การใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ

Utilizing Pom Nang Seaweed (*Gracilaria fisheri*) as feed ingredient in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) diet

วีรเทพ ศรีปราชญ์[1], วิโรจน์ กิติคุณ[2], ภัคพงศ์ ปวงสุข[3*] และ ธวัชชัย ศุภดิษฐ์[1]

Verathep Sriprach[1*], Viroj Kitikoon[2], Pakkapong Poungsuk[3*] and Tawadchai Suppadit[1]

บทคัดย่อ: การศึกษาการใช้สาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำที่ระดับสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) ต่างกัน 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 (สูตรที่ 1-6 ตามลำดับ) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ประกอบด้วย 6 ทรีตเมนต์ จำนวน 5 ซ้ำ เลี้ยงกุ้งกุลาดำ 5 ตัว/ตะกร้า ทั้งหมด 30 ตะกร้า ทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการศึกษา พบว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม และพบว่าอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางอัตราส่วนร้อยละ 3.00 ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกด้าน ($P<0.05$) ได้แก่ น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4.42 ± 0.45 กรัม) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (3.42 ± 0.45 กรัม) ความยาวที่เพิ่มขึ้น (27.70 ± 3.11 มม.) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (2.47 ± 0.17 %/วัน) และอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (57.00 ± 7.59 มก./วัน) ส่วนน้ำหนักอาหารที่กิน (7.98 ± 1.41 กรัม/ตัว) และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (2.18 ± 0.28) รวมถึงสีของเนื้อกุ้งกุลาดำหลังการต้ม ($L^*=55.80 \pm 2.18$ หน่วย, $a^*=25.30 \pm 2.31$ หน่วย) ที่พบว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางร้อยละ 3 ให้ผลการทดลองดีที่สุด ($P<0.05$) กับอาหารทดลองสูตรอื่นเช่นกัน ขณะที่ตัวแปรการกินอาหารต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการรอดชีวิต และความคงทนของอาหารทดลองในน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองแต่ละสูตรสรุปได้ว่า สาหร่ายผมนางสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและประสิทธิภาพอาหารกุ้งกุลาดำได้โดยมีระดับสาหร่ายผมนางที่เหมาะสมอยู่ที่อัตราส่วนร้อยละ 3.00

คำสำคัญ: สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*), การเจริญเติบโต, คุณภาพสี, กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)

[1] หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10240
The Graduate Program in Environmental Management, School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration, Bangkok 10240

[2] ภาควิชาจุลชีววิทยาและอิมมูโนโลยี คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400
Department of Microbiology and Immunology, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok 10400

[3] สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: kppakkap@kmitl.ac.th

ABSTRACT: The aims of this study were to determine the effects of dietary Pom Nang seaweed (*Gracilaria fisheri*). Six diets were formulated to contain 0 (control), 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 and 5.00 %, diet 1-6 as respectively. The design of the experiment was completely randomized design, divided to six treatments with five replicates per treatment. The shrimp were stocked at a density of five animals per basket (total 30 baskets) and fed over a period of 60 days. The results showed that diets containing Pom Nang seaweed effected the growth performance of Black Tiger Shrimp higher than the control diet and also found that diets containing Pom Nang seaweed at 3.00 % showed the highest growth performance ($P<0.05$), in terms of final weight (4.42 ± 0.45 g), weight gain (3.42 ± 0.45 g), length gain (27.70 ± 3.11 mm), specific growth rate (2.47 ± 0.17 % d^{-1}) and average daily gain (57.00 ± 7.59 mg.d^{-1}). Also with total feed intake (7.98 ± 1.41 g.shrimp), feed conversion ratio (2.18 ± 0.28), including color quality of boiled shrimp (L^*=55.80 ± 2.18 points, a^*=25.30 ± 2.31 points) showed the highest in groups fed 3.00 % Pom Nang seaweed containing ($P<0.05$). However, daily feed intake, protein efficiency ratio, survival rate and water stability of diets were not significantly difference ($P>0.05$).It can be concluded that Pom Nang Seaweed can be used as ingredients in shrimp diet and showed beneficial effects as shrimp growth performance and color quality of boiled shrimp, with the appropriate level of Pom Nang seaweed at 3.00 %.

Keywords: Pom Nang seaweed (*Gracilaria fisheri*), growth performance, color quality, Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*)

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มานานนับ 3 ทศวรรษ สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศคิดเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาท จนถึงแสนล้านบาทต่อปี ทำให้ประเทศไทยก้าวขึ้นสู่ตำแหน่งผู้ผลิตและผู้ส่งออกกุ้งกุลาดำรายใหญ่ที่สุดของโลกนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2545 ติดต่อกันถึง 10 ปี (ชลอ และพรเลิศ, 2547) อย่างไรก็ตาม นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา การเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยในหลายพื้นที่ได้ประสบปัญหาโรคกุ้งกุลาดำระบาดและมีการเจริญเติบโตช้ามาก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ขาดทุนอย่างหนักจนต้องเลิกการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สำหรับเกษตรกรที่ยังพอมีทุนรอนเหลืออยู่ก็เปลี่ยนไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แทน ประกอบกับในปี พ.ศ. 2550 ที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบปัญหาราคากุ้งตกต่ำอย่างมาก ตั้งแต่กลางปีเป็นต้นมา ทำให้ตัวเลขเบื้องต้นของผลผลิตกุ้งในปี พ.ศ. 2550 มีประมาณ 444,751 ตัน โดยเป็นสัดส่วนกุ้งขาวถึงร้อยละ 99.30 และกุ้งกุลาดำเหลือเพียงร้อยละ 0.074 โดยมีปริมาณลดลงร้อยละ 12.30 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2549 (507,184 ตัน) (ไทยยูเนี่ยนฟีดมิลล์ กรุ๊ป, 2551)

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ผ่านมา นิยมการเลี้ยงแบบพัฒนา ด้วยเหตุผลที่ว่าให้ผลผลิตสูง สามารถสร้างผลผลิตได้ถึง 800-2,000 กก./ไร่ (เปี่ยมศักดิ์, 2534) แต่การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาถึงแม้ว่าจะให้ผลผลิตสูง แต่การลงทุนก็สูงตามไปด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนในการผลิตกุ้งกุลาดำแล้ว ต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักที่สำคัญที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00-65.00 ของต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ อาหารและการให้อาหารยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ความต้านทานต่อโรค และอัตราการรอดชีวิตด้วย (มะลิ, 2531)

สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นสาหร่ายกลุ่มสีแดง สกุล กราซิลาเรีย ดิวิชั่นโรโดไฟต้า (Division Rhodophyta) คลาสโรโดไฟซี (Class Rhodophyceae) พบได้ในหลายประเทศ เช่น ชิลี แอฟริกาใต้ บราซิล จีน ไต้หวัน สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เม็กซิโก เป็นต้น สำหรับประเทศไทยพบแพร่หลายกระจายอยู่ตามชายฝั่งของอ่าวไทยและฝั่งมหาสมุทรอินเดีย บริเวณจังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี พัทลุง สงขลา ระนอง ปัตตานี และนราธิวาส เป็นต้น (สุรภีร์, 2543) คุณค่าทางอาหารที่ได้จากสาหร่ายผมนาง ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน ที่มีประโยชน์สามารถใช้เป็นอาหารโดยตรงของมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม โดยการสกัดสาหร่ายทำเป็นวุ้น (Agar) เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย เช่น ผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ และกระดาษ

หรือใช้เคลือบผิวอาหารแช่แข็ง เป็นต้น ทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำใช้เป็นอาหารหอยเป๋าฮื้อ ปูม้า และปูทะเล โดย สกนธ์, ทวี และมะลิ (2546) ได้ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับสาหร่ายผมนางต่างกัน พบว่า หอยเป๋าฮื้อมีการเจริญเติบโต การกินอาหาร และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในด้านการแพทย์มีรายงานว่าสาหร่ายสีแดงมีสารอาหารพวกโพลีแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งไวรัส ดังที่ Mazumder et al (2002) รายงานว่า สาหร่าย *Gracilaria corticata* (Gracilariaceae, Rhodophyta) มีสารอาหารพวกโพลีแซคคาไรด์ คือ Sulfated, Galactans และ Fucoidans ที่สามารถใช้ในการยับยั้งเชื้อไวรัสของโรคเริม (HSV) ชนิด 1 และ 2 โรคติดเชื้อจาก Cytomegalovirus (CMV) และโรคติดเชื้อทางเดินหายใจ (RSV) นอกจากนี้ ยังพบว่า Fucoidans ยังสามารถลดผลกระทบจากการติดเชื้อไวรัสดวงขาว (White Spot Syndrome Virus: WSSV) ในกุ้งกุลาดำได้ (Chotigeat et al., 2004)

จากสถานการณ์ของการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในปัจจุบัน ทั้งทางด้านปัญหาโรคกุ้งกุลาดำ และปัญหาด้านราคาตกต่ำ ทำให้เกิดแนวคิดเกี่ยวกับ การเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารด้วยการใช้สาหร่ายผมนางมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารกุ้งกุลาดำ จากคุณสมบัติบางประการของสาหร่ายผมนางตามที่กล่าวมาข้างต้น อาจมีผลให้กุ้งกุลาดำมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี มีภูมิต้านทานโรค และมีอัตราการรอดชีวิตสูง ดังนั้นมีความเป็นได้ว่าการเพิ่มประสิทธิภาพอาหารด้วยการใช้สาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบอาหารกุ้ง นับเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและอาชีพการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างยั่งยืนในอนาคต เพราะถือได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการดำเนินการผลิตตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ หรือชีวภาพที่ลดการใช้หรือไม่ใช้สารเคมีเลย ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งที่ได้มีคุณภาพสูง ไม่มีสารตกค้างและเป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศมากขึ้น ทำให้กุ้งกุลาดำของไทยสามารถเข้าแข่งขันด้านราคาและคุณภาพในตลาดโลกได้

วิธีการศึกษา

แผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) การทดลองมี 6 ชุดการทดลอง (Treatments) แต่ละชุดการทดลองมี 5 หน่วยการทดลอง (ซ้ำ) ชุดการทดลองต่างกันที่ระดับของสาหร่ายผมนางซึ่งผันแปรตั้งแต่ร้อยละ 0, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 ในอาหารสูตรที่ 1-6 ตามลำดับ

สัตว์ทดลอง

กุ้งที่ใช้ในการทดลองเป็นกุ้งกุลาดำ (*Penaues monodon*) ซึ่งเป็นลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักกุ้งกุลาดำเอกชน ตั้งอยู่อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา คัดเลือกกุ้งทดลองโดยคัดเลือกกุ้งที่มีความสมบูรณ์ แข็งแรง นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า คัดเอาเฉพาะกุ้งที่มีน้ำหนัก 1.00 กรัม ส่วนตัวที่มีน้ำหนักน้อยกว่าหรือมากกว่าจะถูกแยกออกไป จากนั้นสุ่มเลือกกุ้งกลุ่มที่มีน้ำหนัก 1.00 กรัม ครั้งละ 5 ตัว (1 ซ้ำ) วัดความยาวด้วยเวอร์เนียและบันทึกค่าที่ได้ในแต่ละตัว แล้วรีบนำไปใส่ในตะกร้าทดลอง ดำเนินการเช่นนี้จนครบ 30 ตะกร้า จำนวนกุ้งกุลาดำที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 150 ตัว ทำการเลี้ยงในสภาวะเดียวกันเป็นระยะเวลา 60 วัน กุ้งทั้งหมดเลี้ยงด้วยอาหารทดลองจำนวน 3 มื้อ/วัน ที่เวลา 08.00 น. 16.00 น. และ 22.00 น. ทำการปรับเพิ่มน้ำหนักอาหารที่ให้ตามขนาดน้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น ทำการควบคุมสภาวะแวดล้อม ประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำให้อยู่ในช่วง 29.0-31.0°ซ ความเค็ม 10-30 พีพีที (ความแปรปรวนในรอบวัน <5 พีพีที) pH อยู่ระหว่าง 7.50-8.50 และปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ที่ 5-6 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยตามคำแนะนำของพรเลิศ, เทอร์นบอล และซลอ (2537)

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองผลิตขึ้นที่สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีองค์ประกอบตาม Table 1

Table 1 Ingredient composition (%) and proximate analysis (% dry weight) of the experimental diets

Ingredient	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Rice bran	24.90	24.00	23.20	16.10	16.60	27.10
Wheat bran	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Soybean meal (48.00% protein)	65.20	64.70	64.10	68.20	56.30	24.20
Fish meal (60.00% protein)	4.51	5.08	5.65	8.72	10.80	11.50
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Corn Gluten	1.00	1.00	1.00	1.00	9.97	29.80
Shrimp head meal	2.71	2.51	2.30	1.15	0.51	0.61
Pom Nang seaweed (*Gracilaria fisheri*)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Protein	38.00	38.00	38.00	40.60	41.60	40.20
Moisture	10.60	10.50	10.50	10.40	10.20	9.87
Fat	5.04	4.98	4.93	4.12	4.69	5.04
Fiber	2.96	3.46	3.96	4.00	4.00	4.00
Calcium	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total Phosphorus	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Salt	0.40	0.41	0.42	0.50	0.50	0.50

การเก็บข้อมูลและการรักษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบความยาวด้วยเวอร์เนียและน้ำหนักของกุ้งกุลาดำด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าเมื่อเริ่มการทดลองและเมื่อครบ 15, 30, 45 และ 60 วัน

ตรวจสอบอุณหภูมิและความเค็มในบ่อเลี้ยงทุกวัน ส่วนการตรวจสอบคุณภาพน้ำจะนำส่งตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ห้องปฏิบัติการทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา ทุกๆ 7 วัน ตามวิธีการของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA., AWWA. and WPCF., 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น ความยาวกุ้งที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน น้ำหนักอาหารที่กิน อัตราการกินอาหาร อัตราการรอดชีวิต อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (นครินทร์, 2540; Soonngam, 2005; Yaemsooksawat et al., 2008) ตามสูตรการคำนวณดังนี้

- น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น (กรัม) = น้ำหนักสุดท้าย-น้ำหนักเริ่มต้น

- ความยาวกุ้งที่เพิ่มขึ้น (มม.) = ความยาวสุดท้าย-ความยาวเริ่มต้น

- อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (มก.ต่อวัน) = [(น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย-น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น)]/จำนวนวันในการทดลอง

- อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ร้อยละต่อวัน) = [(lnน้ำหนักสุดท้าย-lnน้ำหนักเริ่มต้น)/จำนวนวันในการทดลอง] x 100

- น้ำหนักอาหารที่กิน (กรัมต่อตัว) = น้ำหนักอาหารที่กุ้งกินทั้งหมด/จำนวนกุ้งที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

- อัตราการกินอาหาร (ร้อยละต่อวัน) = (น้ำหนักอาหารที่กุ้งกินเฉลี่ยต่อวัน x 100/(น้ำหนักกุ้งเริ่มต้น + น้ำหนักกุ้งสุดท้าย)/2

- อัตราการรอดชีวิต (ร้อยละ) = (จำนวนกุ้งที่เหลือ/จำนวนกุ้งที่เริ่มต้น) x 100

- อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ = ปริมาณอาหารที่กุ้งกิน/น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น

- ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน = น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น/ปริมาณโปรตีนที่ได้รับ

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพสีกระทำโดยสุ่มเลือกกุ้งหลังสิ้นสุดการทดลองชุดการทดลองละ 3 ตะกร้า นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที เพื่อวัดสีกุ้งทั้งเปลือกในระบบ CIE (Commission International de'l Eclairage) L*a*b* ด้วยเครื่อง Minolta Spectrophotometer CM-3500d, Japan ตามวิธีการของชลอ และคณะ (2550)

นำข้อมูลการเจริญเติบโต การกินอาหาร การใช้ประโยชน์จากอาหาร อัตราการรอดชีวิต คุณภาพสีของเนื้อกุ้งกุลาดำหลังการต้ม และความคงทนของอาหารทดลองในน้ำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยการทดลองโดยใช้สถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.00 ด้วยโปรแกรม SAS เวอร์ชั่น 6.12 ตามวิธีการใช้งานในคู่มือการใช้งานของ SAS Institute ประเทศสหรัฐอเมริกา (SAS, 1996)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ

สาหร่ายผมนางอุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารมากมาย เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว วิตามิน แร่ธาตุ และสารเยื่อใย นอกจากนี้สาหร่ายผมนางยังมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์จึงเป็นแหล่งของสารเยื่อใยที่ให้พลังงานต่ำ จากการศึกษาคุณค่าทางสารอาหารของสาหร่ายผมนางตามธรรมชาติของ ระพีพร และคณะ (2549) พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า เท่ากับ 7.47, 3.85, 63.80 และ 17.50 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ มีโพรแทสเซียมและคลอไรด์ระดับสูง มีกรดอะมิโนที่สำคัญ คือ Valine, Leucine และ Isoleucine นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยเบต้า-คาโรทีน (β-carotene) และเยื่อใยในปริมาณมาก ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีสาหร่ายผมนางในทุกด้าน และยังพบว่าอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสัดส่วนร้อยละ 3.00 (สูตรที่ 4) มีการเจริญเติบโตทุกด้านสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสูตรอาหารทดลองแต่ละสูตร ได้แก่ น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4.42 ± 0.45 กรัม) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (3.42 ± 0.45 กรัม) ความยาวที่เพิ่มขึ้น (27.70 ± 3.11 มม.) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ร้อยละ 2.47 ± 0.17 ต่อวัน) และอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (57.00 ± 7.59 มก./วัน) ดังแสดงไว้ใน **Table 2** สอดคล้องกับรายงานการใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (Macroalgae) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้ง พบว่า สามารถทำให้อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีขึ้นเมื่อใส่สาหร่ายเป็นส่วนผสมในระดับต่ำหรือน้อยกว่าร้อยละ 10 กล่าวคือ รายงานของ Peñaflorida and Golez, (1996) พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกุ้งกุลาดำขนาด 200 มิลลิกรัมดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายทะเลฟิลิปปินส์ (*Kappaphycus alvarezii*) ร้อยละ 5 เช่นเดียวกับ Briggs and Funge-Smith (2008) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *Gracilaria* spp. ที่ระดับร้อยละ 0-15.00 แต่มีอัตราต่ำลงเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่าย *Gracilaria* spp. ร้อยละ 30.00 ซึ่งผลทางลบที่เกิดขึ้นมาจากปริมาณเถ้าที่สูง ระดับโปรตีนที่ต่ำ และการมีกากจำนวนมากในอาหารทดลองเมื่อใส่สาหร่ายในสัดส่วนที่มากเกินไป

ในขณะที่ Cruz-Suárez et al. (2008) รายงานว่าเมื่อใส่สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva* spp.) ในอาหารกุ้งที่สัดส่วนร้อยละ 3.30 มีผลให้การเจริญเติบโตดีกว่าอาหารที่มีสาหร่ายทะเล *Ascophyllum* spp. และ *Macrocytis* spp. ที่สัดส่วนเดียวกัน แต่ไม่มีความ

แตกต่างระหว่างหน่วยการทดลอง อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Da Silva and Barbosa (2008) แสดงให้เห็นว่า การใช้สาหร่ายทะเลสีแดง *Hypnea cervicornis* และ *Cryptonemia crenulata* เป็นแหล่งโปรตีน (ผงสาหร่าย) ในอาหารกุ้งที่ระดับต่างๆ กัน ได้แก่ ร้อยละ 39.00, 26.00, 13.00 และ 0 (สูตรควบคุม) ไม่ส่งผลต่อผลผลิตรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final Biomass) ผลผลิตรวมที่ได้รับ (Biomass Gain) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate) ให้แตกต่างกันระหว่างหน่วยการทดลอง ส่วนการศึกษาของ Chungthanawong (2004) พบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ใส่ในอาหารกุ้งกุลาดำ ร้อยละ 2.50 ทำให้กุ้งกุลาดำมีความยาวสูงสุด คือ 2.58 มม. มากกว่าการใส่สาหร่ายที่ร้อยละ 7.50 และ 10.00 ที่มีความยาวเท่ากันอยู่ที่ 2.51 มม. เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 28 วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับการทดลองใช้กุ้งที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นมากขึ้น คือ 3.80 กรัม โดยใช้สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* และสัดส่วนของสาหร่ายเท่ากันกับการทดลองครั้งแรก และทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 56 วัน กลับพบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ร้อยละ 5.00 ส่งผลให้กุ้งกุลาดำมีความยาวมากที่สุด คือ 9.77 มม. ซึ่งมากกว่าการใส่ที่ร้อยละ 7.50 และ 10.00 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนน้ำหนักที่ได้ก็พบว่าที่ระดับสาหร่ายร้อยละ 5.00 กุ้งกุลาดำมีน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากรายงานหลายๆ ชิ้นตามที่กล่าวมาข้างต้น การใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (Macroalgae) ได้แก่ *Gracilaria heteroclada*, *Gracilaria* spp., *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva* spp., *Hypnea cervicornis*, *Cryptonemia crenulata* และ *Ascophyllum nodosum* สามารถทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าโภชนาการของสาหร่ายขึ้นกับชนิดของสาหร่าย แหล่งน้ำ สภาพแวดล้อม ฤดูกาล และอุณหภูมิของน้ำ (Mabeau and Fleurence, 1993) ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมในอาหารทดลองและมีผลต่อผลการทดลอง จึงทำให้ยังไม่สามารถระบุได้ว่าคุณประโยชน์ด้านใดของสาหร่ายที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งอย่างชัดเจน

น้ำหนักอาหารที่กิน

อาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3.00 (สูตรที่ 4) มีน้ำหนักอาหารที่กุ้งกุลาดำกินมากที่สุด คือ 7.98 ± 1.41 กรัม/ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรอื่นๆ ส่วนอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 4.00 (สูตรที่ 5) มีน้ำหนักอาหารที่กุ้งกินต่ำที่สุด คือ 6.65 ± 0.65 กรัม/ตัว ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระหว่างหน่วยการทดลองต่างๆ (**Table 2**)

Cruz-Suárez et al. (2008) รายงานว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Ulva* spp. ร้อยละ 3.30 มีน้ำหนักอาหารที่กินใกล้เคียงกับอาหารที่มีสาหร่าย *Ascophyllum* spp. และ *Macrocytis* spp. เป็นส่วนผสม ซึ่งจากรายงานของ Sakata et al. (1991) พบว่า คุณค่าทางโปรตีนของสาหร่ายบางอย่าง เช่น กรดอะมิโนที่มีอยู่หลายชนิดในสาหร่าย หรือกรดไขมันบางชนิด เช่น Digalactosyl-diacylglyceral, ฟอสฟาติดิลคอลีน (Phosphatidylcholine-lecithin) และฟอสฟาติดิลเอตทาโนลามีน (Phosphatidyleth-anolamine) เป็นต้น สามารถเป็นสารดึงดูดในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อทำให้หอยเป๋าฮื้อกินอาหารได้ดีขึ้น

อัตราการกินอาหารต่อวัน

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการกินอาหารต่อวันของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 1-6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองแต่ละสูตร ทั้งนี้ กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 2 มีอัตราการกินอาหารต่อวันมากที่สุด คือ ร้อยละ 19.50 ± 1.98 ต่อวัน รองลงมา คือ กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 4 เท่ากับร้อยละ 19.10 ± 3.35 ต่อวัน และที่มีอัตราการกินอาหารต่อวันน้อยที่สุด คือ กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 3 เท่ากับร้อยละ 18.00 ± 2.04 ต่อวัน (**Table 2**)

Table 2 Mean growth performance and feed utilization of shrimp fed different dietary Pom Nang Seaweed (*Gracilaria fisheri*) after 60 days of culture period

Parameter	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Final weight (g)	3.81 ± 0.13b	3.82 ± 0.22b	4.02 ± 0.22ab	4.42 ± 0.45a	3.92 ± 0.38b	4.14 ± 0.48ab
Weight gain (g)	2.82 ± 0.13b	2.82 ± 0.22b	3.02 ± 0.22ab	3.42 ± 0.45a	2.92 ± 0.38b	3.14 ± 0.48ab
Length gain (mm)	21.40 ± 1.14c	23.80 ± 2.24bc	26.20 ± 3.49ab	27.70 ± 3.11a	25.60 ± 3.00ab	26.50 ± 2.26ab
Specific growth rate (% d^{-1})	2.23 ± 0.06b	2.23 ± 0.09b	2.32 ± 0.09ab	2.47 ± 0.17a	2.27 ± 0.16b	2.36 ± 0.19ab
Average daily gain (mg.d^{-1})	46.90 ± 2.24b	47.00 ± 3.62b	50.20 ± 3.77ab	57.00 ± 7.59a	48.70 ± 6.39b	52.30 ± 8.04ab
Total feed intake (g.shrimp)	7.04 ± 0.62ab	6.80 ± 0.54b	7.08 ± 0.86ab	7.98 ± 1.41a	6.65 ± 0.64b	6.86 ± 0.72b
Daily feed intake (% d^{-1})$^{n.s.}$	18.50 ± 2.13	19.50 ± 1.98	18.00 ± 2.04	19.10 ± 3.35	18.70 ± 1.46	18.70 ± 1.64
Feed conversion ratio	2.66 ± 0.19a	2.43 ± 0.32ab	2.36 ± 0.31ab	2.18 ± 0.28b	2.29 ± 0.25ab	2.21 ± 0.25b
Protein efficiency ratio$^{n.s.}$	0.95 ± 0.10	0.92 ± 0.13	0.90 ± 0.12	0.96 ± 0.17	0.95 ± 0.10	0.89 ± 0.10
Survival rate (%)$^{n.s.}$	92.00 ±11.00	100.00 ± 0	92.00 ± 11.00	92.00 ± 11.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00
Color intensity (L*)	58.30 ± 1.07ab	58.60 ± 1.30a	58.20 ± 1.66ab	55.80 ± 2.18b	58.30 ± 0.55ab	58.90 ± 0.66a
Color intensity (a*)	19.50 ± 2.14c	19.60 ± 2.49c	21.00 ± 1.17bc	25.30 ± 2.31a	23.40 ± 1.76ab	20.40 ± 1.38bc

The different alphabets in the same row mean significant difference ($P<0.05$)

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุดเมื่อเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3.00 (สูตรที่ 4) คือ 2.18 ± 0.28 ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ซึ่งไม่มีสาหร่ายผมนางมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด คือ 2.66 ± 0.19 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างชุดการทดลอง (**Table 2**)

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในกุ้งกุลาดำมีการเปลี่ยนแปลงตามส่วนผสมของสาหร่ายในอาหาร ซึ่ง Peñaflorida and Golez (1996) รายงานว่าอาหารกุ้งที่มีส่วนผสมของสาหร่ายทะเลฟิลิปปินส์ (*Kappaphycus alvarezii*) และสาหร่าย *Gracilaria heteroclada* ร้อยละ 5.00 หรือร้อยละ 10.00 มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีสาหร่ายและมีสาหร่ายร้อยละ 15.00 นอกจากนี้ รายงานของ Cruz-Suárez et al. (2008) พบว่า อาหารกุ้งที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *Ulva* spp. ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าอาหารที่มีสาหร่าย *Ascophyllum* spp. และ *Macrocytis* spp. ในขณะที่รายงานของ Da Silva and Barbosa (2008) รายงานว่า การใส่สาหร่าย *Hypnea cervicornis* และ *Cryptonemia crenulata* เป็นส่วนผสมในอาหารร้อยละ 39.00 และ 26.00 ให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.79 และ 1.82 ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าการใส่ร้อยละ 13.00 และชุดควบคุมที่ไม่มีสาหร่ายซึ่งอยู่ที่ 2.04 และ 2.08 ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

สาหร่ายหลากหลายสายพันธุ์อาจช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ซึ่งกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่าย *Ulva* spp. มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่าย *Macrocystis* spp. และ *Ascophyllum* spp. (Cruz-Suárez et al. 2008) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 1-6 (0.95 ± 0.10, 0.92 ± 0.13, 0.90 ± 0.12, 0.96 ± 0.17, 0.95 ± 0.10 และ 0.89 ± 0.10 ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองแต่ละสูตร (**Table 2**) เป็นไปในทำนองเดียวกับรายงานของ Valente et al. (2006) พบว่า การเสริมสาหร่าย *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* และ *Gracilaria cornea* ในอาหารสำหรับปลากะพงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเช่นกัน

อัตราการรอดชีวิต

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการรอดชีวิตของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 1-6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองแต่ละสูตร ทั้งนี้กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 2, 5 และ 6 ไม่พบมีการตายของกุ้งในระหว่างการเลี้ยงจึงมีอัตราการรอดชีวิตทั้งหมด ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 1, 3 และ 4 พบการตายของกุ้งในระหว่างการทดลองเท่ากันเพียง 2 ตัวต่อชุดการทดลอง จึงมีอัตราการรอดชีวิตรองลงมา (**Table 2**) Peñaflorida and Golez (1996) รายงานว่า อัตรารอดชีวิตของกุ้งมีค่าสูงเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่ใส่สาหร่าย *K. alvarezii* ที่ระดับร้อยละ 3.00 และลดลงเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่ใส่สาหร่าย *K. alvarezii* เพิ่มขึ้น แต่พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่าย *G. heteroclada* ไม่แตกต่างกัน

คุณภาพสีของกุ้งกุลาดำหลังการต้ม

จากการวิเคราะห์คุณภาพสีของกุ้งกุลาดำหลังการต้มด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในระบบ CIE ($L^*a^*b^*$) ผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3.00 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) สูงที่สุด

(25.30 ± 2.31 หน่วย) ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ที่ไม่มีสาหร่ายผมนางให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำสุด (19.50 ± 2.14 หน่วย) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างชุดการทดลอง ในขณะที่ผลการทดสอบค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่าง (L*) พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 5.00 (สูตรที่ 6) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่างสูงที่สุด (58.90 ± 0.66 หน่วย) ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3.00 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่างต่ำสุด (55.80 ± 2.18 หน่วย) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลองเช่นเดียวกัน ดังแสดงไว้ใน **Table 2** ผลดังกล่าวอธิบายได้ว่า การเกิดสารสีหรือรงควัตถุในสัตว์น้ำจำพวกครัสเตเชียน (Crustacean) ได้รับมาจากแหล่งอาหาร ปริมาณต่อหน่วยที่ได้รับ ระยะเวลาในการเลี้ยง ส่วนผสมในอาหาร และปริมาณการตรึงคาโรทีนอยด์ (Carotenoid Esterification) เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายผมนางเป็นสาหร่ายสีแดงมีรงควัตถุหรือสารสี ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ ดี คาโรทีนอยด์ เช่น แอลฟา และเบต้า-คาโรทีน (α- and β-carotene) แซนโทฟิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ ลูเทอีน (Lutein) ซีอาแซนทิน (Zeaxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) และทาราแซนทิน (Taraxanthin) นอกจากนี้ ยังมีไฟโคบิลิน (Phycobilin) เช่น อาร์-ไฟโคอิริทริน เป็นต้น (กาญจนภาชน์, 2527; Burtin, 2003) ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มคุณภาพสี

Menasveta et al. (1993) ได้ประเมินประสิทธิภาพสารสีหรือรงควัตถุของอาหารที่ผสมด้วยแอสตาแซนติน 50.0 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับสารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำตาล (*Chnoospora minima*) ร้อยละ 3.00 ที่มีต่อกุ้งกุลาดำ พบว่า คาโรทีนอยด์จากอาหารที่มีในสาหร่ายสีน้ำตาลทำให้คาโรทีนอยด์ในส่วนประกอบของกุ้งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Cruz-Suárez et al. (2008) รายงานว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Ulva clathrata* ร้อยละ 3.30 ทำให้เกิดสารสีในตัวกุ้งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผสมสาหร่าย *Macrocystis* spp. และ *Ascophyllum* spp. ซึ่งสารสีที่มีในสาหร่าย *Ulva clathrata* ประกอบไปด้วยลูเทอีน (Lutein) กว่าร้อยละ 80.0 ทำให้มีกระบวนการเมตาบอลิซึมดีขึ้น และสะสมในตัวกุ้งได้ดีกว่ารูปแบบอ๊อกซิไดซ์ที่พบในฟูโคแซนติน (Fucoxanthin) ที่ได้จากสาหร่าย *Ascophyllum* spp. นอกจากนี้ Supamattaya et al. (2005) รายงานว่า คุณภาพสีของกุ้งหลังการต้มมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใส่สารสกัดจากสาหร่าย *Dunaliella* spp. ที่มีเบต้า-คาโรทีน (β-carotene) 200 มก. และ 300 มก. เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีเบต้า-คาโรทีน และกลุ่มที่ใส่โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เช่นเดียวกับ Boonyaratpalin et al. (2001) รายงานว่า สารสังเคราะห์เบต้า-คาโรทีนปริมาณ 125 มก./กก.อาหารและสารสกัดเบต้า-คาโรทีนจาก *D. salina* ปริมาณ 125-175 มก./กก.อาหาร เป็นแหล่งสารสีของกุ้งกุลาดำ ซึ่งจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากุ้งกุลาดำมีความสามารถในการเผาผลาญ (Metabolic Ability) แล้วเปลี่ยนเบต้า-คาโรทีนเป็นรูปของแอสตาแซนตินที่เป็นรูปแบบสารสีที่ประกอบในตัวกุ้งได้

ความคงทนของอาหารทดลองในน้ำ

ประสิทธิภาพความคงทนของอาหารทดลองในน้ำสูตรที่ 1-6 ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 1-5 ชม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างการแช่น้ำในระยะเวลาต่างๆ กัน และอาหารทดลองแต่ละสูตรโดยที่หลังจากผ่าน 1 ชม. ถึง 5 ชม. มีความคงทนของอาหารทดลองอยู่ที่ร้อยละ 93.0-86.3 ตามลำดับ ซึ่ง Peñaflorida and Golez (1996) รายงานว่า ความคงทนของอาหารทดลองที่ใส่สาหร่าย *K. alvarezii* หรือ *G. heteoclada* ร้อยละ 3.00-10.0 เท่ากับร้อยละ 93.0-94.0 หลังแช่ในน้ำเป็นเวลา 1 ชม. และลดลงเหลือร้อยละ 88.0 เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 4 ชม. ในขณะที่ Marinho-Soriano et al. (2007) ประเมินความคงทนของอาหารในน้ำระหว่าง

อาหารทดลองที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *Gracilaria cervicornis* กับอาหารกุ้งสำเร็จรูป พบว่า ความคงทนของอาหารในน้ำของอาหารทดลองที่มีสาหร่าย *Gracilaria cervicornis* มีความคงทนของอาหารในน้ำเท่ากับร้อยละ 82.6 หลังผ่านไป 1 ชม. จนถึงร้อยละ 82.0 เมื่อผ่านไป 4 ชม. น้อยกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีความคงทนของอาหารในน้ำเท่ากับร้อยละ 91.0 หลังผ่านไป 1 ชม. จนถึงร้อยละ 89.0 เมื่อผ่านไป 4 ชม. ซึ่ง Cuzon et al. (1994) กล่าวว่า อาหารของสัตว์น้ำจำพวกครัสเตเชียนควรจะสูญเสียเนื้ออาหารไม่มากกว่าร้อยละ 10.0 ของน้ำหนักอาหารแห้งเมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชม. และการใส่สาหร่ายในอาหารไม่มีผลต่อความคงทนของอาหารในน้ำหรือไปลดการเจริญเติบโตของกุ้ง (Peñaflorida and Golez, 1996) สำหรับสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2536: 6) ได้กำหนดมาตรฐานความคงทนของอาหารกุ้งในน้ำว่าจะต้องสูญเสียเนื้ออาหารไม่มากกว่าร้อยละ 20.0 ของน้ำหนักแห้งเมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชม. ซึ่งอาหารทุกสูตรในการทดลองมีความคงทนอยู่ในค่ามาตรฐาน

สรุป

จากงานวิจัยจะเห็นได้ว่า สาหร่ายผมนางสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต ประสิทธิภาพอาหารกุ้งกุลาดำและคุณภาพสีของกุ้งกุลาดำหลังการต้มได้โดยมีระดับสาหร่ายผมนางที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 3.00 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำกับระดับส่วนผสมของสาหร่ายผมนางในอาหารกุ้ง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำสูงสุดที่ระดับสาหร่ายร้อยละ 3.00 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีสาหร่ายเพิ่มขึ้น กล่าวได้ว่าตามสรีระของกุ้งที่มีลำไส้สั้นและตรง การไม่มีเยื่อใยหรือมีปริมาณน้อยเกินไปในอาหารจะทำให้อาหารเคลื่อนตัวในลำไส้กุ้งเร็วจนเกินไปทำให้กุ้งไม่สามารถย่อยได้ทัน แต่ทั้งนี้จากการที่สาหร่ายผมนางเป็นพืชที่มีเยื่อใยสูงมาก หากใส่สาหร่ายลงไปในอาหารในปริมาณเพิ่มมากขึ้นก็ส่งผลให้มีเยื่อใยในอาหารมากเกินไปจะทำให้กากสะสมอยู่ในลำไส้กุ้งมาก กุ้งจะมีการถ่ายมูลบ่อยทำให้มีผลต่อการดูดซึมสารอาหารชนิดอื่นได้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, นงนุช รักสกุลไทย, เดชานาท ทองพิทักษ์, พจมาน เชยเดช, นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์ และสาธิต ประเสริฐศรี. 2550. การเพิ่มความเข้มของสีเปลือกและลดปัญหาหัวแตกหลังจากต้มกุ้งขาวแวนนาไม. เอกสารเผยแพร่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ปี พ.ศ. 2550. ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ

ไทยยูเนี่ยน ฟีดมิลล์ กรุ๊ป. 2551. ยุทธศาสตร์การผลิตกุ้งไทย. แหล่งข้อมูล: http://www.shrimpcenter.com/shrimp00166.html. ค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2552.

นครินทร์ เรืองพานิช. 2540. การใช้กากถั่วเหลืองและโปรตีนข้าวโพดทดแทนหัวกุ้งป่นและปลาหมึกป่นร่วมกับสารชวนกินในอาหารกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2534. อาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. การประมง. 4:329 -342.

พรเลิศ จันทร์รัชชกูล, เทอร์นบอล, เจ เอฟ และชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2537. คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง, กรุงเทพฯ.

มะลิ บุณยรัตผลิน. 2531. อาหารและการให้อาหารกุ้งกุลาดำ. ช่องนนทรี, กรุงเทพฯ.

ระพีพร เรืองช่วย, โชคชัย เหลืองธุวประณีต, นิรัติศัย เพชรสุภา, อมมี คุณอารี และพายัพ มาศนิยม. 2549. รายงานการวิจัยเรื่อง โครงการการเลี้ยงสาหร่ายผมนางเพื่อเป็นอาชีพสำหรับชาวประมงพื้นบ้านในอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สกนธ์ แสงประดับ, ทวี โรจนสารัมภกิจ และมะลิ บุณยรัตผลิน. 2546. ผลของสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria ftisheri*) ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหารและอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*). น. 134. ใน : การประชุมสัมมนาวิชาการประมงประจำปี พ.ศ. 2546 วันที่ 7-9 กรกฎาคม 2546. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2536. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารกุ้ง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สุรภีร์ วีรวานิช. 2543. การวิเคราะห์คุณค่าอาหารของสาหร่ายผมนาง (กราซิลาเรีย ฟิซเซอไร) บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสงขลา, กรุงเทพฯ.

APHA., AWWA. and WPCF. 1980. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 15th Edition. American Public Health Association, Washington, DC.

Boonyaratpalin, M., Thongrod, S., Supamattaya, K., Britton, G. and Schlipalius, L. E. 2001. Effect of β-Carotene Source, *Dunaliella salina*, and Astaxanthin on Pigmentation, Growth, Survival and Health of *Penaeus monodon*. Aquaculture Reserch. 3:182-190.

Briggs, M. R. P. and Funge-Smith, S. J. 2008. The Potential Use of *Gracilaria* sp. Meal in Diets for Juvenile *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture Research. 27:345-354.

Burtin, P. 2003. Nutritional Value of Seaweeds. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 2:498-503.

Chotigeat, W., Tongsupa, S., Supamataya, K. and Phongdara, A. 2004. Effect of Fucoidan on Disease Resistance of Black Tiger Shrimp. Aquaculture. 233:23-30.

Chungthanawong, S. 2004. Effect of *Ascophyllum nodosum* Supplemented Diets on Growth and Survival of Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*. M. S. Thesis. Chulalongkorn University, Bangkok.

Cruz-Suárez, L. E., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M. G., Guajardo-Barbosa, C. and Ricque-Marie, D. 2008. Comparison of *Ulva clathrata* and the Kelps *Macrocystis pyrifera* and *Ascophyllum nodosum* as Ingrediens in Shrimp Feeds. Aquaculture Nutrition. 15:421-430.

Cuzon, G., Guillaume, J. and Cahu, C. 1994. Composition, Preparation and Utilization of Feeds for Crustacea. Aquaculture. 124: 253-267.

Da Silva, R. L. and Barbosa, J. M. 2008. Seaweed Meal as a Protein Source for the White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Phycology. 21:193-197.

Mabeau, S. and Fleurence, J. 1993. Seaweed in Food Products: Biochemical and Nutritional Aspects. Trend in Food Science & Technology. 4:103-107.

Marinho-Soriano, E., Camara, M. R., De Melo Cabral, T. and Do Amaral Carneiro, M. A. 2007. Preliminary Evaluation of the Seaweed *Gracilaria cervicornis* (Rhodophyta) as a Partial Substitute for the Industrial Feeds Used in Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Farming. Aquaculture Research. 38:182-187.

Mazumder, S., Ghosal, P. K., Pujol, C. A., Carlucci, M. J., Damonte, E. B. and Ray, B. 2002. Isolation, Chemical Investigation and Antiviral Activity of Polysaccharides from *Gracilaria corticata* (Gracilariaceae, Rhodophyta). International Journal of Biological Macromolecules. 31:87-95.

Menasveta, P., Worawattanamateekul, W., Latscha, T. and Clark, J. S. 1993. Correction of Black Tiger Prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) Coloration by Astaxanthin. Aquaculture Engineering. 12: 203-213.

Peñaflorida, V. D. and Golez, N. V. 1996. Use of Seaweed Meals from *Kappaphycus alvaezii* and *Gracilaria heteroclada* as Binders in Diets for Juvenile Shrimp *Penaeus monodon*. Aquaculture. 143:393-401.

SAS. 1996. User's Guide, Version 6.12. SAS Institute, North Carolina.

Sakata, K., Kato, K., Iwase, Y., Okada, H., Ina, K. and Machiguchi, Y. 1991. Feeding-stimulant Activity of Algal Glycerolipids for Marine Herbivorous Gastropods. Journal of Chemical Ecology. 17:185-193.

Soonngam, L. 2005. The Use of Vermiculite for Aflatoxin B_1 Absorption in Giant Tiger Prawn Diets. M. S. Thesis. Mahidol University, Bangkok.

Supamattaya, K., Kiriratnikom, S., Boonyaratpalin, M. and Borowitzaka, L. 2005. Effect of a *Dunaliella* Extract on Growth Performance Health Condition, Immune Response and Disease Resistance in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture. 248:207-216.

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*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as Dietary Ingredients in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Juveniles. Aquaculture. 252:85-91.

Yaemsooksawat, N., Jintasataporn, O., Areechon, N., Puntuma-o-pas, S. and Thongtuak., C. 2008. Effect of Dietary Protein Level on Growth and Immunity of *Litopenaeus vannamei*, Boone 1931. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 31:15-2.