a	4.56a	4.61a
Final length	13.95a	14.32a	13.73a	12.04b	12.78b	12.57b	12.30b
SGR (%/day)	1.30a	1.35a	1.17a	0.72b	0.82b	0.81b	0.73b
SR (%)	96.67a	90.00a	96.67a	96.67a	90.00a	86.67a	90.00a
FI (g/fish)	56.24ab	69.03a	45.29bc	37.93c	43.27bc	40.01bc	35.48c
FCR	2.16a	2.36a	2.00a	3.48b	2.78b	3.29b	3.92c
PER	1.15a	1.05a	1.26a	0.72b	0.89b	0.76b	0.6b
NPU (%)	11.21a	10.22a	12.09a	7.09b	9.59b	9.05b	7.40b
Carcass (%)	48.26a	48.52a	49.23a	48.14a	48.02a	48.75a	47.61a
HSI (%)	1.54a	1.51a	1.43a	1.23b	1.44a	144a	1.52a
Product capital (Baht/kg of fish)	94.22b	100.44b	83.00a	137.50c	118.32b	136.54c	158.52d

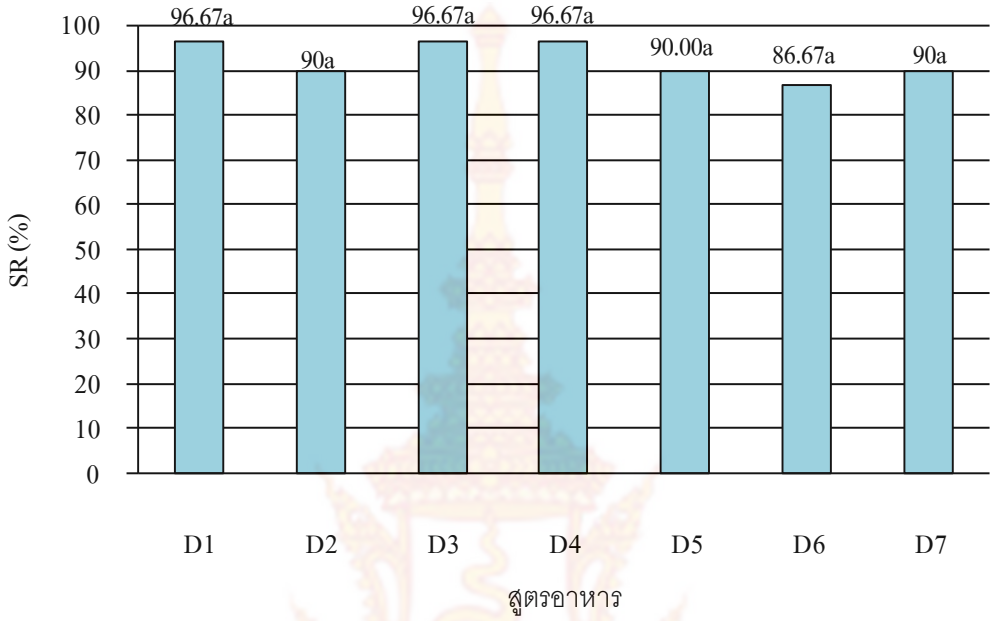
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05).
SGR; Specific growth rate, SR; Survival rate, FI; Feed intake, FCR; Feed conversion ratio, PER; Protein efficiency ratio and NPU; Net protein utilization



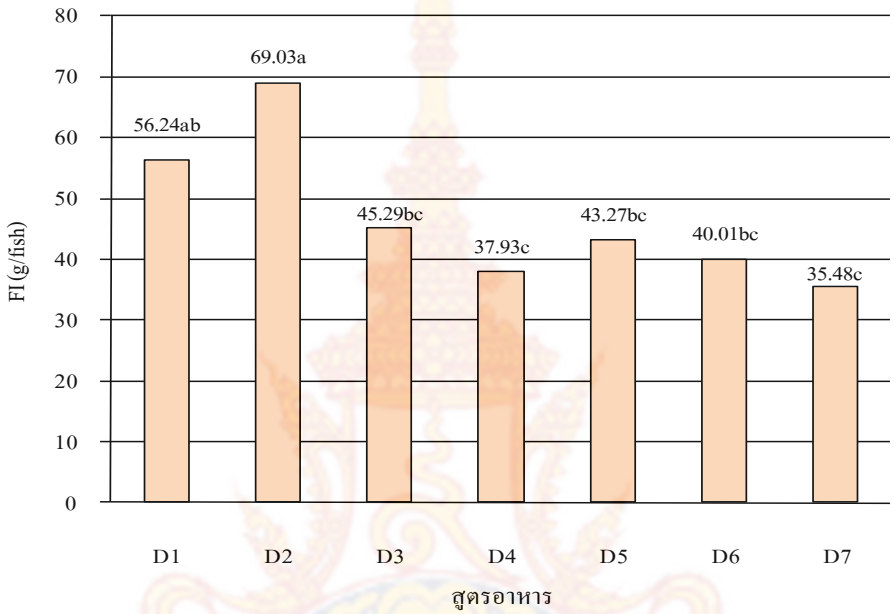
ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



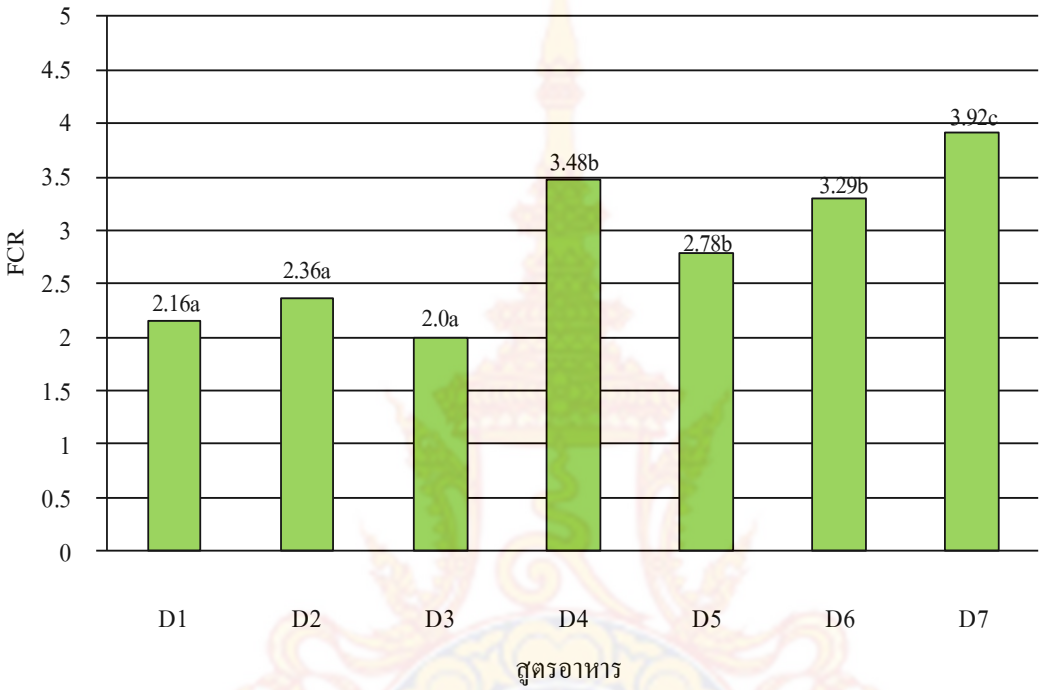
ภาพที่ 2 อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



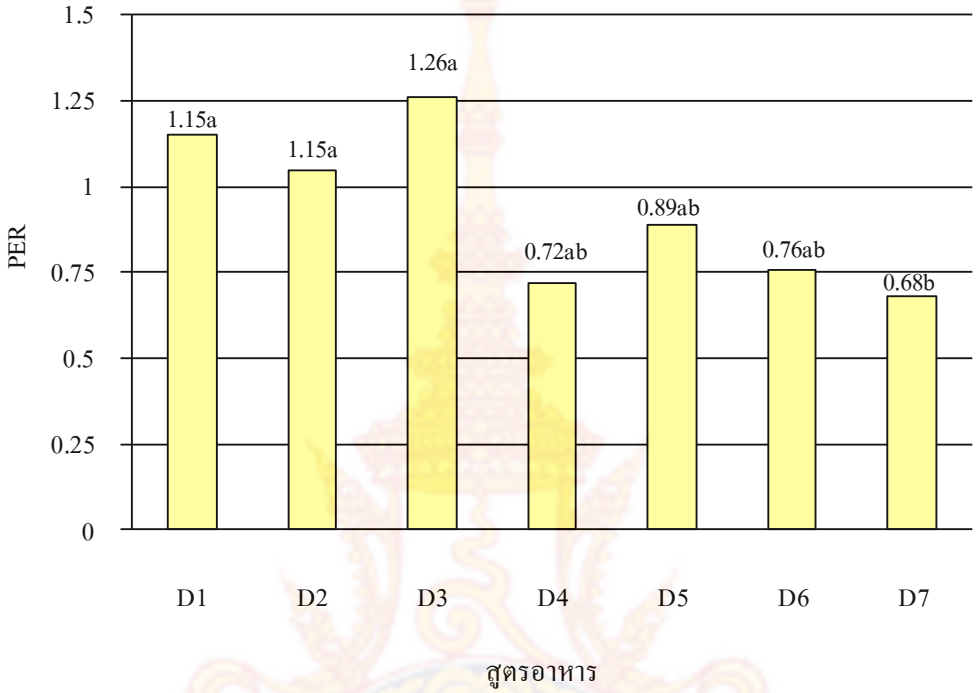
ภาพที่ 3 อัตรารอดตาย (Survival rate; SR) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



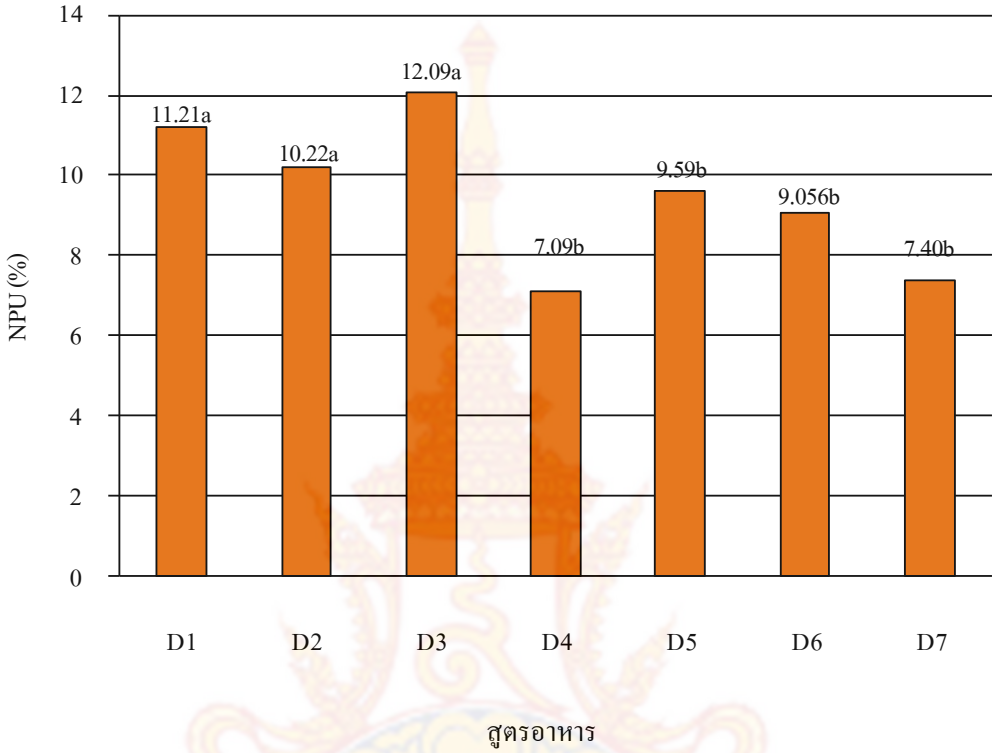
ภาพที่ 4 อัตราการกินอาหาร (Feed intake; FI) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



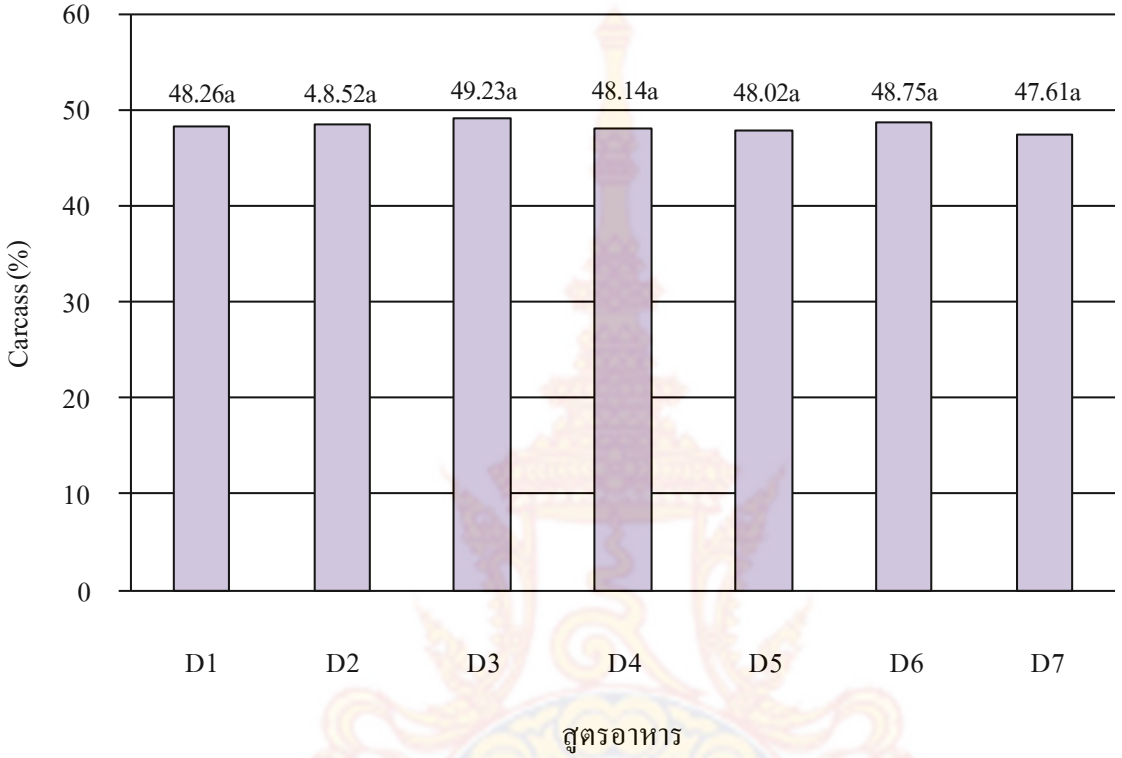
ภาพที่ 5 อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



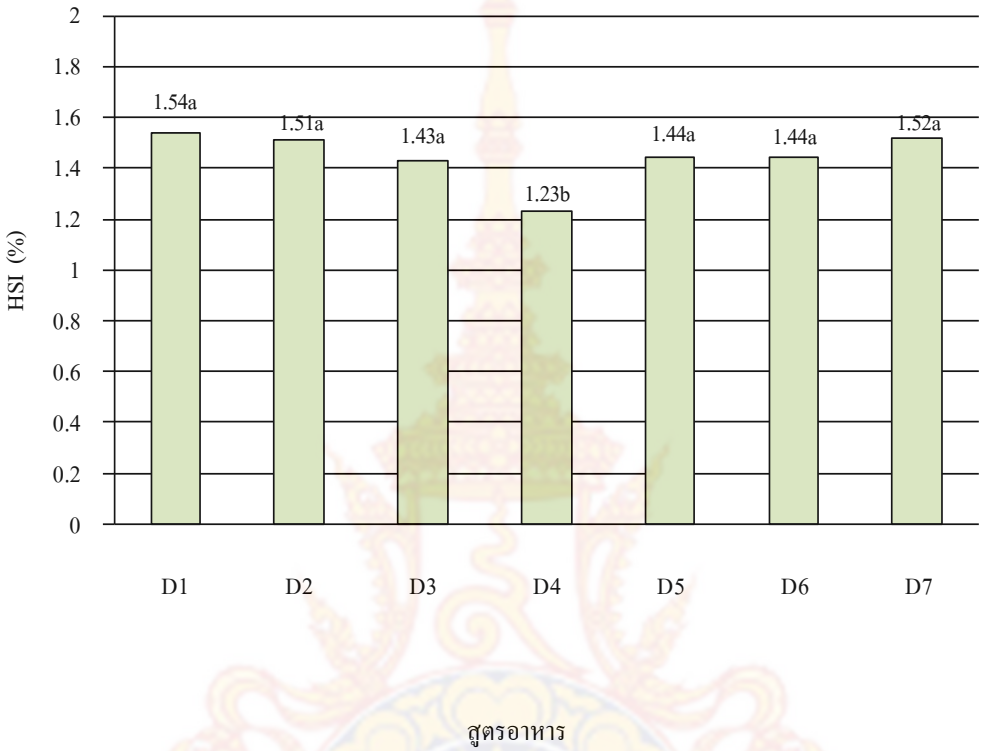
ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) เฉลี่ยของปลากะพงขาว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 7 การใช้โปรตีนสุทธิ (Net protein utilization; NPU) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์ซาก (Carcass percentage) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 9 ดัชนีตับ (Hepatosomatic Index; HSI) เฉลี่ย ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร D1-D7 เป็นเวลา 12 สัปดาห์

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารผสมปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (D1-D3)ให้ผลการเจริญเติบโตการเจริญเ ติบโต น้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ และดัชนีตับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากถั่วเหลือง และใช้สาหร่ายหมักทดแทนโ ปรตีนจากถั่วเหลือง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (D4-D7) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ขณะที่อัตรารอดตายและสัดส่วนที่บริโภคได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกชุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนถั่วเหลืองป่นในอาหารปลากะพงขาวสามารถใช้ได้ในปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น หรือเมื่อคิดเป็นปริมาณสาหร่ายที่ใช้ในสูตรอาหาร (D3) เท่ากับ 7.69 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สาหร่ายเพิ่มขึ้นเป็น 11.54 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสูตร D4 (Table 1) มีผลให้การเจริญเติบทั้งน้ำหนักและความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ และดัชนีตับลดลง ส่วนอัตราแลกเนื้อเพิ่มสูงขึ้น (Table 2) ขณะที่ Mohammad and Rina (2009) กล่าวว่าการใช้สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำสามารถใช้ได้ในปริมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ หากใช้มากเกินกว่านี้จะมีผลให้การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำลดน้อยลง 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. fascita* มีโปรตีน 13-16 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางโภชนาการส่วนใหญ่ของสาหร่ายเหล่านี้เป็นคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้ปริมาณการใช้สาหร่ายในปริมาณไม่มาก ซึ่ง Appler (1985) ให้เหตุผลว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของพืชน้ำและสาหร่ายเป็นคาร์โบไฮเดรตประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีเพียงเล็กน้อยที่อยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรตขนาดเล็กจำพวกโมโนและไดแซคคาไรด์ ที่สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนที่เหลือจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อน จึงทำให้สัตว์น้ำย่อย

และนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง 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 ซึ่งเมื่อใช้ในปริมาณมากกว่านี้มีผลให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาลดลง 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)

ขณะที่การใช้สาหร่ายไมโครสปอราหมักทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีผล ให้ผลการเจริญเติบโตการเจริญเติบโต น้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โป รตีนสุทธิ และดัชนีตั บ แตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ถึงแม้ผลการศึกษาข้างต้นพบว่าสามารถใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองในอาหารปลากะพงได้ ถึง 50 เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีผลแต่ต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อใช้สาหร่ายไมโครสปอราที่ผ่านกระบวนการหมักพบว่า การใช้เพียง 25 เปอร์เซ็นต์ ก็มีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากะพงขาวโดยพบว่าปลามีการกินอาหารที่ลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออัตราการกินอาหาร (FI) ที่ลดลง และส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (ตารางที่ 2) Hardy *et al*. (1983) และ Hardy (2010) กล่าวว่ากระ บวนการหมัก วัตถุดิบมีผลให้เกิดกรด เมื่อนำไปผลิตอาหารปลาจะทำให้อาหารมีความเป็นกรดสูง จะมีผลต่อการยอมรับอาหารและการทำงานของน้ำย่อยโปรตีน (protease) ในทางเดินอาหาร ด้วยเหตุนี้จึง ส่งผลต่ออัตราการกินอาหารและ การเจริญเติบโตของปลา กะพงขาวที่ลดลง ซึ่งสัตว์น้ำแต่ละชนิ ดสามารถยอมรับอาหารที่มีความเป็นกรด- ด่างที่แตกต่างกัน ดังเช่น Fernandez (1995) รายงานว่า กุ้งทะเล *Penaeus indicus* และ *Metapenaeus dobsoni* จะยอมรับอาหารที่มีความเป็นกรด- ด่าง ระหว่าง 7-9 และการยอมรับอาหารจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความ

เป็นกรด-ด่างของอาหารเท่ากับ 6 หรือ 10 ดังนั้นจึงควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหารต่อการยอบรับและการนำไปใช้ในปลากะพงขาวต่อไป

เมื่อคำนวณราคาอาหารต่อกิโลกรัม ราคาอาหารจะลดลงตามปริมาณการลดลงของถั่วเหลืองป่นในอาหารแต่ละสูตร (Table 1) และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนค่าอ าหารต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม พบว่าอาหารที่ใช้สาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองป่น 50 เปอร์เซ็นต์ (D3) มีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม เท่ากับ 83.00 บาท ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตรอื่น ๆ (Table 2) ถึงแม้ว่าอาหารสูตร D3 ไม่ได้มีราคาค่าอาหารต่ำที่สุด แต่เมื่อคำนึงถึงอัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้โปรตีนสุทธิของปลาที่ได้รับอาหารสูตรนี้ ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (D1) จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งหากผลิตอาหารในปริมาณมากก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตปลากะพงขาวลงได้ และหากบางช่วงฤดูกาลหรือในอนาคตที่ขาดแคลนถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผลให้ราคา ถั่วเหลืองมีการปรับสูงขึ้น การใช้สาหร่ายไมโครสปอราเป็นวัสดุทดแทนน่าจะเป็นอีกท างเลือกหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลากะพงขาว ลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้วัสดุเศษเหลือให้เกิดประโยชน์ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและทำลายสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการ กินอาหาร อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้โปรตีนสุทธิ และอัตรารอดตายของปลากะพงขาว ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไมโครสปอราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลือง 25-50 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม
2. การสาหร่ายไมโครสปอราหมักในอาหา รปลากะพงขาวมีผลต่อการยอมรับและอัตราการกินอาหารที่ลดลง มีผลให้การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากะพงขาวลดลง

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำกร่อย. โรงพิมพ์ชุมุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 43 น.

เทพพิทักษ์ บุญทา, ชนกันต์ จิตมนัส และ จงกล พรมยะ. 2555. ผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโตความสมบูรณ์เพศและการกำจัดสิ่งแปลกปลอมในกบนา (*Rana rugulosa*). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 6 : 23-35.

เพ็ญศรี เมืองเยาว์, ทศพล พลรัตน์, อัตรา ไชยมงคล และ ไวทัศน์ หนูกล่ำ. 2556. การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาตะกรับ (*Scatoophagus argus* Linnaeus, 1766) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753). *ใน* รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2556. น. 57-58.

มัณฑนา นวลเจริญ. 2547. สาหร่าย : สิ่งมหัศจรรย์ในแหล่งน้ำ. มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. ภูเก็ต. 128 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2551. งานวิจัยสาหร่ายน้ำจืดที่กินได้ในภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 2 : 178-189.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล, พิสมัย สมสืบ, นุชนรี ทองศรี และสาวิตรี วงศ์สุวรรณ. 2548. อาหารและการผลิตอาหารสัตว์น้ำ. โรงพิมพ์ชุมุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 69 น.

Allagheny, N., Obanu, Z.A., Campbell-Platt, G., Owens, J.D. 1996. Control of ammonia formation during *Bacillus subtilis* fermentation of legume. Food Microbiol. 29 : 321-333.

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

Appler, H.N., 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., 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.

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.

Chiba, S., Chiba, H., Yagi, M. 2005. A Guide for Silage Making and Utilization in the Tropical Regions. Japan Livestock Technology Association. Japan. 29 p.

Christensen, T. 1985. *Microspora ficulinae*, a Green Alga Living in Marine Sponges. Br. Phycol. J. 20 : 5-7.

Cruz, Y., Kijora, C., Wedler, E., Danier, J., Schulz, C. 2011. Fermentation properties and nutritional quality of selected aquatic macrophytes as alternative fish feed in rural areas of the Neotropics. Livestock Research for Rural Development. 23 : Article No. 239. [online] http://www.lrrd.org/lrrd23/11/cruz23239.htm (accessed on July 6, 2013)

Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W., 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.

Felix, S., Pradeepa, P. 2011. Seaweed (*Ulva reticulata*) based fermented marine silage feed preparation under controlled conditions for Penaeus monodon larval development. J. Marine Sci. Res. Development. 1:103. doi:10.4172/2155-9910.1000103.

Fernandez C.H. 1995. Chemoreception studies in relation to feeding responses in the marine shrimps *Penaeus indicus* H. Milne Edwards and *Metapenaeus dobsoni* Miers, Ph.D. Thesis, Cochin University of Science and Technology, India.

Fiogbe, E. D., Micha, J.C., Hove, van C. 2004. Use of a natural aquatic fern, Azolla microphylla, as a main component in food for the omnivorous phytoplanktonophagous tilapia, *Oreochromis niloticus* L. J. Appl. Ichthyol. 20: 517–520.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. n.d. Silage making for small scale farmers. United States Agency for International Development. [online]

http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADQ897.pdf (accessed on July 6, 2013)

Guiry, M.D., Guiry, G.M. 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [online] http://www.algaebase.org. (accessed on July 1, 2013)

Hardy R. W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research. 41: 770-776.

Hardy R.W., Shearer K.D., Stone F.E. and Weig D.H. 1983. Fish silage in aquaculture diets. J. World Maricult. Soc. 14: 695-703.

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.

Kalla, A., Yoshimatsu, T., Araki, T., Zhang, D., Yamamoto, T., Sakamoto, S. 2008.
Use of *Porphyra spheroplasts* as feed additive for red sea bream. Fisheries Science. 74: 104-108.

Khalid, M.N., Mustafa, S., Ahmad, V.U. 2011. Bioactivity and phycochemical studies on *Microspora floccose* (Cholrophycota) from Shidh. Pak. J. Bot. 43 : 2557-2560.

Kinross, J. 2011. The genus Microspora. Algal Web. [online] http://algalweb.net/microsp.htm. (accessed on July 3, 2013)

Krivograd Klemenčič, A., Vrhovšek, D., Smolar-Žvanut, N. 2007. Microplanktonic and micro-benthic algal assemblages in the coastal brackish lake Fiesa and the Dragonja estuary (Slove-nia). Nat. Croat. 16 : 63–78.

Mohammad, R.H., Rina, C. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture. FAO. Rome. 123 p.

Moran, J. 2005. Topical Dairy Farming : Feeding management for small dairy farmers in the humid tropics. Landlinks Press. 312 p.

Rukminasari, N., Redden, A. 2011. Growth response of natural phytoplankton to enrichment of urea and other forms of dissolved nitrogen. Afr. J. Environ. Sci. Technol. 5 : 1100-1116.

Tantikitti, C., Sangpong, W., 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.

Uchida, M. 2007. Preparation of marine silage and its potential for industrial use. Proceeding of the Thirty-fourth U.S.-Japan Aquaculture

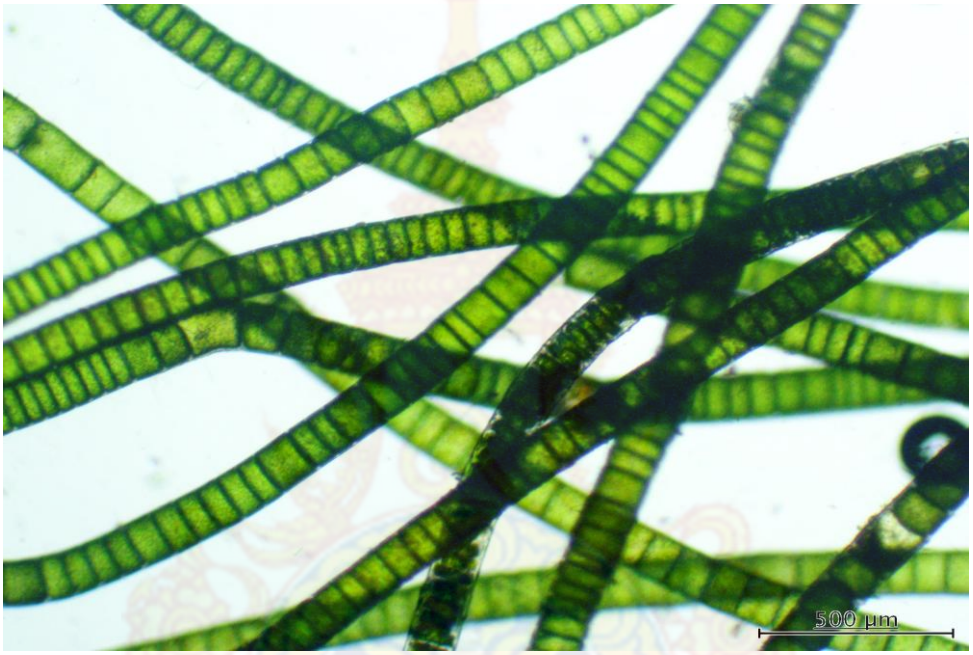
Uchida, M., Miyoshi, T. 2010. Development of new dietary material from unutilized algal resources using fermentation skills. Bull. Fish. Res. Agen. 31 : 25-29

Uchida, M., Numaguchi, K., Murata, M. 2004. Mass preparation of marine silage from *Undaria pinnatifida* and its dietary effect for young pearl oyster. Fish. Sci. 70 : 456-462.

Wang, Y., Kong, L. J., Li, C., 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.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 สาหร่ายไมโครสปอรา

ภาพผนวกที่ 2 ขั้นตอนการผลิตสาหร่ายหมัก