ผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*)

นางสาวจริฎา พิมพาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

Effect of dietary administration of seaweeds on the growth of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)

Miss Charida Phimphat

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science

Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2018

หัวข้อโครงงาน	ผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobranchium rosenbergii*)
โดย	นางสาวจริฎา พิมพาศ
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499 โครงงานวิทยาศาสตร์

.....หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

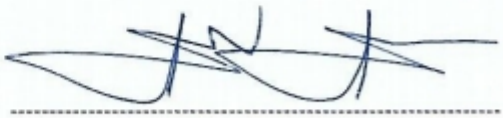
.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ)

Project Title	Effect of dietary administration of seaweeds on the growth of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii)*
By	Miss Charida Phimphat
Field of Study	Marine Science
Project Advisor	Asst. Prof. Kornrawee Aiemsomboon, Ph. D.

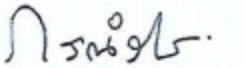
Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's Degree.



..... Head of Marine Science Department

(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D.)

PROJECT COMMITTEE



..... Project Advisor

(Asst. Prof. Kornrawee Aiemsomboon, Ph. D.)

..... Member

(Asst. Prof. Penjai Sompongchaiyakul, Ph. D.)

Somrudee Jitpraphai

..... Member

(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph. D.)

ชื่อโครงการ ผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*).

ชื่อนิสิต นางสาวจริฎา พิมพาศ.

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

ปีการศึกษา 2561

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ผลของการเสริมสาหร่ายทะเล 3 ชนิดคือ สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) และสาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera*) ต่อการเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน โดยเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 6.34 กรัม และความยาวเริ่มต้น 8.66 เซนติเมตร จำนวน 10 ซ้ำ (ตัว) ต่อชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 42 วัน เมื่อสิ้นสุดการผลทดลองพบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาหร่ายผักกาดทะเลปริมาณ 3 %, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% มีการเติบโตจำเพาะ (SGR), อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน (ADG) และอัตรารอดตาย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอาหารเสริมสาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม สามารถใช้เป็นวัตถุดิบผสมเสริมในอาหารกุ้งก้ามกรามได้

คำสำคัญ: สาหร่ายผักกาดทะเล, สาหร่ายพวงองุ่น, สาหร่ายมงกุฎหนาม, กุ้งก้ามกราม

Project Title Effect of dietary administration of seaweeds on the growth of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)

Name Miss Charida Phimphat

Advisor Asst.Prof. Kornrawee Aiemsomboon, Ph.D

Co-advisor -

Academic Year 2018

Department Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

---

Abstract

Effect of dietary administration of 3 different species of seaweed ; *Ulva rigida*, *Caulerpa lentillifera* and *Acanthophora spicifera* on growth and survival rate of giant river prawn (*Macrobranchium rosenbergii*) of experiment in recirculating water system with initial weight and length of 6.34 grams, 8.66 centimeters which was conducted on 10 replications (10 prawn) over 42 days. Shrimp were fed with diets supplemented with seaweed at 3%. Results of the experiment showed that specific growth rate (SGR), average daily gain (ADG) and survival rate of *M. rosenbergii* were not significance difference ($p>0.05$). The proportion of 3% *C. lentillifera* and 3% *A. spicifera* can supplemented in *M. rosenbergii* diet.

Keyword: *Ulva rigida*, *Caulerpa lentillifera*, *Acanthophora spicifera*, *Macrobranchium rosenbergii*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นอย่างสูง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ส่งผลให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล สำหรับการอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการทำโครงการนี้

ขอขอบพระคุณโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2561 ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในโครงการ

ขอขอบพระคุณ คุณเสรี ดอนเหนือ ฟาร์มกุ้งก้ามกราม ตำบลโพธิ์หัก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์กุ้งก้ามกราม

ขอขอบพระคุณ สถานีวิจัยและพัฒนาประมงทะเลสมุทรสงคราม และพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์สาหร่ายทะเล

ขอขอบพระคุณ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบในการผลิตอาหารกุ้งก้ามกราม

ขอขอบพระคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นางสาวชนิดา ว่องวาจานนท์ นางสาวปวีณ์กร จันทร์ขำ นางสาวศศินา วงษ์สุวรรณ และ นายชิฏิภัสร์ ณ ระนอง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน ให้ความรัก ความห่วงใยเสมอมา

จริฎา พิมพาศ

พฤษภาคม 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .....ก

Abstract .....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ .....ง

สารบัญรูป .....ฉ

สารบัญตาราง .....ช

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 กุ้งก้ามกราม (Giant river prawn).....3

2.2 การนำสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์.....3

2.3 การใช้สาหร่ายทะเลเป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์น้ำ.....4

2.4 การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด.....6

บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....7

3.1 วางแผนการทดลอง 7

3.2 เตรียมระบบเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบแยกเลี้ยงเดี่ยว (คอนโด).....7

3.3 เตรียมระบบน้ำ.....8

3.4 เตรียมผลิตอาหารสำเร็จรูป.....9

3.5 วิเคราะห์อาหารสำเร็จรูป..... 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 ทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.....11
3.7 การควบคุมคุณภาพน้ำ.....13
3.8 การเก็บข้อมูล.....14
3.9 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....14
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล.....15
4.1 การเติบโตของกุ้งก้ามกราม.....15
4.2 คุณภาพทางโภชนาการของอาหารสำเร็จรูป.....19
4.3 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง.....20
บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ.....21
เอกสารอ้างอิง.....22

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1. กุ้งก้ามกราม *Macrobranchium rosenbergii* (De Man, 1879).....3

2. สาหร่ายทะเลที่ใช้เสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.....4

3. ระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแยกเลี้ยงเดี่ยว บริษัท Win vision.....8

4. ส่วนบำบัดทางชีวภาพ แบบใช้อากาศ (Biological treatment).....8

5. สาหร่ายทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dehydration) 9

6. วัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาผสมกับสาหร่ายทะเล และอัดเป็นเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2 มิลลิเมตร.....11

7. กุ้งก้ามกรามแช่ในน้ำอุณหภูมิปกติให้ฟื้นก่อนนำกลับไปในกล่องทดลองเลี้ยง.....12

8. ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ (test kit) AQUA-VBC ของคณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....13

9. ชุดตรวจวัดปริมาณแมกนีเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ ของ PARA TEST.....13

10. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3%,.....16
สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%

11. ความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3%,.....17
สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%

12. อัตราการเติบโตจำเพาะ (ร้อยละต่อวัน) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล.....17
3%, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%

13. อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน (มิลลิกรัมต่อวัน) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาด.....18
ทะเล 3%, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ส่วนผสมของอาหารทดลอง 5 สูตร ดัดแปลงสูตรอาหารสำเร็จรูปของกุ้งขาวแวนนาไม.....10
(มนทกานติ ท้ามติ้น, 2559)
2. น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, ความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, อัตราการเติบโตจำเพาะ,.....16
อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน และอัตราการรอดตาย ของกุ้งก้ามกรามตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์
3. ปริมาณเถ้า ความชื้น โปรตีน และไขมัน ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ผลิตขึ้น.....19
4. ค่าคุณภาพน้ำในการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบน้ำหมุนเวียน.....20

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ตลาดมีความต้องการกุ้งก้ามกรามเพื่อการบริโภคในปริมาณสูง อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีความสำคัญต่อการเลี้ยงให้กุ้งมีการเติบโตที่ดี นอกจากอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามควรมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 40% แล้ว (ยนต์ มุสิก, 2529) หากสามารถลดต้นทุนในการผลิตอาหารลงได้จะเป็นผลดีต่อเกษตรกรที่จะได้ใช้อาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ราคาไม่แพงมากนัก

สาหร่ายทะเล (Marine algae หรือ seaweeds) มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารสัตว์หรือเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ หรือใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ (Chapman and Chapman, 1980) สามารถพบสาหร่ายทะเลได้บริเวณชายฝั่งทะเล หรือในบ่อดินเลี้ยงสัตว์น้ำ สำหรับสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) เป็นสาหร่ายทะเลกลุ่มสีเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Ratana-arporn and Chirapat, 2006) ส่วนสาหร่ายมงกุฎหนามหรือสาหร่ายหนาม (*Acanthophora spicifera*) เป็นกลุ่มสาหร่ายสีแดงที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และให้สารสีที่มีประสิทธิภาพในการเร่งสีในสัตว์น้ำ (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2551) ทั้งนี้ สาหร่ายทะเลเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นโดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า-3 คือ EPA; Eicosopentaenoic และ DHA; Docosahexaenoic ที่ส่งผลต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งและปู (อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และคณะ, 2551) โดยสาหร่ายผักกาดทะเลมีโปรตีน (15.57 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) สูงกว่าสาหร่ายหนาม, สาหร่ายกลวง และสาหร่ายผมนาง (16.91, 10.46 และ 10.11 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2551) โดยมีการนำสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) มาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ มีผลทำให้กุ้งกุลาดำมีการเติบโตดี กุ้งกุลาดำจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ความยาวเพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ กุ้งกุลาดำมีภูมิต้านทานโรค และมีอัตราการรอดชีวิตสูง (วีรเทพ ศรีปราชญ์ และคณะ, 2554), สาหร่ายผักกาดทะเล (*U. rigida*) นำมาผสมเป็นแหล่งโปรตีนรองในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ทำให้มีการเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดี (มนทกานติ ท้ามติ้น และคณะ, 2559)

ดังนั้น การนำสาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายมงกุฎหนาม และสาหร่ายพวงองุ่น มาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสาหร่ายทะเลที่มีผลต่อการลอกคราบ

การเติบโต การรอดตายของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแนวตั้งระบบน้ำหมุนเวียน และสามารถลดต้นทุนในการผลิตอาหารกุ้งก้ามกรามได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อเปรียบเทียบผลของการเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva Rigida*) สาหร่ายสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) และสาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera*) ในอาหารสำเร็จรูป ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาและทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่อายุเริ่มต้น 3 เดือน และทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 42 วัน โดยทำการศึกษาที่ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต การรอดตาย เมื่อให้อาหารที่เสริมสาหร่ายต่างชนิดกัน นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบซึ่งเป็นผลเนื่องจากการเสริมสาหร่ายต่างชนิดกันในอาหาร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายหนามและสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมสำหรับเป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ที่มีผลทำให้มีการเติบโตและการรอดตาย

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 กุ้งก้ามกราม (Giant river prawn)

กุ้งก้ามกราม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Macrobranchium rosenbergii* (De Man, 1879) เป็นกุ้งน้ำจืดขนาดใหญ่ (รูปที่ 1) ลักษณะโดยทั่วไป คือ ลำตัวมีลักษณะเป็นปล้อง 6 ปล้อง ส่วนหัวและอกคลุมด้วยเปลือกชิ้นเดียวกัน มีก้ามยาวยาวสีฟ้าครามถึง กุ้งก้ามกรามมีถิ่นกำเนิดในภูมิอากาศเขตร้อน (tropical zone) ในทวีปเอเชีย พบชกชุมในประเทศไทย พม่า เวียดนาม กัมพูชา มาเลเซีย บังคลาเทศ อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ในประเทศไทยพบกุ้งก้ามกรามแพร่กระจายทั่วไปในแหล่งน้ำจืดธรรมชาติตามลุ่ม แม่น้ำเจ้าพระยา แม้น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำปราณบุรี โดยพบตามแหล่งน้ำ แม่น้ำและลำคลองที่เชื่อมติดกับทะเล แม่กุ้งเมื่อมีไข่จะอพยพ (migrate) ลงมาบริเวณปากแม่น้ำที่เป็นน้ำกร่อยเพื่อวางไข่และว่ายกับไปในแหล่งน้ำจืดเมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัย (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2552)

รูปที่ 1 กุ้งก้ามกราม *Macrobranchium rosenbergii* (De Man, 1879)

2.2 การนำสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์

สาหร่ายทะเล (Marine algae; seaweeds) มีการจำแนกสาหร่ายทะเลออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ สาหร่ายสีแดง (Rhodophyceae) สาหร่ายสีเขียว (Chlorophyceae) และสาหร่ายสีน้ำตาล (Pheophyceae) สามารถนำสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์ทั้งเป็นอาหารของมนุษย์โดยตรงและเป็นอาหารสัตว์ อีกทั้งใช้ใน

อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง ปุ๋ย อาหารเสริมในสัตว์ (Chapman and Chapman, 1980) นอกจากนี้มีการนำสาหร่ายทะเลไปใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำ ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ นำมาสกัดเป็นสารกำจัดแมลงศัตรูพืช (ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี, 2558)

สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) เป็นสาหร่ายทะเลกลุ่มสีเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Ratana-arporn and Chirapat, 2006) ส่วนสาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera*) เป็นกลุ่มสาหร่ายสีแดงที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และให้สารสีที่มีประสิทธิภาพในการเร่งสีในสัตว์น้ำ (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2551) (รูปที่ 2)

ก ข ค

รูปที่ 2 สาหร่ายทะเล ที่นำมาใช้เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ

ก. สาหร่ายผักกาดทะเล (*U. rigida*)

ข. สาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera*)

ค. สาหร่ายมงกุฎหนาม หรือสาหร่ายหนาม (*A. spicifera*)

2.3 การใช้สาหร่ายทะเลเป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์น้ำ

สาหร่ายทะเลเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นโดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า-3 คือ EPA; Eicosopentaenoic และ DHA; Docosahexaenoic ซึ่งกรดไขมันจำเป็นนี้มีส่วนสำคัญในการสร้างฮอร์โมนเกี่ยวข้องกับความดันโลหิต ระบบสืบพันธุ์ และโปรตีนที่สร้างภูมิ ต้านทานโรค มีผลต่อผนังเซลล์ การยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ และมีผลต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งและปู (อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และคณะ, 2551) จึงมีการนำสาหร่ายทะเลเป็นอาหารของสัตว์น้ำ รายงานของ วีรเทพ ศรีปราชญ์ และคณะ (2554) ใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) หรือสาหร่ายวุ้น มาเป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ ทำให้กุ้งกุลาดำมีการเติบโตดี

ซึ่งกุ้งกุลาดำจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ความยาวเพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีภูมิต้านทานโรค และมีอัตราการรอดชีวิตสูง เช่นเดียวกับ การใช้สาหร่ายขนนก (*Caulerpa sertulaeioides*) เสริมในปลาเป็ดให้เป็นอาหารและช่วยกระตุ้นการลอกคราบของปูหิน (วรวุฒิ เกิดปราง, 2555) นอกจากนี้ อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และคณะ (2551) รายงานว่า สาหร่ายผักกาดทะเล (*U. rigida*) มีคุณค่าทางอาหารเทียบเคียงได้กับทั้งสาหร่ายมงกุฎหนามและสาหร่ายผมนาง มีสัดส่วนน้ำหนักแห้ง (13%) และโปรตีน (16%) สูงกว่าสาหร่ายมงกุฎหนามและสาหร่ายผมนาง ในขณะที่มีเถ้าต่ำ (22%) เมื่อเทียบกับสาหร่ายชนิดอื่น นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรต (54%) และพลังงานรวม (295 Kcal/100 g) ระดับสูงสอดคล้องกับระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณสูงใน *U. rigida* ทำให้หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus hannai* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญเติบโตดี (Corazani and Illanes, 1998) เช่นเดียวกับ การใช้สาหร่ายผมนาง *(G. fisheri)*, สาหร่ายมงกุฎหนาม หรือสาหร่ายหนาม (*A. spicifera*), สาหร่ายกลวง หรือสาหร่ายโพรง (*Solieria robusta*) และสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva* sp.) เป็นอาหารเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) พบว่า สาหร่ายผักกาดทะเลมีโปรตีน (15.57 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าสาหร่ายหนาม สาหร่ายกลวง และสาหร่ายผมนาง (16.91, 10.46 และ 10.11 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และสาหร่ายมงกุฎหนามให้ค่าการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อสูงที่สุด (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2551) ทั้งนี้การเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล (*U. rigida*) ระดับต่างๆ ในอาหารกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) พบว่า สามารถใช้สาหร่ายผักกาดทะเลเป็นแหล่งโปรตีนรองในอาหารกุ้งขาวแวนนาไม ทำให้มีการเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดี ซึ่งสาหร่ายผักกาดทะเลนอกจากเป็นแหล่งโปรตีน ยังอาจมีสารอาหารอื่นนอกจากสารอาหารหลักที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อกุ้งขาวแวนนาไม และสาหร่ายผักกาดทะเลมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 54% จึงอาจเป็นแหล่งพลังงานที่เหมาะสมต่อกุ้งขาวแวนนาไมด้วย (มนทกานติ ท้ามติ้น และคณะ , 2559) สำหรับสาหร่ายพวงองุ่น เป็นสาหร่ายที่นิยมเลี้ยงทั้งเพื่อการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินหลายชนิด มีโปรตีน 8.55 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีคาร์โบไฮเดรต 32.69 % และมีพลังงานรวม (182 Kcal/100 g) (ศูนย์วิจัยและพัฒนาชายฝั่งเพชรบุรี, 2560)

ดังนั้น การนำสาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายพวงองุ่น และสาหร่ายมงกุฎหนาม เป็นวัตถุดิบในอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งก้ามกราม จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายพวงองุ่น และสาหร่ายมงกุฎหนาม และผลของการเสริมสาหร่ายทะเลในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีผลต่อการลอกคราบ การเติบโต การรอดตายของกุ้งก้ามกราม ที่ทำการเลี้ยงในระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแยกเลี้ยงเดี่ยวน้ำหมุนเวียน

2.4 การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบหมุนเวียนน้ำ

การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกุ้งก้ามกรามให้มีขนาดลำตัวใหญ่ขึ้น และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบแยกเลี้ยงเดี่ยวในระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งมีน้ำหมุนเวียนในระบบเลี้ยง 24 ชั่วโมง (กรมประมง, 2557:https://www.fisheries.go.th/if-chainat/data_1/f7.htm) ทั้งนี้การเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม เนื่องจากใช้พื้นที่น้อย ประหยัดพลังงาน และให้ผลผลิตดี แต่ต้องมีระบบบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพ (วิวรรธน์ สิงห์ทวีศักดิ์, 2546) ทั้งนี้ระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบแยกเลี้ยงเดี่ยวระบบน้ำหมุนเวียน (กุ้งคอนโด) เป็นระบบที่น้ำหมุนเวียนตลอดเวลา โดยน้ำจะไหลผ่านภาชนะที่ใช้เลี้ยงกุ้งจากชั้นบนสู่ชั้นล่าง ตกลงสู่บ่อรับน้ำ ไหลผ่านบ่อบำบัดแล้วสูบน้ำขึ้นไปผ่านภาชนะที่ใช้เลี้ยงกุ้งใหม่หมุนเวียนตลอด 24 ชั่วโมง (ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และนิสรา กิจเจริญ, 2560) ซึ่งผลการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบแยกเลี้ยงเดี่ยวจะทำให้ได้กุ้งก้ามกรามมีการรอดตายประมาณร้อยละ 95% (ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของกุ้งที่นำมาเลี้ยง) (ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และจิราภร โรจน์ทินกร, 2548) แต่การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามที่มีระบบไหลเวียนจำเป็นต้องมีการชดเชยแร่ธาตุหลักจำเป็น ได้แก่ แมกนีเซียม (Mg) และโพแทสเซียม (K) ลงในน้ำที่ใช้ในการอนุบาล ซึ่งจะมีผลต่อการรอดตายของกุ้งก้ามกราม (กระสินธุ์ หังสพฤกษ์, 2556; พัณณ์ชิตา นิธิสันถวะคุปต์, 2560)

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

3.1 วางแผนการทดลอง

ยื่นโครงร่างวิจัยฯ ขอใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ต่อคณะกรรมการ คกส. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Ramdomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดมีกุ้งก้ามกราม 10 ตัว ใช้กุ้งก้ามกรามขนาดเล็ก มีน้ำหนักเฉลี่ย 10 กรัม โดยให้กุ้งแต่ละชุดได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบเหมือนกัน โดยสาหร่ายผักกาดทะเลและสาหร่ายพวงองุ่นจะทำให้แห้ง (freeze dry) แล้วนำมาบดละเอียด ดัดแปลงจากสูตรอาหารสำเร็จรูปของกุ้งขาวแวนนาไม (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2559)

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรควบคุม (ไม่มีการเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายมงกุฎหนาม และสาหร่ายพวงองุ่น)

ชุดการทดลองที่ 2 เสริมสาหร่ายผักกาดทะเล (*U. rigida*) อบแห้ง 3%

ชุดการทดลองที่ 3 เสริมสาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera*) อบแห้ง 3%

ชุดการทดลองที่ 4 เสริมสาหร่ายมงกุฎหนาม (*A. spicifera*) อบแห้ง 3%

3.2 เตรียมระบบเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบแยกเลี้ยงเดี่ยว (คอนโด)

ระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแยกเลี้ยงเดี่ยวของบริษัท Win vision มีลักษณะเป็นกล่องพลาสติก ขนาดกว้าง 27 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร และสูง 16 เซนติเมตร ปริมาตรภายในกล่อง 10 ลิตร วางเรียง 6 แถว (แนวนอน) แต่ละแถวมี 10 กล่อง ในระบบจึงมีจำนวน 60 กล่อง ดำเนินการทดเลี้ยงที่ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รูปที่ 3)

รูปที่ 3 ระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแยกเลี้ยงเดี่ยว บริษัท Win vision

3.3 เตรียมระบบน้ำ

นำน้ำประปา มีความเค็ม 0 ส่วนในพัน (psu) เติมน้ำลงในภาชนะพักน้ำที่อยู่ด้านล่างของแถวกล่องพลาสติก มีส่วนของระบบบำบัดวิธีทางชีวภาพแบบใช้อากาศ (Biological treatment) ที่บรรจุ Bioballs ไว้ทำการเปิดปั๊มให้อากาศในน้ำในถังพัก ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 วัน เพื่อให้แบคทีเรียเกิดขึ้นบน Biloballs ในระบบบำบัดและพร้อมที่จะทำการย่อยสลายของเสียในระบบน้ำหมุนเวียน (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 ส่วนบำบัดทางชีวภาพ แบบใช้อากาศ (Biological treatment)

3.4 เตรียมผลิตอาหารสำเร็จรูป

เตรียมวัตถุดิบอาหารสำเร็จรูป โดยนำสาหร่ายผักกาดทะเลมาจากเกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี สำหรับสาหร่ายมงกุฎหนาม และสาหร่ายพวงองุ่น นำมาจากสถานีวิจัยและพัฒนาประมงทะเลสมุทรสงคราม โดยนำสาหร่ายมาล้างทำความสะอาดก่อน แล้วนำสาหร่ายมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก นำสาหร่ายไปแช่ในตู้ทำความเย็น -20 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำสาหร่ายไปทำแห้งโดยใช้ความเย็น (freeze dryer) หลังจากนั้นนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ Tefal รุ่น BL3091 กำลังไฟ 550 วัตต์) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดตา 500 ไมครอน (รูปที่ 5)

รูปที่ 5 สาหร่ายทะเลทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dehydration) นำมาบดละเอียด

อาหารทดลองประกอบด้วยวัตถุดิบอาหาร (กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) ดัดแปลงจากสูตรอาหารสำเร็จรูปกุ้งขาวแวนนาไม (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2559) ดังตารางที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้ ปลาป่น (โปรตีนไม่น้อยกว่า 60%) ตับหมึกบด หัวกุ้งป่น เคยป่น กากถั่วเหลือง แป้งสาลี หวีทกลูเต่น น้ำมันปลา เลซิทิน วิตามินรวม แร่ธาตุผสม วิตามินซี 97% สารไคโตซาน (1.2%) เซลลูโลส สาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายพวงองุ่น และสาหร่ายมงกุฎหนาม อบแห้ง

ผลิตอาหารสำเร็จรูป โดยผสมวัตถุดิบอาหารให้เข้ากันแล้วนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร California Pelleting Machine (CPM) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 6) หลังจากนั้นนำเม็ดอาหารที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำมาเข้าตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาคัดแยกขนาดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1000, 850 และ 500 ไมครอน (กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์, 2561) จากนั้นนำอาหารเม็ดมาวางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนที่จะบรรจุในภาชนะ

ปิดสนิทเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหาร ทั้งนี้ทำการผลิตอาหารที่ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทาง ด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 วิเคราะห์อาหารสำเร็จรูป

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสำเร็จรูป ด้วยวิธี proximate analysis (The Association of Official Analytical Chemists (AOAC) in Animal, 2005) โดยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน, ไขมัน,ปริมาณเถ้า, และความชื้น ที่ห้องปฏิบัติการโภชนาศาสตร์อาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของอาหารทดลอง 5 สูตร ดัดแปลงจากสูตรอาหารสำเร็จรูปของกุ้งขาวแวนนาไม (มนทกานติ ท้ามติ้น, 2559)

วัตถุดิบ	ชุดการทดลอง			
	1	2	3	4
ปลาป่น (โปรตีนไม่น้อยกว่า 60%)	22.00	22.00	22.00	22.00
ตับหมึกบด	5.00	5.00	5.00	5.00
หัวกุ้งป่น	8.00	8.00	8.00	8.00
เคยป่น	3.00	3.00	3.00	3.00
กากถั่วเหลือง	15.00	15.00	15.00	15.00
หวีทกลูเต่น	5.00	5.00	5.00	5.00
แป้งสาลี	25.00	25.00	25.00	25.00
น้ำมันปลา	2.00	2.00	2.00	2.00
เลซิทิน	2.00	2.00	2.00	2.00
รำ	7.30	4.30	4.30	4.30
วิตามินรวม	0.50	0.50	0.50	0.50
แร่ธาตุผสม	4.00	4.00	4.00	4.00
ไคโตซาน	1.20	1.20	1.20	1.20
สาหร่ายผักกาดทะเล	0.00	3.00	0.00	0.00
สาหร่ายพวงองุ่น	0.00	0.00	3.00	0.00
สาหร่ายมงกุฎหนาม	0.00	0.00	0.00	3.00

หมายเหตุ: * Mineral premix contains natural mineral chelate such as Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Se, Cr, P etc.

** Vitamin premix contains Vitamin E 5000 IU, Vitamin C 35.00 g, Vitamin B1 5.50 g, Vitamin B2 5.50 g, Vitamin B6 15.00 g, Vitamin B12 0.10 g, Niacin 10.00 g, Folic acid 0.40 g, Inositol 20.00 g, Glucono Delta Lactone 50.00 g, Feed additives 0.50 g, Preservative 0.50 g, Carrier add to 1 kg

รูปที่ 6 วัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาผสมกับสาหร่ายทะเล และอัดเป็นเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2 มิลลิเมตร

3.6 ทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

นำกุ้งก้ามกรามเพศผู้ จากบางแพฟาร์ม จังหวัดราชบุรี ขนส่งโดยนำกุ้งใส่ถุงที่มีน้ำความเค็ม 0 psu ถุงละ 20 ตัว เติมออกซิเจนและมัดปากถุงใส่ในลังโฟมเพื่อป้องกันการกระแทกในระหว่างการขนส่ง และใส่น้ำแข็งลงในกล่องโฟมเพื่อปรับอุณหภูมิให้ได้ 22-23 องศาเซลเซียส

กุ้งก้ามกรามเพศผู้ ที่ใช้ในการทดลอง ขนาด 20 ตัว/ กิโลกรัม จำนวน 40 ตัว โดยนำพักฟื้นและปรับสภาพ (acclimatization) ให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมในบ่อซีเมนต์ที่ใส่น้ำจืด (0 psu.) และวางหัวทรายเพื่อให้อากาศ ในถังพักก่อน 5-7 วัน เพื่อเป็นการลดความเครียดที่อาจเกิดขึ้นและกระทบต่อผลการทดลอง ระหว่างเลี้ยงอาศัยอุณหภูมิตามธรรมชาติ ให้อาหารสำเร็จรูปสูตรควบคุม (ไม่ได้เสริมสาหร่ายทะเล) เพื่อให้กุ้งเคยชินกับอาหารทดลอง

เริ่มทดลอง ทำการวัดขนาดความยาวลำตัวกุ้ง (เซนติเมตร) และชั่งน้ำหนักตัว (กรัม) บันทึกเป็นค่าเริ่มต้น แล้วนำกุ้งใส่ลงในกล่อง ที่มีฝาปิดของชุดเลี้ยงสัตว์น้ำแนวตั้ง กล่องละ 1 ตัว โดยมี 4 ชุดการทดลอง การทดลองละ 10 กล่อง เปิดปั๊มน้ำของระบบน้ำหมุนเวียนให้ดึงน้ำทะเลจากบริเวณถังพักน้ำด้านล่างขึ้นไปยัง

ท่อน้ำที่จะแยกออกไปในแต่ละแนวกล่อง และเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร เพื่อเพิ่มค่าอัลคาร์ลินิตี้ (alkalinity) ของน้ำ และเป็นแหล่งของแร่ธาตุหลักในระบบน้ำเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด (กระสินธุ์ หังสพฤกษ์, 2553) ระหว่างการทดลอง ให้อาหารวันละ 3 มื้อ เวลา 08.00 ,12.00 และ 16.00 น. เป็นปริมาณ 5% ของน้ำหนักตัว โดยให้ทีละน้อย ทั้งนี้ต้องดูดตะกอนของเสียทุกวัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (กุมภาพันธ์-มีนาคม 2562) พร้อมทั้งบันทึกการตาย และการลอกคราบทุกวัน

บันทึกการเติบโตโดยวัดขนาดความยาวลำตัวกุ้งก้ามกราม (เซนติเมตร) และชั่งน้ำหนักตัว (กรัม) ทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 6 สัปดาห์ โดยทำการสลบกุ้งด้วยวิธีแช่น้ำแข็ง (rapid cooling) (น้ำผสมน้ำแข็งในอัตราส่วน 1: 1) อุณหภูมิ 2 – 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 นาที โดยจะสังเกตว่ากุ้งไม่เคลื่อนไหวขาเดิน (Wilson *et al.*, 2009) แล้วจึงนำมาชั่งวัดด้วยความรวดเร็ว และนำกุ้งไปแช่ในน้ำอุณหภูมิปกติให้ฟื้นก่อนที่นำกุ้งกลับไปคืนในกล่องทดลองเลี้ยง (รูปที่ 7)

รูปที่ 7 กุ้งก้ามกรามแช่ในน้ำอุณหภูมิปกติให้ฟื้นก่อนนำกลับไปในกล่องทดลองเลี้ยง

3.7 การควบคุมคุณภาพน้ำ

ตรวจวัดคุณภาพน้ำในระบบเลี้ยงตลอดช่วงการทดลอง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง คือ โดยวัดความเค็มและอุณหภูมิใช้เครื่อง YSI Model 30 Handheld Salinity, Conductivity, & Temperature System, ปริมาณแอลคาลินิตี้ (alkalinity) แอมโมเนีย และไนไตรท์ โดยใช้ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Test Kit) AQUA-VBC ของคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รูปที่ 8) และใช้ชุดตรวจปริมาณออกซิเจนละลาย (DO), ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH), แคลเซียมและแมกซีเซียม ของ PARA TEST (รูปที่ 9) เพื่อควบคุมให้น้ำในระบบน้ำหมุนเวียนอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (กระสินธุ์ หังสพฤกษ์, 2556).

รูปที่ 8 ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ (test kit) AQUA-VBC ของคณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 9 ชุดตรวจวัดปริมาณแมกนีเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ ของ PARA TEST

3.8 การเก็บข้อมูล

- การเจริญเติบโต โดยวัดขนาดความยาวลำตัวกุ้ง (เซนติเมตร) และชั่งน้ำหนักตัว (กรัม) ทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 6 สัปดาห์

-อัตรารอดตาย และความถี่ในการลอกคราบ ให้บันทึกการตาย และการลอกคราบทุกวัน

-คำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (Final weight), น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain), ความยาวที่เพิ่มขึ้น (Length gain), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR), อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (Daily Weight Gain: DWG) และการรอดตาย (นครินทร์ เรืองพานิช, 2540; Yaemsooksawat *et al*., 2008) โดยใช้สมการดังนี้

- น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น (กรัม) = น้ำหนักกุ้งสุดท้าย-น้ำหนักเริ่มต้น

- ความยาวกุ้งที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตร) = ความยาวสุดท้าย-ความยาวเริ่มต้น

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

- อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (ร้อยละต่อวัน) = [(ln น้ำหนักสุดท้าย – ln น้ำหนักเริ่มต้น)/ จำนวนวันในการทดลอง] x 100

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

3.9 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลด้านการเติบโต การรอดตาย และค่าการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้น มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้สถิติ Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 20

บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล

ผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) โดยโครงการวิจัยดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติการใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการการควบคุมดูแลการเลี้ยง และการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Protocol Review No. 1923005) ทำการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3% สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% และสูตรควบควบที่ไม่เสริมสาหร่ายทะเล เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแนวตั้งระบบน้ำหมุนเวียน ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 การเติบโตของกุ้งก้ามกราม

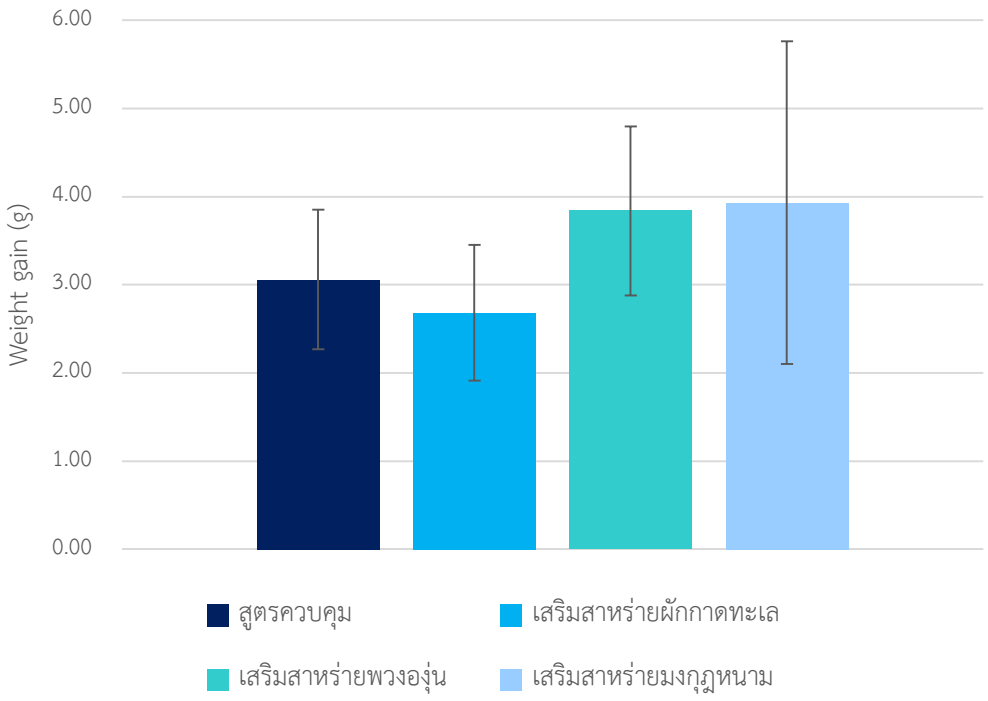
จากการศึกษาครั้งนี้ กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 4.39 – 8.84 กรัม และมีความยาวประมาณ 7.8 – 9.7 เซนติเมตร เมื่อทดลองเลี้ยงครบ 6 สัปดาห์ (42 วัน) กุ้งก้ามกรามมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและความยาวโดยมีน้ำหนักและความยาวเพิ่มมากขึ้น และไม่พบการตายของกุ้งก้ามกรามตลอดการทดลองเลี้ยง การรอดตายของกุ้งก้ามกรามจึงเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปัจจัยการเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่วัดได้จากการทดลองได้แก่ น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน และการรอดตาย แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปัจจัยการเติบโตที่ทำการศึกษา ($P>0.05$) แสดงในตารางที่ 2

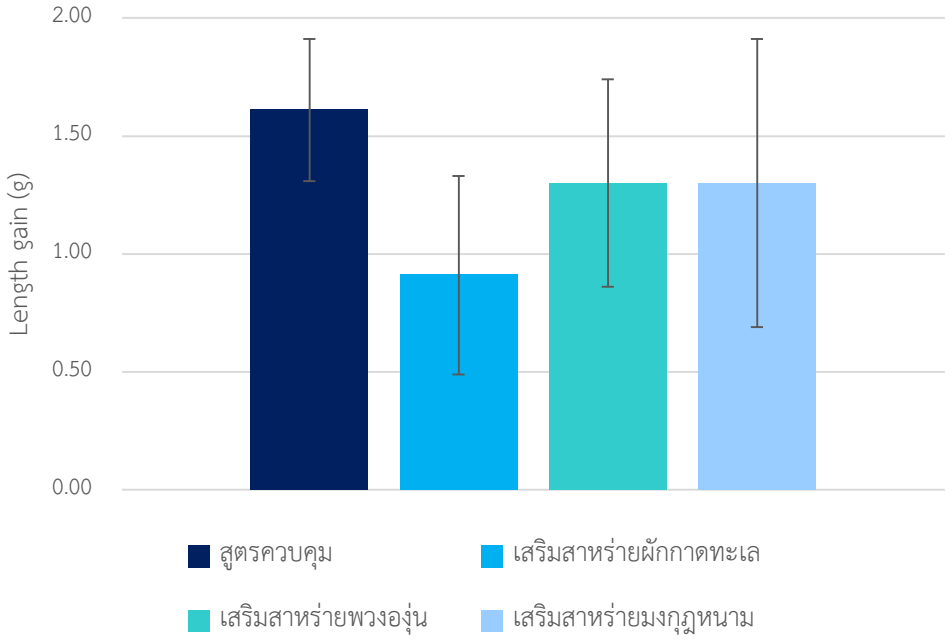
ทั้งนี้ สรุปปัจจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายทะเล มีแนวโน้มว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็น 3.93±1.83 กรัม (รูปที่ 8) กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายพวงองุ่น 3% และเสริมสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% มีความยาวเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 1.30±0.44 และ 1.30±0.61 เซนติเมตร (รูปที่ 9) ส่วนกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายพวงองุ่น 3% มีอัตราการเติบโตจำเพาะสูงที่สุดเป็น 1.10±0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (รูปที่ 10) และกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% มีอัตราการเติบโตต่อตัวต่อวันมีค่าสูงที่สุดเป็น 93.54±43.58 มิลลิกรัมต่อวัน (รูปที่ 11)

ตารางที่ 2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, ความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, อัตราการเติบโตจำเพาะ, อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน และอัตราการรอดตาย ของกุ้งก้ามกรามตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์

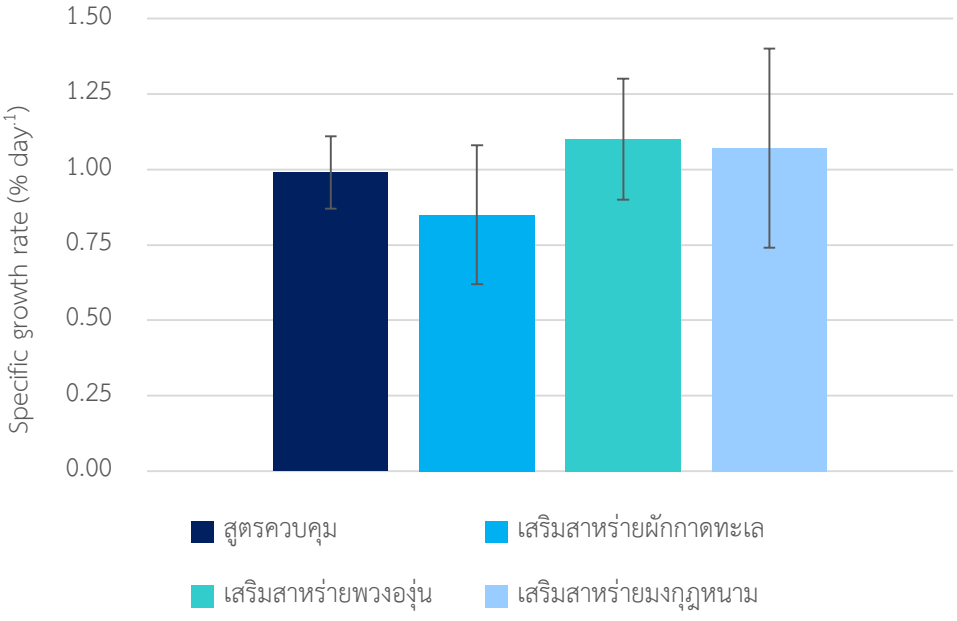
Parameter	Diet			
	1	2	3	4
Final weight (g)	9.00±2.23	8.94±1.05	10.34±1.45	10.60±2.48
Weight gain(g)	3.06±0.79	2.68±0.77	3.84±0.96	3.93±1.83
Length gain (cm)	1.16±0.30	0.91±0.42	1.30±0.44	1.30±0.61
Specific growth rate (%/d)	0.99±0.12	0.85±0.23	1.10±0.20	1.07±0.33
Average daily gain (mg/d)	72.96±18.86	63.74±18.25	91.50±22.81	93.54±43.58
Survival rate (%)	100	100	100	100



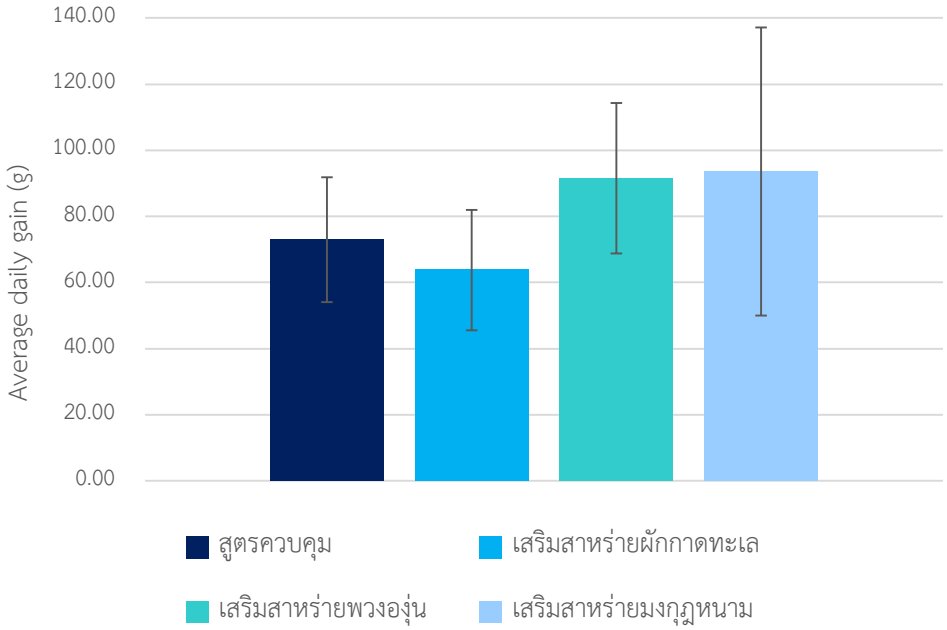
รูปที่ 10 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3%, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%



รูปที่ 11 ความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3%, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%



รูปที่ 12 อัตราการเติบโตจำเพาะ (ร้อยละต่อวัน) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3%, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%



รูปที่ 13 อัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน (มิลลิกรัมต่อวัน) ของกุ้งก้ามกราม ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3%, สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3%

จากการศึกครั้งนี้ พบว่าอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่เสริมสาหร่ายทะเลได้แก่ สาหร่ายพวงองุ่น และสาหร่ายมงกุฎหนาม ทำให้กุ้งก้ามกรามมีการเติบโตดีกว่าอาหารสูตรควบคุม (ไม่เสริมสาหร่ายทะเล) สอดคล้องกับ การใช้สาหร่ายผมนาง (*G. fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ ทำให้กุ้งกุลาดำมีการเติบโตที่ดี (วีรเทพ ศรีปราชญ์ และคณะ, 2554) เช่นเดียวกับใช้สาหร่ายผักกาดทะเล (*U. rigida*) เป็นแหล่งโปรตีนรองในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จะทำให้กุ้งมีการเติบโต การรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดี เช่นเดียวกัน (มนทกานติ ท้ามติ้น และคณะ, 2559)

สาหร่ายพวงองุ่นที่เสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม มีผลทำให้กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเติบโตจำเพาะ (ร้อยละต่อวัน) ดีที่สุด เนื่องจากสาหร่ายพวงองุ่น เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีแร่ธาตุและวิตามินหลายชนิด มีโปรตีน 8.55 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีคาร์โบไฮเดรต 32.69 % และมีพลังงานรวม (182 Kcal/100 g) (ศูนย์วิจัยและพัฒนาชายฝั่งเพชรบุรี, 2560)

4.2 คุณภาพทางโภชนาการของอาหารสำเร็จรูป

อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งก้ามกรามที่เสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3% สาหร่ายพวงองุ่น 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% และสูตรควบคุม (ไม่เสริมสาหร่ายทะเล) นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการได้ผลการวิเคราะห์ แสดงดัง ตารางที่ 3 โดยปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารมีค่าระหว่าง 35.52±0.53 ถึง 36.89±0.21 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันมีค่าระหว่าง 11.31±3.77 ถึง 13.33±3.11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้ามีค่าระหว่าง 13.18±0.16 ถึง 14.03±0.19 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณความชื้นมีค่าระหว่าง 5.61±0.11 ถึง 6.35±0.06 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ปริมาณเถ้า ความชื้น โปรตีน และไขมัน ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ผลิตขึ้น และปริมาณโปรตีนในสาหร่ายทะเลทั้งสามชนิด

Compositions	Diet			
	1 (Control)	2	3	4
Ash (%)	14.03±0.19b	13.28±0.10a	13.91±0.15b	13.18±0.16a
Moisture (%)	6.35±0.06b	5.61±0.11a	5.83±0.09a	5.90±0.06ab
Protein (%)	35.52±0.53a	36.89±0.21c	36.48±0.19bc	36.19±0.33b
Lipid (%)	11.31±3.77a	13.33±3.11b	11.72±0.06a	13.27±1.66b
Protein in algae (%)	n.d.	11.91±0.27b	13.77±0.16c	8.62±0.07a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, n.d. = ไม่มีข้อมูล

จากตารางที่ 3 ข้างต้น จะเห็นได้ว่าสูตรอาหารที่มีการเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3% และสูตรอาหารที่เสริมสาหร่ายพวงองุ่น 3% มีปริมาณโปรตีนในอาหารสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มากกว่าสูตรที่เสริมสาหร่ายมงกุฎหนาม สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายผักกาดทะเลและสาหร่ายพวงองุ่น พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าในสาหร่ายมงกุฎหนาม แต่รายงานของ มนทกานติ ท้ามดิ้น (2551) กล่าวว่า สาหร่ายผักกาดทะเลมีโปรตีน (15.57 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าสาหร่ายหนาม (16.91 ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ทั้งนี้ในการนำสาหร่ายทะเลมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ ควรวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในสาหร่ายนั้นๆ ด้วย

สำหรับปริมาณไขมันในสูตรอาหารที่เสริมสาหร่ายผักกาดทะเล 3% และสาหร่ายมงกุฎหนาม มีปริมาณไขมันมากกว่าสูตรอาหารเสริมสาหร่ายพวงองุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.3 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

คุณภาพน้ำในระบบแยกเลี้ยงเดี่ยว (คอนโด) น้ำหมุนเวียน มีการควบคุมคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (กระสินธุ์ หังสพฤกษ์, 2556) แสดงดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าคุณภาพน้ำในการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบน้ำหมุนเวียน

Parameter	Range
Ammonia (mg/l)	0–0.05
Nitrite (mg/l)	0-0.1
Calcium (ppm)	240-300
Magnesium (ppm)	250-400
Alkalinity (mg CaCO3 /l)	120-180
Temperature (°C)	28.8-29.6
pH	7.48-8.30
Dissolved oxygen (mg/l)	6.68-7.27

บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) โดยเสริมสาหร่ายทะเลในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระบบแยกเลี้ยงเดียวน้ำหมุนเวียน เป็นเวลา 42 วัน สรุปผลการศึกษาดังนี้

1. กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายพวงองุ่น 3% และอาหารเสริมสาหร่ายมงกุฎหนาม 3% มีการเติบโตด้านน้ำหนัก อัตราการเติบโตจำเพาะ (ร้อยละต่อวัน) และอัตราการเติบโตต่อตัวต่อวัน (มิลลิกรัมต่อวัน) ดีกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (ไม่มีการเสริมสาหร่ายทะเล) แต่อาหารเสริมสาหร่ายทะเลแต่ละสูตรไม่มีผลต่อการเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)
2. กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายทะเลทั้ง 3 ชนิด ไม่พบการตายของกุ้งก้ามกรามตลอดการทดลองเลี้ยง
3. ดังนั้นสาหร่ายทะเลที่เสริมลงในสูตรอาหาร ปริมาณ 3% มีผลทำให้น้ำหนักของกุ้งก้ามกรามเพิ่มมากขึ้น แต่อาจจะไม่ใช่ระดับที่เหมาะสมที่ทำให้กุ้งก้ามกรามเติบโตได้ดี
4. สาหร่ายพวงองุ่นและสาหร่ายมงกุฎหนาม มีประสิทธิภาพที่ช่วยเสริมโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ และช่วยให้สัตว์น้ำมีการเติบโตเพิ่มขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาปริมาณของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ที่ส่งผลให้กุ้งก้ามกรามมีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยอาจเพิ่มปริมาณของสาหร่ายในอาหาร แต่ต้องมีปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากสาหร่ายทะเลมีปริมาณเยื่อใยสูง และกุ้งมีลำไส้ที่สั้นและตรง ปริมาณเยื่อใยที่มากเกินไปจะส่งผลให้กุ้งดูดซึมสารอาหารอื่นๆ ได้น้อยลง

เอกสารอ้างอิง

กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์. 2561. ปฏิบัติการโภชนาการของสัตว์น้ำมีเปลือกและกระดอง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 20 หน้า.

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์. 2553. การเสริมแร่ธาตุให้ลูกกุ้งก้ามกรามในการอนุบาลในน้ำเค็มที่มีระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด. รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 44 หน้า.

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์. 2556. การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด. รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 46 หน้า.

ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และจิราภร โรจน์ทินกร. 2548. โครงการการประมวลองค์ความรู้เกี่ยวกับสถานการณ์การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และนิสรา กิจเจริญ. 2560. กุ้งก้ามกราม ประมวลองค์ความรู้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 215 หน้า.

ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์. 2557. การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ. ราชการบริหารกลาง, กรมประมง. 55 หน้า.

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

พัณณ์ชิตา นิธิสันถวะคุปต์. 2560. ผลของการเสริมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารต่อความเข้มสีในกุ้งก้ามกราม (*Macrobranchim rosenbergii*) ในระบบน้ำหมุนเวียน. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยนต์ มุสิก. 2529. การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรเทพ ศรีปราชญ์, วิโรจน์ กิติคุณ, ภัคพงศ์ ปวงสุข และ ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2554. การใช้สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ. วารสารแก่นเกษตร 39: 159-170.

บรรจง เทียนส่งรัศมี และ บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2545. ปูทะเล. เอกสารเผยแพร่เครือข่ายวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมพืชและสัตว์น้ำ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบี้ย.

มนทกานติ ท้ามติ้น. 2551. การประเมินคุณค่าทางอาหารของอาหารสำเร็จรูปและสาหร่ายชนิดต่างๆ จำนวน 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*). การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาประมง. หน้า 1-9.

มนทกานติ ท้ามติ้น. 2559. คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) และการประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2559. กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 25 หน้า.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนาศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี. 2558. สาหร่าย (Algae). กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์. 28 หน้า.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาชายฝั่งเพชรบุรี. 2560. การเพาะเลี้ยงและแปรรูปสาหร่ายพวงองุ่น. กรมวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 30 หน้า.

สุพิศ ทองรอด, ชูชาติ ชัยรัตน์, มนทกานติ ท้ามติ้น และ อนันต์ ตันสุตะพานิช. 2544. โภชนะอาหารของสาหร่ายทะเลบางชนิดและอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของหอยเป๋าฮื้อ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2544. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล, มนทกานติ ท้ามติ้น และ สิริพร ลือชัย ชัยกุล. 2551 การประเมินคุณค่าทางอาหารของอาหารสำเร็จรูป และสาหร่ายชนิดต่างๆ จำนวน 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linnaeus, 1758). เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2551. ราชการบริหารส่วนกลาง, กรมประมง. 17 หน้า.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Animal feed. In: Horwitz, W. (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. AOAC International, Maryland. p. 1-48.

Chapman, V. J. and D.J. Chapman. 1980. Seaweeds and Their Uses. Chapman and Hall, London.

Coranzi, D. and J.E. Illanes. 1998. Growth of juvenile, *Haliotis discus hannai* Ino 1953 and *Haliotis rufescens* Swainson 1822, fed with difference diets. J. Shellfish Res. 17:663-666.

Ratana-arporn, P. and A. Chirapat. 2006. Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40 (Suppl.): 75-83.

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.

Wilson, J.M., R.M. Bunte and A.J. Carty. 2009. Evaluation of rapid cooling and tricaine methanesulfonate (MS222) as methods of euthanasia in zebrafish (*Danio rerio*). J. Am.Assoc. Lab. Anim. Sci. 48: 785-789