รายงานการวิจัย

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด เพื่อการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไม

Application on Freshwater Red Alga (*Caloglossa beccarii* DeToni) Extract for Color Quality Improvement of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

วรรณิณี จันทร์แก้ว Wanninee Chankaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2563

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลือเกื้อกูลจากบุคคลหลายฝ่าย บุคคลเหล่านั้นล้วนเป็นกัลยาณมิตรที่ควรค่าแก่การกล่าวถึง ด้วยความรู้สึกขอบคุณ และยกย่องไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณิณี จันทร์แก้ว ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้ร่วมทำการวิจัย และคอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขรายงานการวิจัยจนรายงานการวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นายนาวา แขมภูเขียว และนางสาวอารียา หนูแหลม ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยเหลือในการทำการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ และนักศึ กษาสาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ สถาบันครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะวิ ทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2563 ในการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2564

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด เพื่อการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไม

วัฒนา วัฒนกุล[1] อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] และวรรณิณี จันทร์แก้ว[2]

บทคัดย่อ

สาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii* DeToni) มีรงควัตถุให้สีที่อยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์อย่างเด่นชัด มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารเร่งสีในสัตว์น้ำ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงทดลองใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในการปรับปรุงสีของ กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัด หยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดต่อการเจริญเติบโต และความเข้มสี ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยอาหาร สำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับแตกต่างกันคือ 0 (ชุดควบคุม), 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (mg/kg) ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน ในตู้กระจก และวัดสีผิวของกุ้งโดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE ($L^*a^*b^*$) พบว่า ทุกระดับของการผสมสารสกัดหยาบ จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ($P>0.05$) และกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (100-300 mg/kg) มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่ากุ้งขาวในชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดจากสาหร่าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งขาวชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงที่สุด เท่ากับ 35.71±1.14 และค่าเฉลี่ยของสีแดง (a^*) มีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ 6 (250 mg/kg) มีค่าเท่ากับ 7.86±1.72 สูงกว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยสีเหลือง (b^*) พบว่า ทุกระดับของการผสมสารสกัดหยาบ จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารไม่มีผลต่อค่าสีเหลือง ($P>0.05$)

คำสำคัญ : สาหร่ายสีแดงน้ำจืด สารสี กุ้งขาวแวนนาไม

---

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2]สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

Application on Freshwater Red Alga (*Caloglossa beccarii* DeToni) Extract for Color Quality Improvement of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Wattana Wattanakul[1] Uraiwan Wattanakul[1] and Wanninee Chankaew[2]

ABSTRACT

Freshwater red alga (*Caloglossa beccarii* DeToni) is predominantly colored in the carotenoids. It is suitable for applies as a colorant in ornamental aquatic animals. Thus, the using freshwater red algae crude extract to improve the color of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) was used in this experiment. This research aimed to study the effect of crude extract from freshwater red algae on growth performance and skin color of Pacific white shrimp. The commercial diets containing freshwater red alga crude extract at seven inclusion levels (0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/kg). The diets were given to shrimps for four months and the skin color of shrimp was measured by using a colorimeter with the system CIE (*L*a*b**). The results showed that all levels of concentrations crude extract were not affect on growth performance and survival rate (P>0.05). The lightness value (*L**) found the highest in Pacific white shrimp fed by control diet group (0 mg/kg) with the lightness value of 35.71±1.14 (P<0.05). The redness (*a**) found the highest in Pacific white shrimp fed by supplement diet with 250 mg/kg crude extracts (7.86±1.72) and higher than white shrimp in control group (P<0.05). All levels of concentrations crude extract supplement in diet were not affect on yellowness (*b**) (P>0.05).

Keywords: Freshwater Red Alga (*C. beccarii*), Pigments, Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

[1]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Sikao, Trang

[2]Department of Fishery, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	12
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	16
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	31

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) อบแห้ง	16
2	น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE, หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน	17
3	น้ำหนักเริ่มต้น (g) น้ำหนักสุดท้าย (g) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน	19
4	ระดับสีที่ผิวลำตัว กุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร เสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน	22
5	คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดล องของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน	24

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน	18

ภาพผนวกที่

1	ระดับค่าสี L^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	32
2	ระดับค่าสี a^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	32
3	ระดับค่าสี b^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง	32
4	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 1	33
5	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 2	33
6	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 3	33
7	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 4	33
8	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 5	33
9	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 6	33
10	กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 7	33

บทนำ

ประเทศไทย เป็นประเทศผู้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มานานนับ 3 ทศวรรษ สามารถนำ รายได เข้าสู่ประเทศคิดเป็ นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาทจนถึงแสนล้ านบาทต่อปี ประเทศไทยจึ งก้าวขึ้นสูตำแหน่งผู้ผลิต และผู้ส่งออกกุ้งกุลาดำ รายใหญ่ที่สุดของโลกนับตั้งแ ต่ปี พ.ศ. 2535-2545 ติดต่อกันถึง 10 ป (ชลอ และพรเลิศ, 2547) อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา การเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยใน หลายพื้นที่ประสบปัญหาโรคกุ้งระบาด และมีการเจริญเติบโตช้ า มาก ซึ่งเป็ นสาเหตุสำ คัญที่ทำ ให้เกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ งส่วนใหญ่ขาดทุ นอย่างหนักจนต้ องเลิกเลี้ยงกุ้ ง กุลาดำ สำหรับเกษตรกรที่ยัง พอมีทุนรอนเหลือ อยู่ ก็เปลี่ยนไปเลี้ยงกุ้ งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แทนจนมาถึงปัจจุบัน ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าว่ากุ้งขาวแวนนาไม เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญ ทางเศรษฐกิจของประเทศไทยมีผลผลิตเป็นอันดับที่หนึ่ง (กรมประมง, 2556)

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันไทยไม่ได้เป็นผู้ส่งออกกุ้งขาวแวนนาไมในปริมาณมากเป็นลำดับที่ หนึ่งของ โลก แต่กุ้งขาวแวนนาไม ก็ยังคงเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญ และมีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของ ประเทศไทย เพราะยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งต่างประเทศ และในประเทศ (กรมประมง, 2563) ปัญหาสำคัญประการหนึ่ง ในการ เลี้ยง กุ้งขาวแวนนาไมนอกเหนือจากปัญหาเรื่องโรค และ สภาพแวดล้อม ได้แก่ ปัญหาในด้า นคุณภาพเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งกุลาดำ คือ สีของกุ้งหลังจากต้มสุก แล้วจะมีสีซีดไม่แดงเข้มเหมือนกับกุ้งกุลาดำ ไม่เป็นที่ ต้องการของตลาด ทำให้ห้องเย็นรับซื้อกุ้ง ในราคา ลดลง ดังนั้น เกษตรกรที่ ต้องขายกุ้งขาว แวนนาไม ให้กับห้องเย็นที่ต้องการกุ้งต้มสุกที่มีสีแดงเข้ม จำเป็นต้องหาวิธีการทำให้กุ้งขาว แวนนาไมมีสีเข้มขึ้น โดยเฉพาะการผสมสารสี แคโรทีนอยด์ ชนิดแอส ต้าแซนทิน ลงไปในอาหารเพื่อทำให้กุ้ง ขาวแวนนาไม มีสีเข้มขึ้น แต่ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตไป ด้วย ในขณะที่ราคาขายกุ้งขาวแวนนาไมค่อนข้างจะต่ำมากเมื่อเทียบกับราคากุ้งกุลาดำ ในช่วง 15-20 ปี ที่ผ่านมา (ชลอ และคณะ, 2550; ชลอ และคณะ, 2552)

แคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้น ของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ซึ่งสี จากแคโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสี ของสีเหลือง ส้ม และแดง โดยการแสดงออกของสีแดงเป็นแคโร ทีนอยด์ ชนิดแอสตาแซนทีน (astaxanthin) แคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสาร สังเคราะห์ เช่น บีต้าแคโรทีน และแอสตาแ ซนทีน ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้ น นักวิจัยทางด้านอาหารได้ มีการศึกษาการใช้สาหร่ายผสมในอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากสาหร่ายมีโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน กรดอินทรีย์ (สมรักษ์, 2550) คาโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycobilin) ส่งผลให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสู ง มีภูมิคุ้มกันต่อ โรคสูง นอกจากนั้นสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้เร่งสีในสัตว์น้ำอีกด้วย (ธัชศึก และคณะ, 2554)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัย ให้ความสนใจในประเด็นของการใช้ประโยชน์จากสาหร่าย สีแดงน้ำจืด ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้าง และสะสมแคโรทีนอยด์ได้ในปริมาณมากเมื่อเทียบกับพืชและสัตว์อื่น ๆ ได้แก่ สาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii* DeToni) ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก และหาได้ง่ายตามน้ำตกของจังหวัดนครศรีธรรมราช ในการปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไม เป็นการประยุกต์ใช้แคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด เพื่อใช้เป็นแหล่งของสารสีที่มีประสิทธิภาพในอาหารกุ้ง ทั้งในแง่การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย และการเพิ่มระดับสีแดงของกุ้งขาว แวนนาไม ให้ตรงตามความต้องการของตลาด เป็นกา รปรับปรุงคุณภาพผลผลิต และ เพิ่มมูลค่า ของกุ้ง เพื่อการส่งออกได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ หวังผลว่าจะสามารถ ให้ผลในทางที่ดี โดยเฉพาะการเพิ่ม ระดับสีในกุ้งขาว แวนนาไม ในอนาคตอาจเป็นทางเลือกที่สามารถนำสาหร่าย สีแดงน้ำจืด ซึ่งมีสารสีคาโรทีนอยด์ มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสีสัตว์น้ำได้ และ สามารถใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเพื่อ พัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ต่อไป

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาสำคัญประการหนึ่ง ในการ เลี้ยง กุ้งขาวแวนนาไมนอกเหนือจากปัญหาเรื่องโรค และสภาพแวดล้อม ได้แก่ ปัญหาในด้านคุณภาพเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งกุลาดำ คือ สีของกุ้งหลังจากต้มสุกแล้วจะมีสีซีดไม่แดงเข้มเหมือนกับกุ้งกุลาดำ ไม่เป็นที่ ต้องการของตลาด ทำให้ห้องเย็นรับซื้อกุ้งในราคาลดลง ดังนั้น เกษตรกรที่ต้องขายกุ้งขาวแวนนาไมให้กับห้องเย็นที่ต้องการกุ้งต้มสุกที่มีสีแดงเข้ม จำเป็นต้องหาวิธีการทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีสีเข้มขึ้น โดยเฉพาะการผสมสารสี แคโรทีนอยด์ ชนิดแอสต้าแซนทิน ล งไปในอาหารเพื่อทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีสีเข้มขึ้น แต่ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตไปด้วย ในขณะที่ราคาขายกุ้งขาวแวนนาไมค่อนข้างจะต่ำมากเมื่อเทียบกับราคากุ้งกุลาดำในช่วง 15-20 ปีที่ผ่านมา (ชลอ และคณะ, 2550; ชลอ และคณะ, 2552)

ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายขนาดใหญ่มาใช้ ประโยชน์ในทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวาง เพราะสาหร่ายมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่ว่าจะเป็นระดับ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนั้นยังมีกรดอะมิโน และ กรดอินทรีย์ ที่จำเป็น ตลอดจนมีสารสีจำพวกคา โรทีนอยด์ (carotenoid) ดังนั้น ถ้าหากเอามาสกัด และผสมในอา หารเลี้ยงสัตว์น้ำก็น่าจะช่วยให้ สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดี อัตราการรอดสูง มีภูมิคุ้มกันต่อโรคสูง และช่วยในการเร่งสีในสัตว์น้ำได้ ซึ่งหนึ่งในสาหร่ายที่นำมาใช้ประโยชน์ในการเร่งสีสัตว์น้ำ เช่น สาหร่ายสีแดงน้ำจืด

สาหรายสีแดง

สาหร่ายสีแดง เป็นกลุ่มสาหร่ายที่เป็นเส้นสาย การกระจายตัวของสาหร่ายชนิดนี้พบได้ในเขตร้อน และเขตอบอุ น และจะพบใน บริเวณน้ำนิ่งและบริเวณน้ำไหลไม่แรง สาหร่ายสีแดงเป็นสาหร่ายที่พบในทะเลมากกว่าในน้ำจืด จำนวนสปีชีส์ที่พบทั้งหมดรวม 5,000-5,500 สปชีส ซึ่งอยู่ใน 500-600

จีนัส ที่พบในน้ำจืดประมาณ 200 สปีชีส (Kumano, 2002) สาหร่ายสีแดงมีรงควัตถุกลุ่ม ไฟโคบิลินซึ่งประกอบไปด้วยไฟโคไซยานิน และไฟโคเออริทรินเป็นหลัก นอกจากนี้ในวงจรชีวิตสาหร่ายสีแดงจะมีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ เซลล์สืบพันธุ์ยังไม่มีแฟลกเจลลัม (ยุวดี, 2556) สาหร่ายสีแดงน่าจะเป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งก็คงมีความเป็นไปได้จากการศึกษารงควัตถุ และการไม่มีแฟลกเจลลัม ซึ่งเป็นพวกไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และเป็นพวกที่มีกำเนิดมาก่อนสาหร่ายชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้สาหร่ายสีแดงยังเป็นกลุ่มที่สามารถเจริญได้ในน้ำที่มีความลึกกว่าสาหร่ายอื่นๆ คือ อาจพบในระดับ ความลึกถึง 200 เมตร ซึ่งมีแสงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากสาหร่ายชนิดนี้มีรงควัตถุพวกไฟโคเออริทรินปริมาณมาก ซึ่งสามารถจะรับแสงสีเขียวและสีเหลือง ซึ่งจะลอดผ่านไปยังทะเลส่วนที่ลึกได้ แล้วนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ในขณะที่แสงสีแดงและสีน้ำเงินจะถูกคลอโรฟลลเอและบีของแพลงก์ตอนพืชที่อยู่บริเวณผิวน้ำดูดไปใช้ปริมาณมาก ดังนั้นสาหร่ายสีแดงที่อยู่ในทะเลลึกจึงมีสีแดงเข้มกว่าที่อยู่บริเวณน้ำตื้น เนื่องจากมีรงควัตถุพวกไฟโคเออริทรินปริมาณมาก

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีแดง (ยุวดี, 2556)

ลักษณะของทัลลัส

ทัลลัสของสาหร่ายสีแดง ส่วนใหญ่จะเป็นเส้นสายที่แตกแขนงจำนวนมาก มองดูคล้ายต้นไม้ขนาดเล็ก ๆ ที่มีสีแดง ขนาดของทัลลัสไม่ใหญ่มากนัก แต่ก็มีสาหร่ายสีแดงบางชนิดในเขตอบอุ่นอาจจะมีความยาวถึง 1-2 เมตร การแตกแขนงของทัลลัส แตกออกจากแกนกลาง (main axis) เพียงแกนเดียวหรือเส้นสายเดียว (uniaxial) หรือแตกแขนงจากแกนกลางหลาย ๆ แกนหรือหลายเส้นหลายสาย (multiaxial) ก็ได้ แต่สาหร่ายสีแดงบางชนิดมีลักษณะของทัลลัสเป็นแผ่นแบนยาว ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวกันแบบเนื้อเยื่อพาเรนไคมา เช่น ที่พบในสกุล Porphyra ทัลลัสของสาหร่ายสีแดงประกอบด้วยเซลล์หลายชั้น ชั้นนอกเป็นชั้นเซลลคอร์เทกซซึ่งมีรงควัตถุอยู่มาก เซลล์มีขนาดเล็ก ชั้นกลางจะเป็นชั้นเมดดูลลาซึ่งเป็นเซลลขนาดใหญ่มีรงควัตถุอยู่น้อย

รงควัตถุ

รงควัตถุในสาหร่ายสีแดงประกอบด้วย

(1) คลอโรฟลลซึ่งเป็นคลอโรฟลลเอ

(2) แคโรตินอยด ประกอบด้วย

- แอลฟาและเบตาแคโรทีน
- แซนโทฟลลมีหลายชนิด เช่น ลูเทอีน ซีอาแซนทิน ไวโอลาแซนทิน นีโอแซนทิน และทาราแซนทิน

(3) ไฟโคบิลิน ประกอบดวย 5 ชนิด ไดแก

- อาร-ไฟโอไซยานิน
- อัลโลไฟโคไซยานิน

- อาร-ไฟโคเออริทริน
- ซี-ไฟโคเออริทริน
- บี-ไฟโคเออริทริน

รงควัตถุพวกคลอโร ฟลล์ และแคโร ทีนอยด์ จะเรียงกันอ ยู่ในไทลาคอยด์ ส่วนพวกไฟโคบิลิ น จะอยู่ในออร์กาเนลล์ ที่เรียกวา ไฟโคบิลิโซม ซึ่งเป็ นแกรนูลเล็ก ๆ เรียงกันอยู บนผิวไทลาคอยด ไทลาคอยดของสาหร่ายชนิดนี้จะเรียงกันเดี่ยว ๆ เป็นถุงชั้นเดียว

ประโยชนของสาหร่ายสีแดง

1. ใช้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย หลบซ่อนศัตรู และเป็นอาหารของสัตว์น้ำขนาดเล็ก
2. ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม แสง
3. ใช้เป็นอุตสาหกรรมอาหาร สวนใหญ่นิยมบริโภคในต่างประเทศ เช่น จีน ญี่ปุน อินเดีย และฟจิ สาหร่ายสีแดงบางชนิดสามารถนำไปสกัดเป็นวุ้น เพื่อนำไปใช้ประกอบอาหาร และเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
4. ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่ องสำอาง สาหร่ายประกอบด้วยสารเคมีบางชนิดที่ช่ วยในการรักษาผิวหนัง การศึกษาในประเทศญี่ปุ่น พบว่า เครื่องสำอางที่ใช้สาหร่ายหรือสารสกัดจากสาหร่ ายเป็นส่วนผสม จะช่วยให้ผิวพรรณดีขึ้นและลดริ้วรอยได้
5. ใช้ในอุตสาหกรรมทางการแพ ทย์ โดยการสกัดเป็นยารักษาโรค เนื่องจากสาหร่ ายสีแดงบางชนิดสามารถสร้างสารปฏิชีวนะได

สาหร่ายสีแดงน้ำจืด

สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นกลุ่มของสาหร่ายที่มีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ โดยมีประมาณ 200 ชนิด (Kumano, 2002) เป็นกลุ่มสาหร่าย ที่พบการกระจายได้ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว มีขนาดแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ขน าดเล็กจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นไปจนถึงขนาดใหญ่มากยาวได้ถึง 2 เมตร โดยทั่วไปสาหร่ายกลุ่มนี้มีการกระจายอยู่ในแหล่งน้ำไหลเอื่อยๆ ที่มีอุณหภูมิของน้ำต่ำ และมักยึดเกาะกับวัสดุ หรือก้อนหินบริเวณที่มีความเร็วของกระแสน้ำไม่แรงมากนัก ดังนั้นจึงมักพบสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ในบริเวณต้นน้ำ โดยมีรายงานชนิดและการแพร่กระจายของสาหร่าย สีแดงน้ำจืด ครั้งแรกของประเทศไทยพบที่เกาะช้าง จังหวัดตราด (Lewmanomont *et al*., 1995)

การจำแนกชนิดของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดตามหลักอนุกรมวิธาน

สาหร่ายสีแดงน้ำจืด *Caloglossa beccarii* De Toni มีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธานดังนี้

Kingdom Plantae

Division Rhodophyta

Class Florideophyceae

Order Ceramiales

Family Delesseriaceae

Genus *Caloglossa*

Species *beccarii* De Toni (Kumano, 2002)

กุ้งทะเลเศรษฐกิจของประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่การเลี้ยงกุ้ งทะเล ขยายตัว อย่างมากนับตั้งแ ต่ปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา ในช่วงการเปลี่ยนแปลงสูงสุด พบว่า มีอัตราเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 90 เนื้อที่การเลี้ยงกุ้งทะเลทั้งประเทศใน ปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 427,551 ไร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบพัฒนาจำนวน 351,049 ไร คิดเป็นร้อยละ 82.1 ของเนื้อที่เลี้ยงทั้งหมด (กรมประมง, 2550) ซึ่งในด้านผลผลิตกุ้งทะเลจากการ สำรวจ พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 กุ้งที่มีผลผลิตเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ได้แก่ กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้ง กุลาดำ มีปริมาณผลผลิต 310,700 และ 14,800 ตัน คิดเป็น 55,781.9 และ 3,246.6 ล้านบาท ตามลำดับ (กรมประมง, 2556) จัดได้ว่า กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ เป็นกุ้งทะเลที่มีความสำคัญ ทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยคาดว่าผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจะมีปริมาณการส่งออกเพิ่มสูงขึ้นใน อนาคต

กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม (Pacific white shrimp หรือ White leg shrimp) หรือกุ้งขาว อยู่ในไฟลัม Arthropoda วงศ์ Penaeidae ชั้น Malacostraca อันดับ Decapoda กุ้งขาวแวนนาไม มีชื่อ วิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* การพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมได้มีการ ดำเนินการในต่างประเทศมาเป็นเวลานานไม่ต่ำกว่า 20 ปี โดยเฉพาะที่สถาบัน Oceanic Institute มล รัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีการคัดเลือกสายพันธุ์ (trait) ที่มีคุณลักษณะเฉพาะตามที่ต้องการ อาทิมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

ลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไม

1. ลักษณะรูปร่าง กุ้งขาวแวนนาไมโดยทั่วไป เมื่อสมบูรณ์เต็มที่ขนาดตัวของกุ้งสายพันธุ์นี้มี ขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ และตัวเมียจะใหญ่กว่าตัวผู้โดยมีลักษณะรูปร่าง ดังนี้ (ธวัชชัย, 2545)

1.1 ส่วนหัว ส่วนหัวมี 1 ปล้อง หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม กรีจะมีแนวตรงปลายงุ้มล ง เล็กน้อย เมื่อโตขึ้นฟันกรีด้านบนจะมี 8 ฟัน และด้านล่าง 2 ฟัน ร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด สีแดงเข้ม ความยาวของกรี จะยาวกว่าลูกตาไม่มาก ส่วนของกรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม มีสีแดงอมน้ำตาล

1.2 ส่วนลำตัว ลำตัวมี 6 ปล้องและมีสีขาว เปลือกตัวสีขาว อมชมพูถึงแดง เปลือกบาง หน้าอกใหญ่การเคลื่อนไหวเร็ว ขาเดินหรือระยางค์อกมี 5 คู่ ขาเดินมีสีขาวเป็นลักษณะโดดเด่น และขา ว่ายน้ำมี 5 คู่ มีสีขาวข้างในที่ปลายมีสีแดง

1.3 ส่วนหาง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบและ 1 กรีหาง

2. ลักษณะทั่วไป กุ้งขาวแวนนาไมหากินทุกระ ดับความลึกของน้ำ ชอบว่ายล่องน้ำแก่ง ลอกคราบเร็วทุกๆ สัปดาห์ ไม่หมกตัว มีความแข็งแรงและทนทาน จึงมีการ กระจายไปต ามธรรมชาติได้กว้างไกล ในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบียและบราซิล เลี้ยงได้ทั้งระบบธรรมชาติ แ ละระบบกึ่งหนาแน่น ลักษณะพิเศษของกุ้ง คือ สามารถสร้างความคุ้นเคยหรือปรับลักษณะนิสัยภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้ แต่มีนิสัยที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง ตื่นตกใจง่าย กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเพาะเลี้ยงได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง หรือบริเวณพื้นที่ ที่มีความเค็มต่ำ แต่ระดับความเค็มที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี คือ 10-22 ส่วนในพันส่วน ส่วนอุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบได้ดี คือ 26-29 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่า 4-9 มิลลิกรัมต่อลิต ร และค่าความเป็นกรดและด่าง ควรอยู่ระหว่าง 7.2-8.6 ซึ่งกุ้ง ชนิดนี้ อาศัยอยู่ใน น้ำที่มีความกระด้างรวม ประมาณ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอัลคาไลน์ในช่วง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร (ธวัชชัย, 2545)

3. อาหารและการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่กินไ ด้ทั้งพืชและสัตว์ รวมทั้ งจุลินทรีย์ และซากเน่าเปื่อย ชอบกินอาหารกลางน้ำเป็นส่วนใหญ่ สำหรับอาหารที่ตกลงไปอยู่ที่พื้นก้นบ่อแล้ว กุ้งจะลงไปโฉบและอุ้มขึ้นมาแทะกิน กุ้งขาวแวนนาไมจะกินอาหารได้ดีตั้งแต่เวลา 08.00 น. จนถึง 20.00 น. (ภิญโญ, 2545) สำหรับความต้องการโปรตีนจะแตกต่างกันตามช่วงอายุของกุ้ง โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารจะลดลงเมื่ออายุของกุ้งเพิ่มขึ้น ในช่วงวันที่ 1 ถึง 40 ให้อาหารที่มีโปรตีนสูง 40% (ปิยะบุตร, 2545)

การใช้สาหร่ายเสริมในอาหารสัตว์น้ำ

สาหร่ายเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีรายงานการใช้สาหร่ายเสริมในอาหารสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น *Spirulina* sp. (Kiriratnikom and Suwanpugdee, 2005) *Spirulina platensis* (Becker and Venkataraman, 1984) *Nostoc* (ศรีประภา และคณะ, 2557) *Spongi-ococum excentricum* (Knauer and Southgate, 1996) และ *Nostoc commune* (สุนีรัตน์ และคณะ, 2555) โดยรงควัตถุที่ในสาหร่ายที่ทำให้เกิดสีสันในปลาคือ แคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ (Lovell, 1934)

ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้มีการนำสาหร่ายมาเสริมอาหารเพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ จงกลและคณะ (2552) ได้ทดลองเลี้ยงปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* เพื่อเพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลา ส่วนการใช้สาหร่าย *Spirulina* sp. ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงปลานิลสีแดงจะ เพิ่มแคโรทีนอยด์ในเนื้อของปลาด้วย (จงกล และนิวุฒิ, 2546) สาหร่าย *Spirulina platensis* ยังทำให้ปลาดุกมีภูมิคุ้มกันมากขึ้น ส่วนในปลาสวาย Amit *et al*., (2013) ได้ทดลองผสมสาหร่าย *Spirulina* 5% จะทำให้ อัตราการรอดตายของปลาสวายสูงถึง 94% และอาหารที่ผสม สาหร่าย *Spirulina* 20% เป็น

ระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาเลียหินเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ อีกด้วย (สุจนีย์ และคณะ, 2554) ในปลาตะกรับที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายไส้ ไก่มีผลให้การเพิ่มระดับไลโซไซม์และปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของปลาตะกรับ เพ็ญศรี และคณะ (2556) จงกล และขจรเกียรติ์ (2548) ได้ทดลองในกุ้งก้ามกรามโดยมีการ ให้อาหารกุ้งผสมสาหร่าย *Spirulina* ทำให้กุ้งมีขนาดใก ล้เคียงกันและสีกุ้งเข้มขึ้น โดยการใช้สาหร่าย *Spirulina* ผสมในอาหาร 5% อีกทั้ง Menasveta *et al*. (1993) ได้นำสาหร่ายสีน้ำตาล *Chnoospora minima* มาสกัดสารสีแอสตาแซนทิน เพื่อเสริมในอา หารกุ้งให้เนื้อกุ้งเมื่อต้มมีสีแดงสวย ทำให้ราคาผลผลิตมีราคาสูงขึ้น

ในปลาสวยงามสาหร่ายจะมาส่วนช่วยในเรื่องสีสันของปลาทำให้ปลามีราคาสูงขึ้น โดย สุนีรัตน์ และคณะ (2555) ได้นำสาหร่าย *Nostoc commune* แบบสดและแห้งมาผสมอาหารแล้วไปทดสอบกับปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi* พบว่าสาหร่าย *N. commune* สามารถใช้ผสมในอาหารเพื่อเพิ่มภูมิ คุ้มกันและเป็นแหล่งสารสีสำหรับเลี้ยงปลาหมอ สี Kenyi Cichlid ได้ โดย *N. commune* แห้ง ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและทำให้อัตราแลกเนื้อดีกว่า ส่วน *N. commune* สด ทำให้ระดับความทนต่อเชื้อโรคและสีน้ำ เงินสวยกว่า ในปลาแฟนซีคราฟการใช้สไปรูลินาสดและผง เป็นอาหารเลี้ยงปลาแฟนซีคราฟ มีผลทำให้การเติบโต ดัชนีความสมบรูณ์เพศ สารสีคาโรทีนอยด์ ทำให้ปลาสีสวยขึ้นและภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น (จงกล และคณะ, 2555)

การทดลองใช้สารสีคาโรทีนอยด์ในสัตว์น้ำ

คาโรทีนอยด์ เป็นสารสีที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมุลอิสระ (antioxidant) ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการเกิดสี ทำให้สิ่งมีชีวิตมีสีตัวแตกต่างกันไป ซึ่งสีจากคาโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลือง ส้ม และแดง สารสีคาโรทีนอยด์มีหลายกลุ่มจึงทำให้การแสดงออกของสีในปลาแตกต่างกันออกไป เช่น การแสดงออกของสีแดงในปลาทองเป็นคา โรทีนอยด์ชนิดแอสต้าแซนทีน (astaxanthin) โดยสารกลุ่มคาโรทีนอยด์ประกอบ ด้วยส ารหลายชนิด เช่น บีตา- คาโรทีน (β-carotene) เซียแซนทีน (zeaxanthin) ลูทีน (lutein) แอสตาแซนทีน และแคนตาแซนทีน (cantaxanthin) เป็นต้น คาโรทีนอยด์ ชีวภาพ (bioavailability) ที่ใช้ใน สัตว์น้ำมีหลายชนิด แต่ละชนิด ก็มีความแตกต่าง กัน (Chien and Jeng, 1992) นอกจากนี้คาโรทีนอยด์ ชนิดเดียวกันก็ยังพบได้ทั้งในรูปคาโรทีนอยด์อิสระ และในรูปเอสเทอร์ ซึ่งให้ผลการใช้เป็นแหล่งสารสีในสัตว์น้ำต่างกัน และในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามมัก เกิดการสะสมของมลสารในระบบเลี้ยง ปัญหาคุณภาพน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด และโรคระบาดได้ง่าย ด้วยคุณสมบัติการเป็นสารต้านอ นุมูลอิสระของคาโรทีนอยด์จึงช่วย ให้ปลาสวยงามมีความต้านทานต่อความเครียดและความต้านทานโรคเพิ่มสูงขึ้น (Hunter, 2000) จากรายงานการวิจัยข้างต้ นแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องเสริมคาโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลาสวยงามเศรษฐกิจ เพื่อช่วยในด้านความต้านทานต่อความเครียด และช่วยปรับปรุงสีของสัตว์น้ำให้มีคุณภาพสูงขึ้น

การใช้สาหร่ายเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตในกุ้ง

เนื่องจากสาหร่ายนั้นอุดมไปด้วยคุณค่าสารอ าหารมากมาย นักโภชนาศาสตร์สัตว์น้ำจึงได้ทำการทดลองใช้สาหร่ายเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำหลาย ๆ ชนิด โดยเฉพาะกุ้งทะเลเศรษฐกิจ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกุ้งเหล่านั้น เช่น สาหร่ายผมนาง ซึ่ง อุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารมากมาย เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดไขมันที่ไม อิ่มตัว วิตามิน แร ธาตุ และสารเยื่อใย นอกจากนี้ สาหร่ายผมนางยังมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพลีแซคาไรด์จึงเป็นแหล่งของสารเยื่อใยที่ให้ พลังงานต่ำ จากการศึกษาคุณค่าทางสารอาหารของสาหร่ายผมนางตามธรรมชาติของ ระพีพร และคณะ (2549) พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย แล ะเถ้า เท่ากับ 7.47, 3.85, 63.8 และ 17.5 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีโ พแทสเซียม และคลอไรด ระดับสูง มีกรดอะมิโนที่สำคัญในสาหร่ายนี้ คือ Valine, Leucine และ Isoleucine และสาหร่ายนี้ยังอุดมไปด้วยเบต้า –คาโรทีน (β–carotene) และเส้นใยในปริมาณมาก

วีรเทพ (2553) ทำการศึกษาการใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำโดยมีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลอง จำนวน 6 สูตร ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รายงานว่า กุ้งกุลาดำ ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบนั้นมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมที่ไมมีสาหร่ายผมนางในทุก ด้าน ไดแก น้ำหนักตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักตัว ที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเจริญเติบ โตต่อตัวต่อวัน และยังพบว่าอาหารทดลองที่มีสา หร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสัดส่วนร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด Peñaflorida and Golez, (1996) ทำการทดลองใช้สาหร่าย ทะเลขนาดใหญ่ (Macroalgae) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้ง รายงานว่าสามารถทำให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีขึ้นเมื่อใส สาหร่ายเป็นส่วนผสมในระดับต่ำหรือน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งจากการทดลอง พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของ กุ้งกุลาดำขนาด 200 มิลลิกรัมดีที่สุดเมื่อ เลี้ยงด้วย อาหารที่มีส่วนผสมของสาห ร่ายทะเล สีแดง Elkhorn sea moss (*Kappaphycus alvarezii*) ร้อยละ 5 เช่นเดียวกับ Briggs and Funge–Smith (2008) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วย อาหารที่มีส่วนผสมของสาห ร่าย *Gracilaria* spp. ที่ระดับร้อยละ 0–15 แต่มีอัตราต่ำลงเมื่อเลี้ยงด้วย อาหารที่มีสาห ร่าย *Gracilaria* spp. ร้อยละ 30 ซึ่งผลทางลบที่เกิดขึ้นนั้นมาจากปริมาณ เถ้าที่สูง ระดับโปรตีนที่ ต่ำ และการมีกาก จำนวนมากในอาหารทดลอง เมื่อใสสาหร่ายในสัดส่วนที่มากเกินไป ในขณะที่ Cruz–Suárez *et al*. (2008) รายงานว่า เมื่อใสสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva* spp.) ในอาหาร กุ้งที่สัดส่วนร้อยละ 3.30 มีผลให้การเจริญเติบโต ดีกว่าอาหารที่มีสาห ร่ายทะเล *Ascophyllum* spp. และ *Macrocytis* spp. ที่สัดส่วนเดียวกัน แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างหน่วย การทดลอง อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Da Silva and Barbosa (2008) แสดงให้เห็นว่า การใช้สาหร่าย ทะเลสีแดง *Hypnea cervicornis* และ *Cryptonemia crenulata* เป็นแหล่งโปรตีน (ผงสาหร่าย) ในอาหาร กุ้งที่ระดับต่าง ๆ กัน ไดแก ร้อยละ 39, 26, 13 และ 0 (สูตร

ควบคุม) ไมส่งผลต่อผลผลิตรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final Biomass) ผลผลิตรวมที่ได้รับ (Biomass Gain) และอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (Specific Growth Rate) ให้แตกต่างกันระหว่างหน่วยการทดลอง สวนการศึกษาของ Sirikanya (2004) พบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ใสในอาหาร กุ้งกุลาดำร้อยละ 2.50 ทำให้กุ้งกุลาดำ มีความยาวสูงสุด คือ 2.58 มิลลิเมตร มาก กว่าการใส่สาหร่ายที่ร้อยละ 7.50 และ 10 ที่มีความยาวเท่ากันอยู่ที่ 2.51 มิลลิเมตร เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 28 วัน แต่ไมมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับการทดลองใช้กุ้งที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นมากขึ้น คือ 3.80 กรัม โดยใช้สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* และสัดส่วนของสาหร่ายเท่ากันกับการการทดลองครั้งแรก และ ทำการเลี้ยง เป็นระยะเวลา 56 วัน กลับ พบว่า สาหร่าย *Ascophyllum nodosum* ที่ร้อยละ 5 ส่งผลให้กุ้งกุลาดำมีความยาวมากที่สุด คือ 9.77 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าการใส่ที่ร้อยละ 7.50 และ 10 แต่ไมมีความแตกต่าง กันทางสถิติ (P>0.05) สวนน้ำหนักที่ได ก็พบว่าที่ระดับสาหร่ายร้อยละ 5 กุ้งกุลาดำมีน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากรายงานหลาย ๆ ชิ้นตามที่ กล่าวมาข้างต้น การใช้สาหร่าย ทะเลขนาดใหญ่ (Microalgae) ไดแก *Gracilaria heteroclada*, *Gracilaria* spp., *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva* spp., *Hypnea cervicornis*, *Cryptonemia crenulata* และ *Ascophyllum nodosum* สามารถทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตไดดีขึ้น

การใช้สาหร่ายเพื่อเพิ่มสีในกุ้ง

วีรเทพ (2553) ได้ทำการศึกษาถึงการใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ โดยมีสาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลอง จำนวน 6 สูตร ในอัตราร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รายงานว่า จากการวิวิเคราะห์คุณภาพสีของกุ้งกุลาดำหลังการต้มด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในระบบ CIE (L*a*b*) ผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงที่สุด สวนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ที่ไมมีสาหร่ายผมนางให้ค่าความเป็นสีแดงต่ำสุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระหว่างหน่วยการทดลอง ในขณะที่ผลการทดสอบค่าความเป็นสีขาว หรือความสว่าง (L*) พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับสาหร่ายผมนางร้อยละ 5 (สูตรที่ 6) ให้ค่าความเป็นสีขาว หรือความสว่างสูงที่สุด สวนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองที่มีระดับ สาหร่ายผมนางร้อยละ 3 (สูตรที่ 4) ให้ค่าความเป็นสีขาวหรือความสว่างต่ำสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระหว่างหน่วยการทดลองเช่นเดียวกัน

ผลดัง กล่าวผู้วิจัยอธิบาย ได ว า การเกิดสารสีหรือ รงควัตถุ ในสัตว์น้ำจำพวกครัส เตเชียน (rustacean) ไดรับมาจากแหล่งอาหาร ปริมาณต่อหน่วยที่ไดรับ ระยะเวลาในการเลี้ยง ส วนผสมในอาหาร และปริมาณการตรึงคาโรทีนอยด (Carotenoid Esterification) เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายผมนางเป็นสาหร่ายสีแดงที่ มีรงควัตถุหรือสารสี ประกอ บดวย คลอโรฟ ลล เอ คลอโรฟ ลล ดี คาโรทีนอยด เช่น แอลฟา และเบตา – คาโรทีน (**α**– and **β**–carotene) แซนโทฟลลมีหลายชนิด ไดแก ลูเทอีน (Lutein)

ซีอาแซนทิน (Zeaxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) และทาราแซนทิน (Taraxanthin) นอกจากนี้ ยังมีไฟโคบิลิน (Phycobilin) เชน อาร–ไฟโคอิริทริน เป็นต้น (กาญจนภาชน, 2527 และ Burtin, 2003) ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มคุณภาพสี Menasveta *et al*. (1993) ได ประเมินประสิทธิภาพสารสีหรือรงควัตถุของอาหารที่ ผสมด้วย แอสตาแซนติน 50 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับสารสกัดจากสา หร่ายสีน้ำตาล (*Chnoospora minima*) ร้อยละ 3 ที่มีต่อกุ้งกุลาดำ พบว่า คาโรทีนอยด จากอาหารที่มีในสา หร่ายสีน้ำตาล ทำให้ คาโรทีนอยด ในส่วน ประกอบของ กุ้งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Cruz–Suárez *et al*. (2008) รายงานว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Ulva clathrata* ร้อยละ 3.30 ทำให้เกิดสารสีในตัว กุ้งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผสมสาหร่าย *Macrocystis* spp. และ *Ascophyllum* spp. ซึ่งสารสีที่มีในสา หร่าย *Ulva clathrata* ประกอบไปด้วย ลูเทอีน (Lutein) กวารอยละ 80 ทำให้มีกระบวนการเมตาบอลิซึมดี ขึ้น และสะสมในตัวกุ้งได้ดีกว่ารูปแบบออกซิไดซที่พบในฟูโคแซนติน (Fucoxanthin) ที่ไดจากสาหร่าย *Ascophyllum* spp. นอกจากนี้ Supamattaya *et al*. (2005) รายงานว่า คุณภาพสีของกุ้งหลังการต้มมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วย อาหารที่ใส สารสกัดจากสา หร่าย *Dunaliella* spp. ที่มีเบตา–คาโรทีน (β–carotene) 200 มิลลิกรัม และ 300 มิลลิกรัมเมื่อเปรี ยบเทียบ กับกลุ่มควบคุม ที่ไมมีเบตา–คาโรทีน และกลุ่ม ที่ใส โซเดียมคลอไรด (NaCl) เช่นเดียวกับ Boonyaratpalin *et al*. (2001) รายงานว่า สารสังเคราะหเบต้า–คาโรทีน ปริมาณ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และสารสกัดเบตา–คาโรทีนจาก *D. salina* ปริมาณ 125–175 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นแหล่งสารสี ของกุ้งกุลาดำ ซึ่งจากการ วิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากุ้งกุลาดำมีความสามารถในการเผาผลาญ (Metabolic Ability) แล้วเปลี่ยนเบตา–คาโรทีนเป็นรูปของแอสตาแซนตินที่เป็นรูปแบบสารสีที่ประกอบในตัวกุ้งได้

การเกิดสีสันที่เข้มสดใสขึ้น ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่ม หรือช่วยให้ราคากุ้งเพิ่มสูงขึ้นได้ สร้างศักยภาพให้สามารถแข่งขันทางด้านการตลาดของ กุ้งทะเล โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำของประเทศไทยต่อไป ดังนั้น ผู้เลี้ยงควรคำนึงถึงอาหารที่ให้กับ กุ้งดังกล่าว ว่ามีคาโรทีนอยด์เพียงพอ เมื่อกุ้งได้รับอา หารที่มีคาโรทีนอยด์ แล้วจะทำให้มีสีสันสวยงามได้ การศึกษาในครั้งนี้ จึงทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) ตลอดจนศึกษาผลของการใช้สารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตอาหารเพิ่มระดับความเข้มของสีในอาหารสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสารสีในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii* DeToni)

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดหยาบ (crude extract) จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กันในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะสามา รถพัฒนาอาหาร กุ้ง อาหาร สัตว์น้ำไปในทิศทาง และความต้องการที่เหมาะสมขึ้น เป็นการ ช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการประมง โดยเฉพาะกุ้งทะเล และยกระดับการผลิตให้มีมาตรฐาน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ในการลดต้นทุนการผลิต โดยองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นทางเลือ กเพิ่มเติม สำหรับเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ง และผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ อาหารปลาสวยงาม อีกทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ในการ สกัดสารสีจากสาหร่าย เพื่อ พัฒนาเป็นวัตถุดิบอาหาร กุ้ง และอาหาร ปลาสวยงาม ให้แก่ นิสิต นักศึกษา หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้ง ปลาสวยงาม และผู้ประกอบการทุกระดับ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ อาหารปลาสวยงาม และส่งเสริมให้มีการนำนำไปใช้ได้จริง และเพื่อรองรับนโยบายของรัฐบาลทางด้านการเกษตร 4.0 ของประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ทำการทดลอง หาระดับความเข้มข้น ที่เหมาะสมของ สารสกัดหยาบ (crude extract) จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตรารอดตาย และระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไมต้ม มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับความเข้มข้น ของสารสกัดหยาบ (crude extract) จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ในอาหารเม็ดกุ้งขาวแวนนาไมสำเร็จรูปที่ต่างกัน 7 ระดับคือ 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม ตออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 7 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรควบคุม อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสารสกัดหยาบ (crude extract)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 50 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 100 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 150 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 5 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 200 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 6 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 250 มก.ตออาหาร 1 กก.
ชุดการทดลองที่ 7 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสารสกัดหยาบ 300 มก.ตออาหาร 1 กก.

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงใน ตู้กระจก ขนาด 50x100x50 เซนติเมตร จำนวน 21 ตู้ ตามชุดการทดลอง ทำความสะอาด เติมน้ำทะเลที่สะอาด สูง 30 เซนติเมตร ซึ่งจะมีปริมาตรน้ำในตู้กระจกเท่ากับ 150 ลิตร แต่ละตู้ทดลองทำระบบน้ำหมุนเวียนภายใน ให้อากาศในตู้ทดลองตลอดเวลาโดย ใช้สายยางและหัวทราย ด้านบนปิดด้วยซาแลนเพื่อกันไม่ให้กุ้งดีดตัวหลุดออกจากตู้ทดลอง

การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย

สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเก็บจากน้ำตกในเตา จ .นครศรีธรรมราช (N 07° 57.515; E 099° 46.474) นำสาหร่ายสดที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ทิ้งไวให้แหง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสาหร่ายแหง แบ่งสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) ที่อบแห้งไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) และนำมาสกัดเพื่อให้ได้ปริมาณของ สารสกัดหยาบ (crude extract) ของสารสีแคโรทีนอยด (carotenoid) ก่อนนำไปผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมต่อไป

การเตรียมสารสกัดหยาบจากสาหร่าย

ทำการสกัดสาหร่ายด้วยการดัดแปลงตามวิธีของ de Quiros and Costa (2006) โดยนำสาหร่ายตากแห้งมาบดให้ละเอียดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในขวดสีชา จากนั้นเติมเอทาน อล 95% v/v ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำไปทำให้เซลล์แตกด้วยคลื่นความถี่สูงนาน 5 นาที และแช่ทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้รงควัตถุถูกสกัดออกมาจากเซลล์ แล้วนำสารละลายไปปั่นแยกเศษเซลล์ที่ 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายที่ได้นำไปกลั่นร ะเหยสุญญากาศทำให้เข้มข้นจนได้สารสกัดอยู่ในรูป crude extract นำไปชั่งน้ำหนักและเก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อทำการทดลองต่อไป

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไม PL15 จากฟาร์มเพาะฟัก และอนุบาลลูกกุ้งของเอกชน มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุน้ำ 6 ตัน (1.5X4 X1 เมตร) ให้อาหารสำเร็จรูปทางการค้าวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกกุ้งเคยชินกับอาหารเม็ด อนุบาลลูกกุ้งเป็นระยะเวลา 60 วันจนได้ลูกกุ้งหนักประมาณ 3-5 กรัม หรือได้ขนาดความยาวประมาณ 5–7.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นสุ่มกุ้งไปเลี้ยงในตู้ทดลอง จำนวน 30 ตัว/ตู้ ทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของกุ้งในทุกชุดการทดลอง

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป กุ้งขาวแวนนาไม มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

นำสารสกัดที่อยู่ในรูป Crude extract มาละลายใน absolute ethanol ตามระดับความเข้มข้นตามแผนการทดลอง แล้วไปสเปรย์ให้ทั่วอาหาร เม็ดสำเร็จรูป กุ้งขาวแวนนาไมทดลอง ที่แผ่กระจายบาง ๆ บนแผ่นพลาสติก ผึ่งลมให้แห้งในห้อง อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 7 สูตรในทุกตู้กระจกทดลองตามแผนการทดลองด้วยอาหารเม็ดทั้ง 7 สูตร ตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น และจะให้อาหารทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ให้จนกุ้งกินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากอาหารในถังทดลองเหลือเพียงเล็กน้อย ไม่ให้เผื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่กุ้งกิน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR) และปรับปริมาณอาหารตามปริมาณการกินอาหารของกุ้ง

การศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตาย

ทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 15 ตัว/ตู้ เพื่อชั่งน้ำหนักทุก ๆ เดือน ทำการทดลองเลี้ยง 4 เดือน และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) ได้แก่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ADG, กรัมต่อวัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) และอัตรารอดตาย (survival rate, %) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, %)

$$= \frac{\text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น.น. กุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{น้ำหนักกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, % ต่อวัน)

$$= \frac{\text{ln น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ln น.น. กุ้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG, กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น.น. กุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น.น. กุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) $= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กุ้งกินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$

น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักกุ้งทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเริ่มต้น

อัตรารอดตาย (Survival rate, %) $= \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

การวิเคราะห์คุณภาพสี

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพสีกระทำโดยสุ่มเลือกกุ้งหลังสิ้นสุดการทดลองหน่วยทดลองละ 10 ตัว จำ นวน 3 ซ้ำ นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเว ลา 3 นาที เพื่อวัดสีกุ้งทั้งเปลือกในระบบ CIE (Commission International de'l Eclairage, *L*a*b**) ด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hunter lab Colorimeter) รุ่น Ultra scan Vis, Hunter Assoc, Lab, Inc., USA ตั้งหมวดการวัดค่าสีเป็นระบบ CIE LAB; *L*a*b** ช่องเปิดขนาด 8.00 มิลลิเมตร นำตัวอย่างกุ้งวางให้ตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวตรงกับช่องเปิด ปิดด้วยกล องสีดำ เพื่อป้องกันแสงจากภายนอก โดยที่ *L** เป็นผลการวัดค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 100=ขาว ถึง 0=สีดำ *a** เป็นค่าของสีแดงและสีเขียว ค่าบวกจะเป็นสีแดง ค่าลบ

จะเป็นสีเขียว และ *b** เป็นค่าของสีเหลืองและสี น้ำเงิน ค่าบวกจะเป็นสีเหลือง ค่าลบจะเป็นสีน้ำ เงิน (ชลอ และคณะ, 2550)

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระหว่างการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter (Clean รุ่น pH 500B) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิตอล YSI Model 650 MDS ความเป็นด่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration) แอมโมเนีย (ด้วยวิธี Koroleff's Indophenol Blue Method) และไนไตรท์ (ด้วยวิธี Colorimetric Method)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำการหาค่า การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และการศึกษาสีผิวเปลือกภายนอก ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารเม็ดกุ้งขาวแวนนาไมสำเร็จรูปที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม นำมาใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 2.64±0.21 กรัม เป็นเวลา 4 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

องค์ประกอบทางเคมีและสารสีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดอบแห้ง พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต (NFE) และ แคโรทีนอยด์ เท่ากับ 19.83±0.03, 1.40±0.04, 8.23±0.01, 48.82±1.75, 3.86±0.02, 17.86±1.23 เปอร์เซ็นต์ และ 0.070±0.01 mg g^{-1}cell ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chankaew *et al.* (2017) รายงานว่า สาหร่ายสีแดงน้ำจืดชนิดเดียวกันนี้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 0.076±0.01 mg g^{-1}cell

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด (*Caloglossa beccarii*) อบแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
โปรตีน (%)	19.83±0.03
ไขมัน (%)	1.40±0.04
ความชื้น (%)	8.23±0.01
เถ้า (%)	48.82±1.75
เยื่อใย (%)	3.86±0.02
คาร์โบไฮเดรต (%)	17.86±1.23
Carotenoid (mg g^{-1}cell)	0.070±0.01

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของ กุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 4 เดือน พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1 ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลอง กุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้ทดลองทั้งหมดมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 2.64±0.21 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของ กุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดการ

ทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของ กุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 45.26±5.23, 47.38±4.68, 49.06±4.73, 48.02±6.08 และ 45.06±6.02 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ± SE, หน่วยเป็นกรัม) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

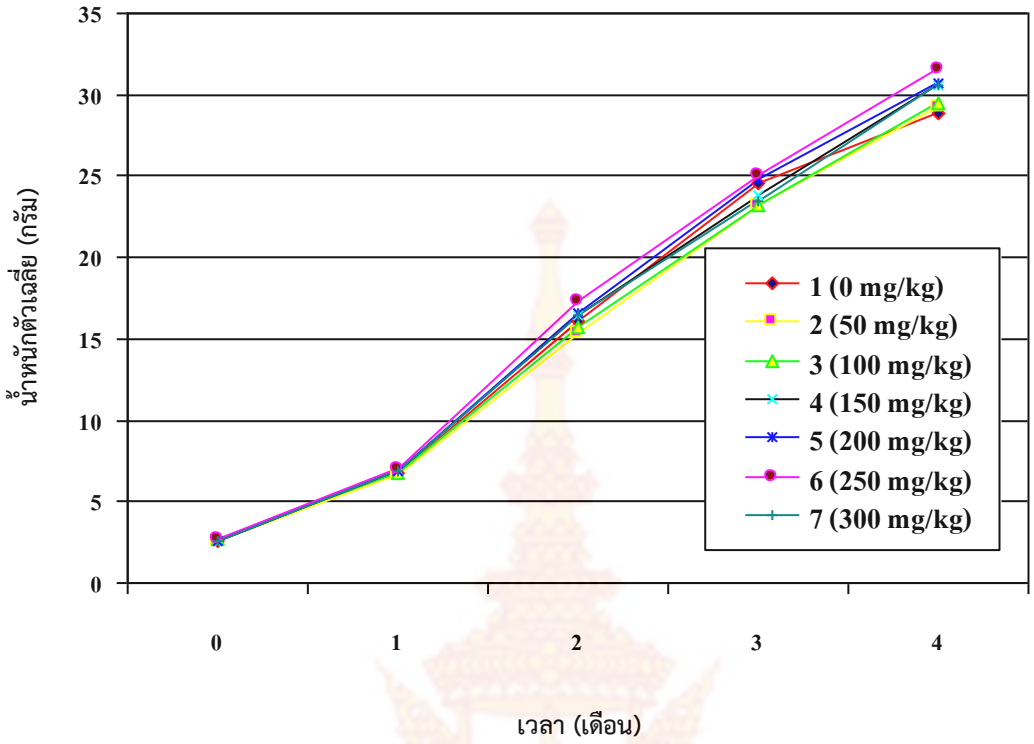
ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเลี้ยง (เดือน)				
	เริ่มทดลอง	1	2	3	4
1 (0 mg/kg)	2.57±0.18[a]	6.78±1.07[a]	16.13±2.19[a]	24.58±3.16[a]	28.83±3.59[a]
2 (50 mg/kg)	2.64±0.17[a]	6.69±1.42[a]	15.36±2.14[a]	23.20±2.28[a]	29.17±3.33[a]
3 (100 mg/kg)	2.67±0.27[a]	6.79±1.18[a]	15.71±3.02[a]	23.20±2.28[a]	29.45±3.55[a]
4 (150 mg/kg)	2.64±0.19[a]	6.88±1.21[a]	16.40±2.20[a]	23.79±2.56[a]	30.61±3.85[a]
5 (200 mg/kg)	2.61±0.18[a]	6.92±1.85[a]	16.58±1.91[a]	24.86±2.61[a]	30.70±3.75[a]
6 (250 mg/kg)	2.68±0.23[a]	7.02±1.85[a]	17.32±2.57[a]	25.07±2.37[a]	31.59±3.14[a]
7 (300 mg/kg)	2.64±0.24[a]	6.91±1.85[a]	16.47±2.51[a]	23.40±2.69[a]	30.56±3.43[a]

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (%SGR : %/วัน) อัตราการเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG, g/วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, %) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 972.40±36.81, 1,015.09±34.91, 1,038.35±57.77, 1,061.52±65.08, 1,075.52±55.88, 1,079.47±70.73 และ 1,062.04±74.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหาร ชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 1.98±0.03, 2.01±0.03, 2.02±0.04, 2.04±0.05, 2.05±0.09, 2.05±0.05 และ 2.04±0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG, กรัม/วัน) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ในชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรา การเจริญเติบโต ต่อวัน (ADG) ในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 0.22±0.01, 0.22±0.01, 0.22±0.01, 0.23±0.02, 0.23±0.02, 0.24±0.01 และ 0.23±0.02 กรัม/วัน ตามลำดับ

อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหาร ชุดการทดลอง ต่าง ๆ พบว่า อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของชุดการทดลองที่ 7 มีค่าสูงสุด แตกต่างจากชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งค่าอัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 1.68±0.13, 1.89±0.19, 1.81±0.06, 1.66±0.14, 1.68±0.25, 1.64±0.08 และ 1.97±0.08 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 น้ำหนักเริ่มต้น (g) น้ำหนักสุดท้าย (g) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) อัตราแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

ข้อมูล	ชุดการทดลอง						
	1 (0 mg/kg)	2 (50 mg/kg)	3 (100 mg/kg)	4 (150 mg/kg)	5 (200 mg/kg)	6 (250 mg/kg)	7 (300 mg/kg)
น้ำหนักเริ่มต้น (g)	2.57±0.18[a]	2.64±0.17[a]	2.67±0.27[a]	2.64±0.19[a]	2.61±0.18[a]	2.68±0.23[a]	2.64±0.24[a]
น้ำหนักสุดท้าย (g)	28.83±3.59[a]	29.17±3.33[a]	29.45±3.55[a]	30.61±3.85[a]	30.70±3.75[a]	31.59±3.14[a]	30.56±3.43[a]
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG)	972.40±36.81[a]	1,015.09±34.91[a]	1,038.35±57.77[a]	1,061.52±65.08[a]	1,075.52±55.88[a]	1,079.47±70.73[a]	1,062.04±74.82[a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR)	1.98±0.03[a]	2.01±0.03[a]	2.02±0.04[a]	2.04±0.05[a]	2.05±0.09[a]	2.05±0.05[a]	2.04±0.05[a]
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG)	0.22±0.01[a]	0.22±0.01[a]	0.22±0.01[a]	0.23±0.02[a]	0.23±0.02[a]	0.24±0.01[a]	0.23±0.01[a]
อัตราแลกเนื้อ (FCR)	1.68±0.13[a]	1.89±0.19[ab]	1.81±0.06[ab]	1.66±0.14[a]	1.68±0.25[a]	1.64±0.08[a]	1.97±0.08[b]
อัตรารอดตาย (SR)	85.56±9.62[a]	88.89±6.94[a]	84.45±6.94[a]	88.89±6.94[a]	86.66±5.77[a]	86.67±3.34[a]	90.00±0.00[a]

หมายเหตุ : - เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

อัตรารอดตาย (SR, %) ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารชุดการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตรารอดตาย (SR) ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าอัตรารอดตาย (SR) ของกุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 85.56±9.62, 88.89±6.94, 84.45±6.94, 88.89±6.94, 86.66±5.77, 86.67±3.34 และ 90.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตรารอดตาย ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดทั้ง 6 ระดับ ไม่แตกต่างจากกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารในชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผสมสารสกัดจากสาหร่าย แสดงให้เห็นว่าระดับ ของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นแหล่งของสารสีในอาหารตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลในการเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม และไม่มีผลต่ออัตรารอดตาย สอดคล้องกับการทดลองของ วัฒนา และอุไรวรรณ (2563) ในการใช้สารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดชนิดเดียวกันนี้ เสริมในอาหารเลี้ยงปลาทอง พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ที่ระดับความเข้มข้น 25-100 mg/kg ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของปลาทองแตกต่างกัน และไม่แตกต่างกับปลาทองในชุดควบคุม ทั้งนี้ เนื่องจากการเสริมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวในอาหารสำเร็จรูปกุ้งขาว แวนนาไมนั้น ไม่ได้ส่งผลให้อาหารทดลองมีระดับโปรตีนสูงขึ้น เพราะระดับโปรตีนในอาหารนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกุ้งโดยตรง (เวียง, 2543) อาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจะส่งผลให้กุ้งมีการเจริญเติบโตสูงขึ้นตามไปด้วย และสอดคล้องกับผลการทดลองเสริมสารสีเบตาแคโรทีนสังเคราะห์ สารสกัดแคโรทีนอยด์จากพืชและสาหร่ายในธรรมชาติ เช่น สาหร่ายสไปรูไลนา และสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริกหวาน ที่ระดับความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ในกุ้งขาวแวนนาไมของ กิจการ และคณะ (2549) รายงานว่า แหล่งของสารสีที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ หรือจากการสังเคราะห์ไม่มีผลในการเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งขาวได้ เช่นเดียว กับรายงานการศึกษาของ Pan *et. al*. (2001) ที่ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง กุลาดำกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมและอาหารที่ผสมสารสี Astaxanthin และจากการศึกษาของ Boonyaratpalin *et. al*. (2001) ที่พบว่าการผสมเบต้าแคโรทีนที่เป็นรงควัตถุหลักของสาหร่ายดูนา ริเอลลาเข้มข้น 125 และ 175 พีพีเอ็ม ในอาหารให้กุ้งกุลาดำกินติดต่อกันนาน 10 สัปดาห์ ไม่มีผลไปเร่งการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับ อาหารชุดควบคุม จากรายละเอียดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การเสริมแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดจากการทดลองครั้งนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว

ระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไม

ผลการวิเคราะห์ค่าสีที่ผิวลำตัวกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทดลองผสมสารสารสกัดหยาบ

จากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่ ระดับต่าง ๆ ทั้ง 7 ชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 4 เดือน หลังสิ้นสุดการทดลอง นำกุ้งแวนนาไมไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที วัดสีกุ้งขาวแวนนาไมทั้งเปลือกตรงบริเวณข้อที่ 2 นับจากหัวเปรียบระดับสีของกุ้งขาวแวนนาไมในแต่ละชุดการทดลอง ให้ผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

ค่า *L** (ค่าความสว่าง) ของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยง มีค่าอยู่ในช่วง 33.37±1.58 ถึง 35.71±1.14 (ตารางที่ 4) ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารไม่ผสมสารสกัดในทุกควบคุม มีค่า *L** สูงที่สุด (35.71±1.14) สูงกว่ากุ้งขาว แวนนาไม ที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายในชุดการทดลอง 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า *L** เท่ากับ 33.87±1.28, 33.75±1.22, 33.51±1.56, 33.48±1.33 และ 33.37±1.58 ตามลำดับ ($P<0.05$) (ภาพผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 4-10)

ค่า *a** (ค่าสีแดง) ของกุ้งขาวแวนนาไม ทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 6.64±1.53 ถึง 7.86±1.72 (ตารางที่ 4) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 6 (250 mg/kg) มีค่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.86±1.72 สูงกว่ากุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ซึ่งมีค่า *a** ต่ำที่สุด เท่ากับ 6.64±1.53 ($P<0.05$) แต่ค่า *a** ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมสารสกัดหยาบในทุกชุดการทดลอง (ชุดการทดลองที่ 2-7) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพผนวกที่ 2 และภาพผนวกที่ 4-10)

ส่วนค่า *b** (ค่าสีเหลือง) ของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 11.25±1.40 ถึง 11.68±1.55 (ตารางที่ 4) ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายในทุกชุดการทดลอง (ชุดการทดลองที่ 1-7) มีค่า *b** ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายในชุดการทดลอง 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่า *b** เท่ากับ 11.32±1.19, 11.63±1.51, 11.25±1.40, 11.61±1.52, 11.68±1.55, 11.30±1.30 และ 11.68±1.00 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 3 และภาพผนวกที่ 4-10)

การเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหาร เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ส่งผลให้มีค่าความสว่าง (*L**) ของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทดลองเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด ทั้ง 6 ระดับ (50-300 mg/kg) มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่เสริมสารสกัดหยาบของสาหร่าย พบว่า ค่าความสว่าง (*L**) มีแนวโน้มที่ลดลง แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่างของสีลดลง เนื่องจากในสาหร่ายสีแดงน้ำจืดมีสารสี แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นในการเกิดสีของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนที่ต้องอาศัยสารเร่งสีจากอาหารที่กินเข้าไปภายนอก และทำให้เกิดสีปรากฏในสัตว์น้ำ ที่มีลักษณะสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของกิจการ และคณะ (2549) ที่ทดสอบผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาว พบว่า กุ้งขาวที่ได้รับสารสีสังเคราะห์ แลสารสีที่สกัดจากพืชธรรมชาติ มีค่าความสว่าง (*L**) ต่ำกว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารชุดควบคุม

ตารางที่ 4 ระดับสีที่ผิวลำตัวกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

ชุดการทดลอง	ระดับค่าสี		
	*L**	*a**	*b**
1 (0 mg/kg)	35.71±1.14[a]	6.64±1.52[b]	11.32±1.19[a]
2 (50 mg/kg)	34.21±1.21[ab]	6.97±1.65[ab]	11.63±1.51[a]
3 (100 mg/kg)	33.87±1.28[b]	7.04±1.69[ab]	11.25±1.40[a]
4 (150 mg/kg)	33.75±1.22[b]	7.37±1.67[ab]	11.61±1.52[a]
5 (200 mg/kg)	33.51±1.56[b]	7.46±1.92[ab]	11.68±1.55[a]
6 (250 mg/kg)	33.48±1.33[b]	7.87±1.71[a]	11.30±1.30[a]
7 (300 mg/kg)	33.37±1.58[b]	6.97±1.74[ab]	11.68±1.00[a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบในอาหารกุ้งขาวทดลอง
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ผลของค่าความเข้มสีแดง (*a**) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ของกุ้งขาวในชุดการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด 250 mg/kg ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงที่สุด สูงกว่ากุ้งขาวในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็น ว่าความเข้มขัน ของแคโรทีนอยด์ ในสารสกัดจากสาหร่าย ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าสีแดง (*a**) เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเมื่อคิดปริมาณสารสีแดงที่เพิ่มขึ้น พบว่า มีปริมาณสารสีแดงเพิ่มขึ้น 18.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกุ้งขาวในชุดควบคุม สอดคล้องกับการทดลองของ วัฒนา และอุไรวรรณ (2563) ในการใช้สารสกัดหยาบของ สาหร่ายสีแดงน้ำจืดชนิดเดียวกันนี้ เสริมในอาหารเลี้ยงปลาทอง พบว่า ปลาทอง ในชุดการทดลอง ที่เลี้ยงด้วย อาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด 100 mg/kg ให้ค่าสีแดง (*a**) สูงที่สุด สูงกว่าปลาทองในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งเมื่อคิดปริมาณสารสีแดงที่เพิ่มขึ้นในปลาทอง พบว่า มีปริมาณสารสีแดงเพิ่มขึ้น 19.41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปลาในชุดควบคุม สอดคล้องกับการทดลองของ กิจการ และคณะ (2549) ที่ทดสอบผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีในกุ้งขาว พบว่า กุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองที่ผสมสารสี มีลำตัวแดง (*a**) เข้มกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลการทดลองในกุ้งเครย์ฟิชของทะนงศักดิ์ และสุรีวัลย์ (2560) พบว่า ค่าสีแดง (*a**) ในชุดกำรทดลองที่ให้อาหารเสริมสารสีจาก ผงพริกหยวกแดงที่ระดับ ต่างกัน สามารถทำให้ กุ้งเครย์ฟิชมี ค่าสีแดง (*a**) ที่เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า กุ้งขาวแวนนาไม ในชุด การทดลอง ที่เลี้ยงด้วยหาหารเสริมสารสกัดหยาบของสาหร่ายสีแดงน้ำจืด 50-300 mg/kgให้ระดับค่าสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่าง กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ เสริมสารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด แสดงให้เห็นว่าสารสีแคโ รทีนอยด์จากสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดที่เสริมในอาหารไม่ได้ส่งผลให้ระดับค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม 4 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 25.00-29.50 ppt, อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 28.75-29.23 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.50-8.30 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.10-7.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างของน้ำ 101.45-128.30 มิลลิกรัมต่อลิตรเทียบกับแคลเซียม คาร์บอเนต แอมโมเนีย 0.30-0.58 มิลลิกรัมต่อลิต ร และไนไตรท์ 0.20-0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่กุ้งขาวแวนนาไมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง สัตว์น้ำ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและกองส่งเสริมการประมง, 2550)

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 4 เดือน

ชุดการทดลอง	ความเค็ม (ppt)	อุณหภูมิ (^{o}C)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	ความเป็นด่าง (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)
1 (0 mg/kg)	27.65-29.00	28.80-29.00	7.63-8.03	6.16-7.02	105.68-128.30	0.30-0.45	0.28-0.67
2 (50 mg/kg)	26.03- 29.05	28.83- 29.05	7.50-7.96	6.22-7.35	103.56-118.65	0.35-0.47	0.29-0.50
3 (100 mg/kg)	28.64-29.50	28.75-29.10	7.66-7.88	6.34-6.70	101.45-125.73	0.33-0.42	0.25-0.53
4 (150 mg/kg)	25.95-29.21	28.95-29.21	7.59-7.95	6.29-7.15	102.17-112.64	0.36-0.40	0.23-0.49
5 (200 mg/kg)	26.04-29.23	28.84-29.23	7.58-8.30	6.25-6.90	105.60-117.39	0.31-0.58	0.20-0.80
6 (250 mg/kg)	25.00-29.21	28.95-29.21	7.59-7.95	6.36-6.75	110.17-122.64	0.36-0.40	0.23-0.69
7 (300 mg/kg)	26.04-29.23	28.84-29.20	7.58-8.02	6.10-6.70	109.60-127.39	0.31-0.49	0.20-0.68

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับความเข้มข้นของการเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมทดลอง

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้สารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับตั้งแต่ 50-300 mg/kg ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม แต่ที่ระดับความเข้มข้น 250 mg/kg สามารถเพิ่มระดับสีแดง (a^*) ในกุ้งขาวแวนนาไมให้เพิ่มสูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณของสารสีแอสต้าแซนทินในสาหร่ายสีแดงน้ำจืด และในอาหารทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืด เพื่อใช้เป็นข้อมู ลในการยืนยันผลการทดลองได้อย่างแท้จริง
2. ควรทำการศึกษาถึงต้นทุนในอาหารกุ้งขาวเสริมสารสกัดหยาบสาหร่ายสีแดงน้ำจืดด้วย
3. ผู้สนใจ สามารถนำสูตรอาหารดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเพิ่มระดับสีของ กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งทะเลเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ เชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2550. สถิติการประมง 2550. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก : http://www.fisheries.go.th/it-stst/data_2550/menu_2550.htm. เข้าค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2553.

กรมประมง. 2556. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2556. เอกสารฉบับที่ 9 / 2556. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 น.

กรมประมง. 2563. สถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลประจำปี 2561. เอกสารฉบับที่ 2/2563. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกองส่งเสริมการประมง. 2550. การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากผนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 16 น.

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

กิจการ ศุภมาตย์ วุฒิพร พรหมขุนทอง และสุภฎา คีรีรัฐนิคม. 2549. รายงานโครงการวิจัยผลของแหล่งสารสีธรรมชาติต่อการเร่งสีและความต้านทานความเครียดในกุ้งขาว. หาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

จงกล พรมยะ และนิวุฒิ หวังชัย. 2546. การเพาะเลี้ยงสาหรายสไปรูลินาเพื่อเปนอาหารปลาสำเร็จรูป. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมงคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแมโจ, 76 น.

จงกล พรมยะ และขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

จงกล พรมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และชนกันต์ จิตมนัส. 2552. ผลของสาหร่ายสไปรูรินา และสาหร่ายไกต่อการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและการสร้างการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ในปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*). วารสารการประมง. 62 : 511-518.

จงกล พรมยะ, บัญชา ทองมี และขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2555. ผลของอาหารผสมสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคราฟ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6: 11-22.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทรรัชชกูล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแหงชาติ, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, นงนุช รักสกุลไทย, เดชานาท ทองพิทักษ์, พจมาน เชยเดช, นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์ และสาธิต ประเสริฐศรี. 2550. การเพิ่มความเข้มของสีเปลือกและลดปัญหาหัวแตกหลังจากต้มกุ้งขาวแวนนาไม. เอกสารเผยแพร่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุง ป พ.ศ. 2550. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, นิติ ชูเชิด, นันทิภา พันธุสวัสดิ์, สาธิต ประเสริฐศรี, สุธี วงศ์มณีประทีป, เกศินี หลายสุทธิสาร, ปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์, จริยาวดี สุริยพันธุ์ และ แก้วตา ลิ้มเฮง. 2552. ผลของการแช่กุ้งขาวแวนนาไมในถังที่มีสีแตกต่างกันต่อคุณภาพสีของกุ้งต้ม. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ญศรี เมืองเยาว์, ทศพล พลรัตน์, อัตรา ไชยมงคล และ ไวทัศน์ หนูกล่ำ. 2556. การเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาตะกรับ (*Scatophagus argus* Linneaus, 1766) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยสาหร่ายไส้ไก่. เอกสารวิชาการ กรมประมง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา. 18 น.

ทนงศักดิ์ สัสดีแพง และสุรีวัลย์ ชุ่มแก้ว. 2560. การเสริมพริกหยวกสีแดง พริกหยวกสีเหลือง และแครอทเพื่อเพิ่มสีเปลือกกุ้งสวยงาม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

ธวัชชัย สันติกุล. 2545. มารู้จักกุ้งขาว *Penaeus vannamai*. มติชนบทเทคโนโลยีชาวบ้าน. 14 (278) : 102-103.

ธัชศึก พร้อมคุ้ม, จงกล พรหมยะ, เกลียงศักดิ์ เม่งอำพัน, นิวุฒิ และชนกันต์ จิตมนัส. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก ต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและปรับปรุงสีของปลาทอง. การประชุมวิชาการสาหร่าย และแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 157 น.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2545. ศาสตร์ของกุ้งขาว ลิโทพีเนียส แวนนาไม (ตอนที่ 3). วารสารสัตว์น้ำ. 14 (161) : 109-112.

ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. แวนนาไม. สำนักพิมพ์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ. 118 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2556. สาหรายน้ำจืดในประเทศไทย. หองปฏิบัติการวิจัยสาหรายประยุกต สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม, เชียงใหม.

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

วรรณิณี จันทรแกว และชยากร ภูมาศ. 2556. ปริมาณรงควัตถุในสาหรายสีแดงน้ำจืดบางชนิดจากจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารเทคโนโลยีการประมง. 7(S1) : 61-70.

วัฒนา วัฒนกุล และอุไรวรรณ วัฒนกุล. 2563. ผลของสารสกัดจากสาหร่ายสีแดงน้ำจืดต่อสีผิวและการเจริญเติบโตของปลาทอง. น. 1112-1118. *ใน* รายงายการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 30 ประจำปี 2563 และการประชุมวิชาการระดับชาติคณะ

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

วีรเทพ ศรีปราชญ. 2553. การใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.

ศรีประภา บุตรดามา สุดาพร ตงศิริ จงกล พรมยะ และอุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2557. สภาวะที่เหมาะสมและคุณค่าทางโภชนาการในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไข่หินและสาหร่ายลอนในการใช้เป็นอาหารปลาสวยงาม. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 8 : 60-73.

สมรักษ์ รอดเจริญ. 2550. การผลิตชีวมวล การสะสมแป้งและการผลิตกรดอินทรีย์โดยกระบวนการหมักด้วยแอนแอโรบิคแบคทีเรียจากชีวมวลสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 151 น.

สุจนีย์ พรโสภิณ ประสาน พรโสภิณ และสมพร กันธิยะวงค์. 2554. การเลี้ยงปลาเลียหินด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูไลนาในสัดส่วนที่ต่างกัน. วารสารการประมง. 64 : 230-240.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ. 2555. การใช้อาหารผสมไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* สดและแห้งในการเลี้ยงปลาหมอสี Kenyi Cichlid, *Pseudotropheus lombardoi* วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น. 40 (1) : 208-217.

Amit Jana, J. D. Saroch, K. Borana. 2013. Effect of spirulina as a feed supplement on survival and growth of *Pangasius sutchi*. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2014 : 77–79.

AOAC (Association of official Analytical I Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical I Chemists, Washington D.C.

Becker E.W., Venkataraman, L.V., 1984. Production and utilization of the blue-green alga Spirulina in India. Biomass. 4 : 105-125.

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 (March) : 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 (June) : 345–354.

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

Chankaew, W., Amornlerdpison, D., Lailerd, N. and Boonprab K. 2017. NEW EDIBLE RED MACROALGA, *Caloglossa beccarii* DeToni FROM THAILAND : Toxicological, nutritional and antioxidant activity evaluation, for the first record of edible alga, *Caloglossa beccarii* DeToni, from Thailand. Phycologia (ISSN: 00318884). 56 (4) : 30-30.

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 *Asophyllum nodosum* as Ingrediens in Shrimp Feeds. Aquaculture Nutrition. 15 (May) : 421–430.

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 (August) : 193–197.

de Quirós, A.R. and Costa, H.S. 2006. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. J. Food Compos. Anal 19 : 97–111.

Hunter, B. 2000. Physiological function of astaxanthin and other carotenoids in marine organisms. In First South East Asia and Pacific Regional Meeting in carotenoids. p.19. Bangkok Thailand 2-5 August 2000. Mahidol University, Bangkok.

Kiriratnikom, S., Zaau, R. and Suwanpugdee, A. 2005. Effects of various levels of *Spirulina* sp. on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*) Songklanakarin Journal of Science and Technology 27: 133-139.

Knauer, J. and Southgate, P.C. 1996 Nutritional value of spraydrird freshwater alga, *Spongiococcum excentricum,* for Pacificoyster, (*Crassostrea gigas*) spat. Aquaculture 146 : 135-146.

Kumano, S. 2002. Freshwater Red Algae of the World. Bristol: Bioprcss Limited, 375 pp.

Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. Common seaweeds and seagrasses of Thailand. Faculty of Fisheries, Kasatsart Universityy. 164 p.

Lovell, T. 1934. Nutrition and Feeding of Fish. United States of America. 260 p.

Menasveta, P., Worawattanamateekul, W., Latscha, T. and Clark, J.S. 1993. Correction of black Tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricus) coloration by astaxanthin. Aquaculture Engineering. 12 : 203-213.

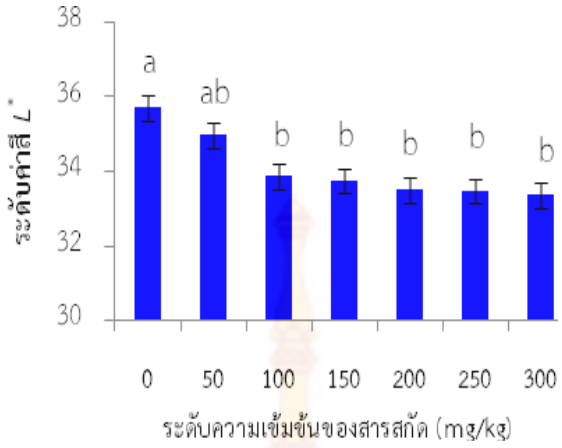
Pan, C.H., ung , Chien, Y.H. and Cheng, J.H. 2001. Effects of light regime, algae in the water and dietary astaxanthin on pigmentation, growth, and survival of black tiger prawn *Penaeus monodon* post-larvae. Zoological studies. 40 (4) : 371-382.

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 (January) : 393–401.

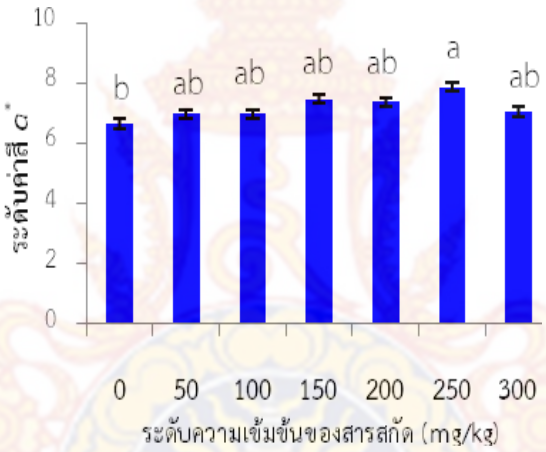
Sirikanya Chungthanawong. 2004. Effect of *Ascophyllum nodosum* Supplemented Diets on Growth and Survival of Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*. Master's Thesis, Chulalongkorn University. 88 p.

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 (June) : 207–216.

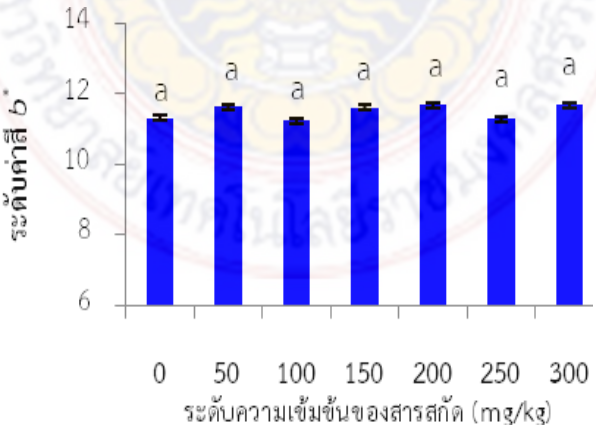
ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ระดับค่าสี L^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง

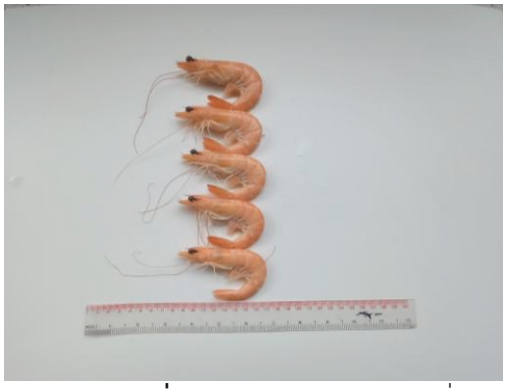


ภาพผนวกที่ 2 ระดับค่าสี a^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง



ภาพผนวกที่ 3 ระดับค่าสี b^* ของกุ้งขาวแวนนาไมที่ทดลอง

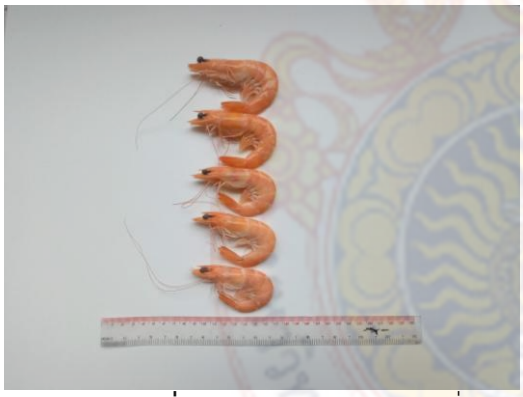
ภาพผนวกที่ 4 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 1



ภาพผนวกที่ 5 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 2

ภาพผนวกที่ 6 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 3

ภาพผนวกที่ 7 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 4



ภาพผนวกที่ 8 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 5

ภาพผนวกที่ 9 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 6

ภาพผนวกที่ 10 กุ้งขาวชุดการทดลองที่ 7