โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น

Effects of *Caulerpa lentillifera* supplement in diets on growth performance of juvenile spotted Babylon (*Babylonia areolata)*

ชื่อนิสิต นางสาวพรรณวสา สรรพประเสริฐ **เลขประจำตัว** 6032822523

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น

พรรณวสา สรรพประเสริฐ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effects of *Caulerpa lentillifera* supplement in diets on growth performance of juvenile spotted Babylon (*Babylonia areolata)*

Phanwasa Sapprasert

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 2020

ชื่อโครงการ	ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น
ชื่อนิสิต	นางสาวพรรณวสา สรรพประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางสาวนฤชล ภัทราปัญญาวงศ์
ปีการศึกษา	2563
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499 โครงงานวิทยาศาสตร์

.... หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

(ศาสตราจารย์ ดร.วรณพ วิยกาญจน์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

(นางสาวนฤชล ภัทราปัญญาวงศ์)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชนา ชวนิชย์)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงหรักษ์)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี จิตประไพ)

.... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สุธาพร บุญญเจตน์พงษ์)

Project Title Effects of *Caulerpa lentillifera* supplement in diets on growth performance of juvenile spotted Babylon (*Babylonia areolata)*

Name Phanwasa Sapprasert

Advisor Assistant Professor Kornrawee Aiemsomboon, Ph.D.

Co-advisor Miss Naruechon Pattarapanyawong

Academic Year 2020

Department Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

---

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

(Professor Voranop Viyakarn, Ph.D.)

PROJECT COMMITTEE

Project Advisor

(Assistant Professor Kornrawee Aiemsomboon, Ph.D.)

Project Co-advisor

(Miss Naruechon Pattarapanyawong)

.... Member

(Associate Professor Suchana Chavanich, Ph.D.)

.... Member

(Assistant Professor Patama Singhruck, Ph.D.)

.... Member

(Assistant Professor Somrudee Jitpraphai, Ph.D.)

.... Member

(Sutaporn Bunyajetpong, Ph.D.)

ชื่อโครงการ	ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น
ชื่อนิสิต	นางสาวพรรณวสา สรรพประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางสาวนฤชล ภัทราปัญญาวงศ์
ปีการศึกษา	2563
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น โดยผสมสาหร่ายช่อพริกไทยเป็น 4 ระดับได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นในระบบน้ำแบบเปิด โดยใช้หอยหวานขนาดความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 1.56±0.02 เซนติเมตร จำนวน 20 ตัวต่อหน่อยการทดลอง หน่วยทดลองละ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 60 วัน ในตะกร้าขนาด 18.5x24.5x15.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีทรายละเอียดรองไว้ที่พื้นกล่อง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อทดลองครบ 60 วัน ลูกหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2 เปอร์เซ็นต์ มีการเติบโตโดยน้ำหนักสูงกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) โดยน้ำหนักสูงที่สุด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ดีที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอาหารสูตรอื่น ๆ และอาหารทุกสูตรไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน

คำสำคัญ: สาหร่ายช่อพริกไทย, การเจริญเติบโต, หอยหวาน

Project Title Effects of *Caulerpa lentillifera* supplement in diets on growth performance of juvenile spotted Babylon (*Babylonia areolata)*

Name Phanwasa Sapprasert

Advisor Assistant Professor Kornrawee Aiemsomboon, Ph.D.

Co-advisor Miss Naruechon Pattarapanyawong

Academic Year 2020

Department Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

---

Abstract

Effects of *Caulerpa lentillifera* meal supplement in artificial diet 0% as control diet (w w^{-1}), 1%, 2%, and 3% on growth performance of spotted Babylon (*Babylonia areolata*). The diets were given to spotted babylon with initial average shell length 1.56±0.02 cm. were fed the experimental diets for 60 days. Twenty spotted babylon were reared in a 18.5x24.5x15.5 cm3 plastic box provided with fine sand on the bottom and raised in a opened water system. The spotted babylon were divided into four groups with triplicates. The result indicated that at 60 days fed with *C. lentillifera* meal supplement in artificial diet 2% showed the best average weight, specific growth rate by weight and conversion ratio (FCR) was not significantly difference (P>0.05) with other diet. Survival rate of spotted babylon was not affected by *C. lentillifera* meal levels in the diets.

Keywords: *Caulerpa lentillifera*, growth performance, spotted babylon *Babylonia areolata*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในทุก ๆ ด้านของการศึกษา รวมทั้งการแนะนำเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และช่วยตรวจทานแก้ไขจนกระทั่งได้ผลงานที่สมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ คุณนฤชล ภัทราปัญญาวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำในเรื่องการเลี้ยงลูกหอยหวาน พร้อมทั้งให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และให้การช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์สำหรับการทดลองนี้

ขอบขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ให้ทุนอุดหนุนโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563

ขอขอบคุณ สถานีวิจัยย่อยชะอำ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์ลูกพันธุ์หอยหวาน

ขอขอบคุณ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณเสรี ดอนเหนือ ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาวัตถุดิบ และให้คำแนะนำในการผลิตอาหารทดลอง รวมถึงการดูแลหอยหวานตลอดระยะเวลาการศึกษานี้

ขอขอบคุณ คุณโชคชัย รอดสมบูรณ์ ที่คอยช่วยเหลือเคียงบ่าเคียงไหล่และเรียกได้ว่าเป็นกำลังกายและกำลังใจที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ คุณปรินทร อยู่คงแก้ว, คุณนันทนัช คันธารัตนกุล และคุณอัญชิษฐา รอดขวัญ ที่คอยให้ความช่วยเหลืออยู่เสมอ รวมถึง คุณภวัต อัครพิพัฒนา ที่คอยให้กำลังใจ พร้อมให้การช่วยเหลือและอยู่เคียงข้างตลอดมา

สุดท้ายนี้ของขอบคุณคุณพ่อประสิทธิ์ สรรพประเสริฐ และคุณแม่ทิพวรรณ สุกใส คุณย่า พี่สาว รวมถึงพี่ฟ้าที่เป็นแรงผลักดันและเป็นกำลังใจสำคัญ อยู่เคียงข้าง และพร้อมให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านเสมอมา และต้องขอบคุณลูกหอยหวานที่น่ารักที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดี ถึงแม้บางส่วนจะต้องเสียสละชีวิตไปแต่ก็ยังขอบคุณที่เป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้และอยู่ด้วยกันจนสิ้นสุดการทดลอง และด้วยคำแนะนำ การช่วยเหลือ และกำลังใจจากทุกๆ คน จึงทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำงานชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดี

พรรณวสา สรรพประเสริฐ

พฤษภาคม 2564

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 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ชีววิทยาของหอยหวาน	3
2.2 สาหร่ายช่อพริกไทย	4
2.3 การใช้สาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารสัตว์น้ำ	4
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	6
3.1 วางแผนการทดลอง	6
3.2 สัตว์ทดลอง	6
3.3 ชุดการทดลองและระบบการเลี้ยง	8
3.3.1 ชุดการทดลอง	8
3.3.2 ระบบเลี้ยง	8
3.4 อาหารทดลอง	10
3.5 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง	12
3.6 บันทึกข้อมูล การประเมินผล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.1 การเก็บข้อมูล และการประเมินผล 13

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 13

บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล 14

4.1 การทดสอบเบื้องต้นของการคงสภาพของอาหารผสมกึ่งเปียกทั้ง 4 สูตร 14

4.2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมแบบกึ่งเปียกทั้ง 4 สูตร 14

4.3 ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน 16

4.3.1 การเติบโตโดยความยาวเปลือก 16

4.3.2 การเติบโตโดยน้ำหนัก 17

4.4 ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย 20

4.5 คุณภาพน้ำทะเล 23

บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ 25

5.1 การคงสภาพของอาหารผสมกึ่งเปียกที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 25

5.2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 25

5.3 ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตายของหอยหวาน 25

5.4 คุณภาพน้ำในระบบการทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น 25

เอกสารอ้างอิง 27

ภาคผนวก 30

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	หอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807)	3
2	ส่วนต่างๆ ของสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*)	4
3	แผนการทดลองเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น	6
4	หอยหวาน (*Babylonia areolata*) อายุ 3 เดือน นำมาจากสถานีวิจัยย่อยชะอำสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา	7
5	การวัดการเติบโตของหอยหวาน	8
6	กล่องพลาสติกเลี้ยงหอยหวาน ใส่หัวทรายให้อากาศ ปูพื้นกล่องด้วยทรายละเอียด	9
7	สาหร่ายช่อพริกไทย *C. lentillifera* นำมาบดละเอียด	10
8	การทำอาหาร (วัตถุดิบผสมอาหาร และลักษณะอาหารผสมแบบกึ่งเปียก)	12
9	ลักษณะการคงตัวของอาหารเมื่อเวลาผ่านไปครบ 120 นาที	15
10	ความยาวเปลือกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน	17
11	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน	18
12	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน	19
13	ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน	20
14	อัตราการเติบโตจำเพาะโดยความยาวเปลือก (SGR) (%ต่อวัน) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน	22
15	อัตราการเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนัก (SGR) (%ต่อวัน) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน	22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรอาหารหอยหวานสำเร็จรูปแบบกึ่งเปียกผสมสาหร่ายช่อพริกไทย	11
2	ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมแบบกึ่งเปียกทั้ง สูตร 4	16
3	การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย ระดับ เป็นเวลา 460 วัน	16
4	การเจริญเติบโตโดยความน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย ระดับ 4	17
5	น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, ความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน	19
6	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตรารอดของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย ระดับ เป็นเวลา 460 วัน	21
7	ค่าคุณภาพน้ำในการทดลองเลี้ยงหอยหวาน	24

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

หอยหวาน หรือหอยตุ๊กแก มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Babylonia areolata* เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น จีน ญี่ปุ่น แต่ในปัจจุบันหอยหวานในตลาดประเทศไทยเป็นผลผลิตที่ได้จากการจับจากธรรมชาติเป็นหลักเนื่องจากการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ยังไม่มีเกษตรกรเลี้ยงมากนัก ส่งผลให้หอยหวานมีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้ง จำนวนหอยหวานที่จับได้จากแหล่งทำการประมงในธรรมชาติลดลง และหอยหวานมีขนาดเล็กลง ในขณะที่ตลาดบริโภคมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และ ศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) ซึ่งการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์มีความสำเร็จระดับหนึ่ง แต่ยังพบปัญหาคือ การรอดตายของลูกหอยระยะลงเกาะค่อนข้างต่ำและมีการเติบโตช้า อาหารที่ใช้เลี้ยงลูกหอยหวานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกหอยหวาน โดยทั่วไปเกษตรกรจะใช้เนื้อปลาสด (ปลาข้างเหลือง) หรืออาร์ทีเมียตัวเต็มวัยเป็นอาหารของลูกหอยระยะลงเกาะ แต่ในช่วงที่ขาดแคลนปลาสด และอาร์ทีเมียมีราคาสูง จึงทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในการหาอาหารมาเลี้ยงลูกหอยได้ ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปที่มีการเสริมสารอาหารที่มีผลต่อการเติบโตและการรอดตายของลูกหอยหวานเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

สาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) เป็นสาหร่ายทะเลที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการบำบัดน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และมีการบริโภคสาหร่ายช่อพริกไทยอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้ จากรายงานคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายช่อพริกไทย พบว่ามีสารอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนที่สำคัญ (Essential Amino Acids) และกรดอะมิโนที่ไม่สำคัญ (Non-essential Amino Acids) รวม 16 ชนิด รวมถึงมีวิตามินเอ วิตามินซี และแร่ธาตุสำคัญทั้งแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เป็นต้น (de Gailliande *et. al.,* 2017)

การนำสาหร่ายช่อพริกไทยมาใช้เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ โดย Arisa *et al.* (2020) เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย *C. lentillifera* ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลานิล (*Oreochromis niloticus*) พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่อัตราส่วน 20 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดสูงกว่าอาหารที่ไม่ได้เสริมสาหร่ายช่อพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับ Putri *et al.* (2017) ที่พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่อัตราส่วน 20 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดสูงกว่าอาหารที่ไม่ได้เสริมสาหร่ายช่อพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับสาหร่ายช่อพริกไทยนำมาใช้เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ โดย จริฎา พิมพาศ (2561) ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) พบว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปที่เสริมสาหร่ายพวงองุ่น หรือสาหร่ายช่อพริกไทย (*C. lentillifera*) มีการเจริญเติบโตมากที่สุดเมื่อเทียบกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปที่เสริมด้วยสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) และสาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera*) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับ Putra *et al.*

(2019) เสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* พบว่า กุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น การนำสาหร่ายช่อพริกไทยมาเป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นจะทำให้ทราบถึง ประสิทธิภาพการนำสาหร่ายทะเลมาเสริมเป็นวัตถุดิบในอาหารเลี้ยงลูกหอยหวาน มีผลทำให้มีลูกหอยหวานมีการเติบโตดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารสำเร็จรูปในการอนุบาลหอยหวานระยะวัยรุ่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารผสมแบบเปียกสำหรับอนุบาลหอยหวาน โดยใช้อาหารทดลอง 4 ชุด ที่มีสัดส่วนสาหร่ายช่อพริกไทยแตกต่างกัน 4 ระดับ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณเหมาะสมต่อการอนุบาลหอยหวานระยะวัยรุ่น ที่ทำให้หอยหวานมีการเติบโต และอัตรารอดตายที่ดี

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของหอยหวาน

หอยหวาน หรือหอยตุ๊กแก ชื่อวิทยาศาสตร์ *Babylonia areolata* Link, 1807 ถูกจัดอยู่ในไฟลัม Mollusca ชั้น Gastropoda วงศ์ Buccinidae เป็นหอยทะเลฝาเดียว มีเปลือกหนาแข็ง ผิวเรียบ มีลวดลายสวยงามโดยเป็นลายแต้มสีเหลี่ยมสีน้ำตาลเรียงกัน 3 แถว บนพื้นสีขาว ส้ม หรือเหลือง เปลือกมีการขดเป็นเกลียว ร่องเปลือกตื้น จุดยอดของเปลือก (Apex) จะแหลม และมีฝาปิด (Operculum) ลักษณะเป็นแผ่นวงรีสีน้ำตาล ติดอยู่กับลำตัว (รูปที่ 1) หอยหวานมีหนวด (Tentacle) 1 คู่ และตา 1 คู่ ใช้งวง (Proboscis) โดยตอนปลายมีแผงฟัน (Radula) ติดอยู่ซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ในการกินอาหาร พฤติกรรมการกินของหอยหวานแบ่งเป็น 2 ลักษณะตามช่วงชีวิต คือ การกรองกิน (filter feeder) ในระยะวัยอ่อนซึ่งดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนซึ่งจะมี velum สำหรับโบกพัดน้ำทะเลเข้าสู่ช่องปาก แต่เมื่อลูกหอยอยู่ในระยะลงเกาะจนกระทั่งโตเต็มวัยแล้วจะกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหารทั้งในสภาพสด และไม่สด นอกจากนี้หอยหวานยังมีพฤติกรรมการกินอาหารแบบเป็นกลุ่ม โดยจะมีต่อมน้ำลายสำหรับสร้างน้ำย่อยและส่งออกมาย่อยอาหารผ่านทางงวง จากนั้นจะดูดอาหารที่ถูกย่อยกลับเข้าไปทางงวงเช่นเดิม (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และ ศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545)

รูปที่ 1 หอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807)

หอยหวาน มีพฤติกรรมหากินตอนกลางคืน โดยในเวลาปกติหอยหวานจะอาศัยอยู่ในพื้นทรายหรือดินปนทราย ในน้ำเค็ม 28-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) โดยในธรรมชาติจะพบหอยหวานกระจายอยู่ทั่วไปบริเวณชายฝั่งภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยบริเวณจังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส (ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์ และคณะ, 2560) หอยหวานจะวางไข่เป็นฝัก ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจะพัฒนาเป็นลูกหอยระยะ Trocophore ภายใน 24 ชั่วโมง และจะฟักเป็นลูกหอยระยะ Veliger หลังจากวางไข่ 4-5 วันซึ่งจะดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอน และจะเข้าสู่ระยะลงเกาะภายใน 14-16 วันหลังจากฟัก

ซึ่งจะมีเปลือกและรูปร่างสมบูรณ์และดำรงชีวิตด้วยการคืบคลานบนพื้นทะเล หอยหวานจะเติบโตจนกระทั่งเข้าสู่ระยะพร้อมที่จะผสมพันธุ์ (first maturity) เมื่อมีอายุประมาณ 6 เดือนหลังจากวางไข่

2.2 สาหร่ายช่อพริกไทย

สาหร่ายช่อพริกไทย หรือสาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera*) เป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว (Green algae) มีส่วนคล้ายใบ (leaf-like structure) หรือ Fronds ลักษณะเป็นเม็ดกลมใสสีเขียวสด อยู่รวมกันเป็นช่อคล้ายพวงองุ่น เชื่อมติดอยู่บนส่วนคล้ายต้น (Stolon) ซึ่งสามารถเติบโตด้วยการแตกแขนงไปตามพื้นโดยมีไรซอยด์ (rhizoids) เป็นส่วนคล้ายรากยึดสาหร่ายไว้กับพื้นหรือวัสดุเกาะ (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 สาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*)

สาหร่ายช่อพริกไทย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะในด้านการบำบัดน้ำเสียในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งนิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารเนื่องจากในสาหร่ายช่อพริกไทย มีคุณค่าทางอาหารสูง พบโปรตีน กรดอะมิโน และกรดไขมัน (de Gaillande *et. al.,* 2017) ทั้งยังมีปริมาณเกลือแร่และวิตามินที่ร่างกายมนุษย์ต้องการ เช่น วิตามิน อี และวิตามิน ซี แร่ธาตุสำคัญได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม และสังกะสี รวมถึงเบต้าแคโรทีน (Paul *et al*., 2014) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารตั้งต้นของวิตามิน เอ ปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยให้ได้ผลผลิตในปริมาณมาก คุณภาพดี และสะอาด เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยในเชิงพาณิชย์ จึงทำให้สาหร่ายชนิดนี้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย มีตลาดรองรับผลผลิต และเป็นอาหารที่นิยมในหมู่ผู้ดูแลสุขภาพ (เฉลิมขวัญ เมฆสุข และสวรรยา ธรรมมอภิพล, 2560)

2.3 การใช้สาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารสัตว์น้ำ

สาหร่ายช่อพริกไทย เป็นแหล่งของโปรตีน กรดไขมัน วิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะวิตามิน ซี ซึ่งช่วยลดความเครียด และเสริมภูมิคุ้มกันให้กับสัตว์น้ำ รวมถึงแร่ธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม จึงมีการนำสาหร่ายช่อพริกไทยมาผสมเป็นอาหารสัตว์น้ำ การนำสาหร่ายพวงองุ่น หรือสาหร่ายช่อพริกไทยมาเป็น

วัตถุดิบเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่ากุ้งก้ามกรามมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) สูงมากกว่ากุ้งก้ามกรามที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายพวงองุ่น (จริฎา พิมพาศ, 2561) สอดคล้องกับการใช้สาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera*) เสริมในอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่ากุ้งก้ามกรามมีการเติบโตด้านน้ำหนักดีขึ้น (กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์ และคณะ, 2563) นอกจากนี้การศึกษาของ Arisa *et al.* (2020) พบว่าปลานิล (*O. niloticus*) ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายช่อพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ Putra *et al.* (2019) เสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า กุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีการนำสาหร่ายทะเลมาเสริมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงหอยหวานได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาล (*Ascophyllum nodosum*) โดยมีผลทำให้หอยหวานมีการเจริญเติบโตเสริมภูมิคุ้มกันและต้านทานโรคได้ดีขึ้น (ภุมรินทร์ เตาวโรดม และคณะ, 2552)

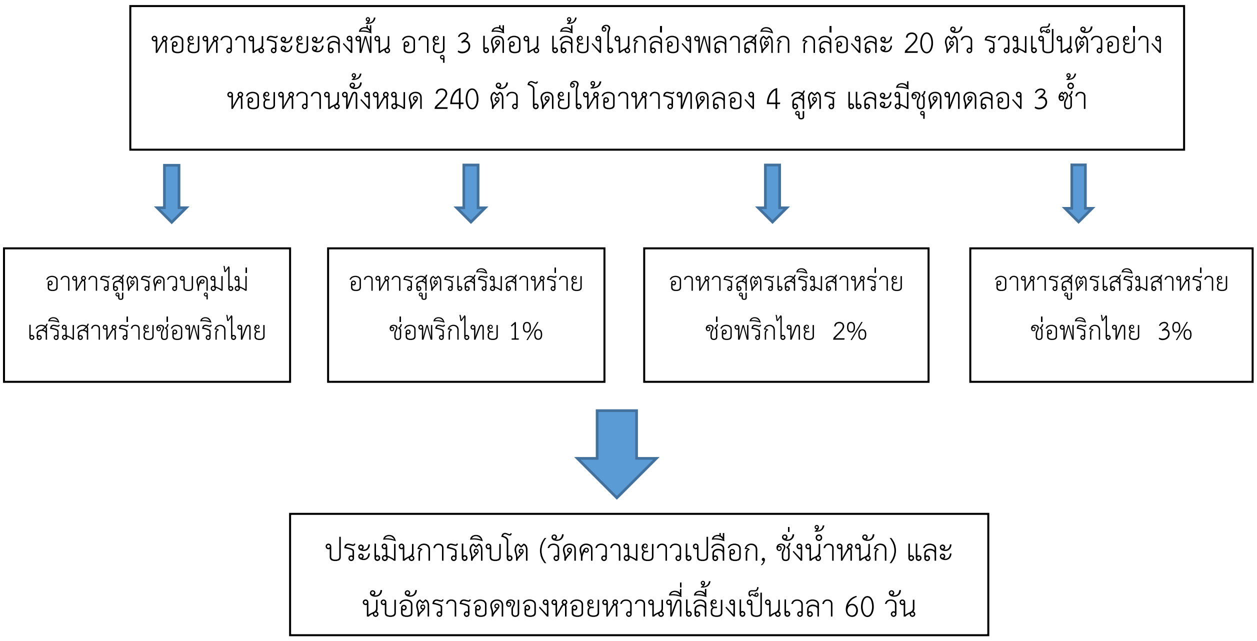
ดังนั้น การนำสาหร่ายช่อพริกไทยมาเสริมในอาหารผสมสำหรับอนุบาลลูกหอยหวาน จะทำให้ทราบประสิทธิภาพของสาหร่ายช่อพริกไทยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด ของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น และเป็นการนำสาหร่ายช่อพริกไทยมาใช้ประโยชน์ในด้านเสริมในอาหารสัตว์น้ำได้เพิ่มมากขึ้น

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

โครงการวิจัยได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติการใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการการควบคุมดูแลการเลี้ยง และการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Protocol Review No.2123005)

3.1 วางแผนการทดลอง

ทำการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยอาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารสำเร็จรูปแบบกึ่งเปียกผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม เป็นชุดการทดลอง 4 ชุด ชุดละ 3 ซ้ำ ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน ดังแผนการทดลอง (รูปที่ 3) โดยเลี้ยงที่ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 แผนการทดลองเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น

3.2 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลอง ใช้หอยหวาน *(B. areolata)* ระยะวัยรุ่น อายุประมาณ 3 เดือน (รูปที่ 4) นำมาจากสถานีวิจัยย่อยชะอำ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ขนส่งโดยนำหอยหวานใส่ถุงที่มีน้ำความเค็ม 30 ppt ถุงละ 100 ตัว เติมออกซิเจนและมัดปากถุง ใส่ในลังโฟมเพื่อป้องกันการกระแทกในระหว่างการขนส่ง ใส่น้ำแข็งลงในกล่องโฟมเพื่อปรับอุณหภูมิให้ได้ 22-23 องศาเซลเซียส และขนส่งมายังจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลาเย็น

หอยหวานที่นำมาทดลอง เป็นหอยหวานจากชุดการผลิต (crop) เดียวกัน นำมาฝึกให้กินอาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นคัดขนาดให้มีความยาวเริ่มต้น (initial shell length) ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.56±0.02 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.75±0.16 กรัม ใช้หอยหวานในการทดลองสูตรอาหารทั้งหมด 4 ชุดทดลอง จำนวน 20 ตัวต่อหน่วยทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และปรับปริมาณอาหารทุก 14 วัน โดยจะให้อาหารวันละ 1 มื้อ (เวลา 12.00 – 13.00 น.) และเก็บอาหารที่เหลือออกหลังจากที่หอยกินอิ่ม เก็บเศษอาหารทุกวัน บันทึกการเติบโตโดยการวัดความยาวเปลือกและชั่งน้ำหนักหอยหวานทุก 14 วัน (รูปที่ 5)

รูปที่ 4 หอยหวาน (*B. areolata*) อายุ 3 เดือน จากสถานีวิจัยย่อยชะอำ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

(ก) (ข)

รูปที่ 5 การวัดการเติบโตของหอยหวาน (ก) ชั่งน้ำหนัก (ข) วัดความยาวเปลือก

3.3 ชุดการทดลองและระบบการเลี้ยง

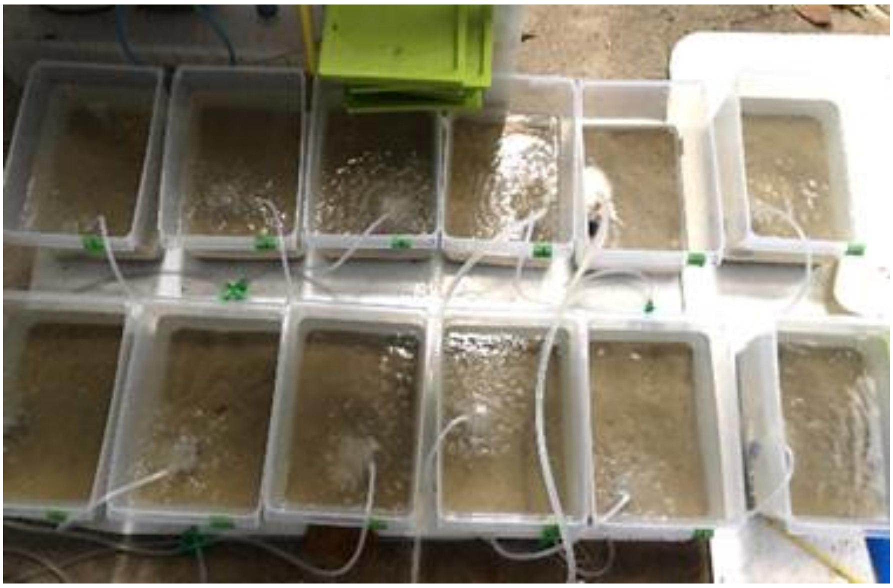
3.3.1 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองจะใช้กล่องพลาสติกขนาด 18.5x24.5x15.5 เซนติเมตร ปูพื้นกล่องด้วยทรายละเอียดหนา 2 เซนติเมตร สำหรับการฝังตัวของหอยหวาน เติมน้ำปริมาตร 4 ลิตร (ระดับน้ำสูงจากพื้นทรายประมาณ 8 เซนติเมตร) และให้หัวทรายเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำ (รูปที่ 6)

3.3.2 ระบบเลี้ยง

ระบบการเลี้ยง เลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น โดยใช้น้ำเค็มจากนาเกลือที่เจือจางด้วยน้ำประปาเพื่อให้ได้ความเค็ม 28-30 ส่วนในพันส่วน (ppt) เติมแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริภรณ์ โคตะมี และคณะ, 2556) เพื่อรักษาระดับแร่ธาตุในน้ำ ก่อนนำน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำเพื่อเตรียมไว้ใช้กับชุดทดลอง

การจัดการการเลี้ยง ใช้สายยางขนาดเล็กดูดเศษตะกอนของเสียที่อยู่บริเวณผิวทรายออก เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% เป็นประจำทุกวัน จากนั้นทำความสะอาดพื้นทรายทุกๆ 1-2 วัน เพื่อจัดการของเสียจากการขับถ่ายของหอยที่สะสมในชั้นทรายออกจากมวลน้ำที่เลี้ยง (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และคณะ, 2556) หรือเมื่อสังเกตว่าลูกหอยไม่ฝังตัวในทราย หรือทรายในชุดทดลองมีสีดำ จะนำทรายออกมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเค็ม 1-2 รอบ และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% เพื่อให้ของเสียที่สะสมอยู่กับทรายถูกกำจัดออกให้มากที่สุดก่อนจะนำใส่กลับคืนชุดทดลอง



รูปที่ 6 กล่องพลาสติกเลี้ยงหอยหวาน ใส่หัวทรายให้อากาศ ปูพื้นกล่องด้วยทรายละเอียด

ตรวจสอบและควบคุมคุณภาพน้ำในชุดทดลองเลี้ยงหอยหวาน โดยทำการวัดอุณหภูมิและความเค็ม ด้วยเครื่อง YSI Model 30 Handheld Salinity, Conductivity & Temperature System ทำการวัดค่าความเป็นด่าง หรืออัลคาลินิตี้ (alkalinity) แอมโมเนีย และไนไตรท์ ด้วยชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Test Kit) AQUA-VBC ของคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และใช้ชุดตรวจปริมาณออกซิเจนละลาย (DO), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมของ Greater Vet Co., Ltd. เพื่อควบคุมให้น้ำคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยหวาน (ทศพล สังข์ศิรินทร์, 2550)

3.4 อาหารทดลอง

สาหร่ายช่อพริกไทย (*C. lentillifera*) นำมาจากโครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างตามพระราชดำริใน สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จังหวัดเพชรบุรี เมื่อล้างทำความสะอาดสาหร่ายช่อพริกไทยแล้ว นำไปทำให้แห้งโดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำไปบดละเอียดผ่านตะแกรง ขนาดตา 500 ไมโครเมตร (รูปที่ 5)

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมแบบกึ่งเปียก มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยนำวัตถุดิบ ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง และกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีน ใช้น้ำมันทูน่าเป็นแหล่งไขมัน แป้งสาลี และสาหร่าย ช่อพริกไทยตามสัดส่วน เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต เติมวิตามินและแร่ธาตุ ผสมเข้าด้วยกัน ดัดแปลงจากสูตร อาหารหอยหวาน (เดือนนภา เอ่งฉ้วน, 2553) (ตารางที่ 1)

รูปที่ 7 สาหร่ายช่อพริกไทย (*C. lentillifera*) นำมาบดละเอียด

ตารางที่ 1 สูตรอาหารหอยหวานสำเร็จรูปแบบกึ่งเปียกผสมสาหร่ายช่อพริกไทย (ดัดแปลงจากสูตรอาหารของหอยหวานของ เดือนนภา เอ่งฉ้วน, 2553)

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)			
	อาหารสูตรควบคุม (Control; C)	อาหารสูตรผสม สาหร่าย 1% (T1)	อาหารสูตรผสม สาหร่าย 2% (T2)	อาหารสูตรผสม สาหร่าย 3% (T3)
Fish meal	35	35	35	35
Wheat flour	25.35	24.35	23.35	22.35
Shrimp powder	2.4	2.4	2.4	2.4
Soybean meal	6.75	6.75	6.75	6.75
Squid liver meal	0.5	0.5	0.5	0.5
Seaweed powder	0	1	2	3
Tuna oil	11	11	11	11
Wheat gluten	3	3	3	3
Alpha starch	5	5	5	5
Lecithin	1	1	1	1
Mixed vitamin	4	4	4	4
Mixed mineral	4	4	4	4
99% Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5
Astaxanthin	0.5	0.5	0.5	0.5
Yeast	1	1	1	1

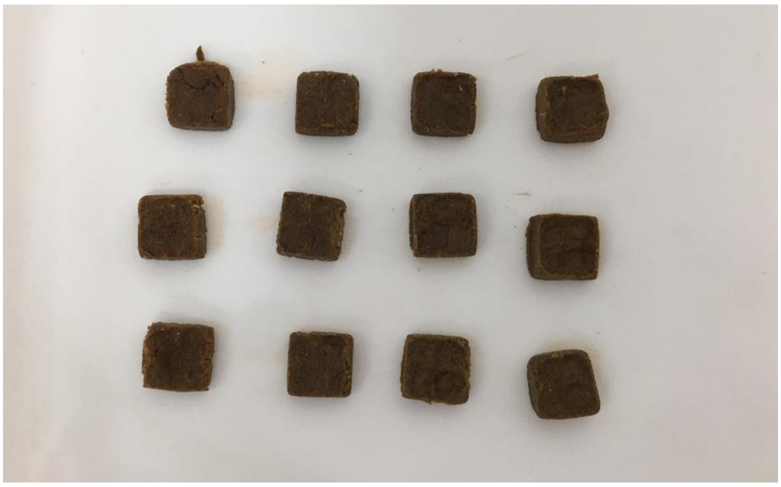
* Mineral premix contains natural mineral chelate such as Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Se, Cr, P etc.

** 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

เตรียมอาหาร โดยชั่งน้ำหนักวัตถุดิบอาหารแต่ละสูตรแล้วผสมวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณมากเข้าด้วยกันก่อนผสมวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณน้อย เช่น วิตามิน แร่ธาตุรวม จากนั้นผสมน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารเพื่อให้เกิดความคงตัว (ชิดชนก รอดเรือง, 2551) นำไปอัดแท่งในพิมพ์อะลูมิเนียมขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร นำไปผึ่งลมแล้วตัดแบ่งเป็น 2 ส่วน เพื่อวางอาหารให้กระจายเป็น 2 จุดในแต่ละกล่องทดลอง เก็บใส่กล่องพลาสติกรักษาอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาใช้ในการเลี้ยงต่อไป (รูปที่ 8)

นำอาหารในทุกชุดการทดลองที่ผึ่งลมให้แห้งดีแล้ว มาชั่งน้ำหนัก จดบันทึก จากนั้นใส่ลงในน้ำทะเลที่ความเค็ม 30 ppt เป็นเวลา 60 นาที สังเกตและจดบันทึกผลทุก 5 นาที และชั่งอาหารที่เหลือเมื่อเวลาผ่านไปครบ 60 นาที ทดสอบการคงสภาพของอาหารทดลอง

(ก)



(ข)

รูปที่ 8 การทำอาหาร (ก) วัตถุดิบผสมอาหาร
(ข) ลักษณะแท่งอาหารผสมแบบกึ่งเปียก

3.5 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสำเร็จรูปด้วยวิธี proximate analysis (The Association of Official Analytical Chemists (AOAC) in Animal, 2005) โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน, เถ้า และความชื้น ที่ห้องปฏิบัติการโภชนะศาสตร์อาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 บันทึกข้อมูล การประเมินผล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.6.1 การเก็บข้อมูล และการประเมินผล

บันทึกข้อมูลการเติบโต โดยวัดความยาวเปลือกของหอยหวานด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิทัล และชั่งน้ำหนักหอยหวานด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลแบบละเอียด (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง) ทุก 14 วัน โดยนำหอยหวานมาชั่งวัดด้วยความรวดเร็วและนำกลับไปคืนในกล่องเลี้ยง นับหอยหวานเพื่อวัดอัตรารอดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำข้อมูลไปประเมินการเติบโต โดยวัดจากความยาวที่เพิ่มขึ้น (Shell length increase) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate : SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio : FCR) และประเมินผลอัตรารอด (Survival rate) จากจำนวนหอยที่เหลือ (Yang *et al.*, 2006; เดือนนภา เอ่งฉ้วน, 2553) โดยค่าต่าง ๆ คำนวณจากสมการดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนัก (Specific growth rate: SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$SGR = \frac{100\times[\ln(\text{น้ำหนักสุดท้าย,กรัม})-\ln(\text{น้ำหนักเริ่มต้น,กรัม})]}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง,วัน}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยความยาว (Specific growth rate: SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$SGR = \frac{100\times[\ln(\text{ความยาวเปลือกสุดท้าย,มิลลิเมตร})-\ln(\text{ความยาวเปลือกเริ่มต้น,มิลลิเมตร})]}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง,วัน}}$$

อัตราการรอดตาย (Survival rate) (%)

$$\%survival = \frac{(\text{จำนวนหอยสุดท้าย} - \text{จำนวนหอยเริ่มต้น})}{\text{จำนวนหอยเริ่มต้น}} \times 100$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR)

$$FCR = \frac{(\text{น้ำหนักอาหารที่หอยกิน, กรัม})}{(\text{น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น, กรัม})}$$

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ IBM SPSS Statistics 22

บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล

ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*C. lentillifera*) ต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะวัยรุ่น ที่เป็นอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ (0%, 1%, 2% และ 3%) เป็นเวลา 60 วัน (8 สัปดาห์) ดังนี้

4.1 การทดสอบเบื้องต้นของการคงสภาพของอาหารผสมกึ่งเปียกทั้ง 4 สูตร

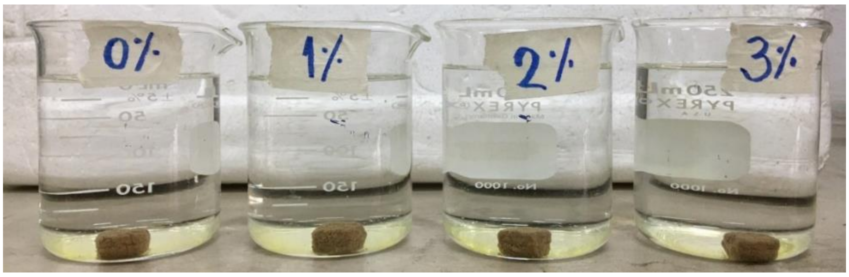
อาหารสำหรับเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นแบบผสมกึ่งเปียกทั้ง 4 สูตร นำมาทดสอบความคงตัวของอาหารในน้ำเป็นเวลา 120 นาที (รูปที่ 7) พบว่า อาหารผสมกึ่งเปียกที่ผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 3% มีการคงตัวดีที่สุดคือ 43% รองลงมาเป็นอาหารผสมกึ่งเปียกที่ผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% และ 1% เหลืออาหารคงสภาพอยู่เพียง 33% และ 32% ตามลำดับ ส่วนอาหารผสมกึ่งเปียกที่ไม่ผสมสาหร่ายช่อพริกไทยมีการแตกตัวของก้อนอาหารมากขึ้นเหลืออาหารที่คงสภาพอยู่เพียง 21%

สาหร่ายช่อพริกไทยที่ผสมในอาหารกึ่งเปียกทำให้อาหารมีคุณสมบัติในการคงสภาพในน้ำได้นานกว่าอาหารที่ไม่เสริมสาหร่าย ดังนั้นสาหร่ายช่อพริกไทยสามารถนำมาใช้เสริมในอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงหอยหวาน เนื่องจากหอยหวานมีการใช้งวง (Proboscis) เป็นอวัยวะในการกินอาหาร โดยจะทำการเจาะเข้าไปในเนื้ออาหาร ปล่อยน้ำย่อยและดูดกินอาหารกลับผ่านงวงดังกล่าว (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) ซึ่งอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงหอยหวานควรมีความคงตัวอยู่ในน้ำได้ โดยเมื่อลูกหอยเจาะเข้าไปแล้วเม็ดอาหารจะไม่แตกทันที (ชิดชนก รอดเรือง, 2551) โดยหอยหวานจะใช้ระยะการกินอาหารสำเร็จรูปไม่ถึง 60 นาที (ทศพล สังข์ศิรินทร์, 2550) ซึ่งไม่เกินเวลาในการคงสภาพของอาหารเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในการศึกษาครั้งนี้ การเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารจึงช่วยเป็นตัวประสาน (binder) และคงสภาพของเม็ดอาหาร

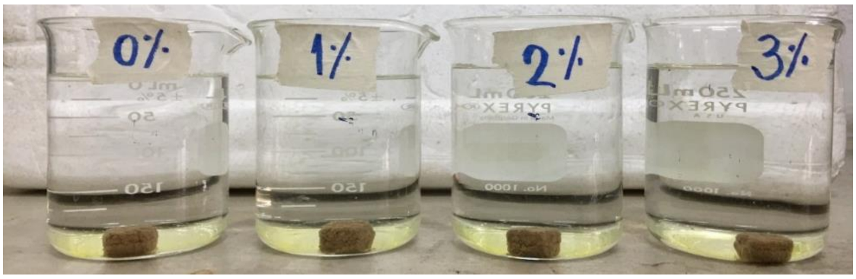
4.2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมแบบกึ่งเปียกทั้ง 4 สูตร

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ ความชื้น เถ้า และโปรตีน โดยวิธี proximate analysis พบว่า ปริมาณความชื้นมีค่าระหว่าง 12.52±0.11 ถึง 12.78±0.25 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณเถ้ามีค่าระหว่าง 12.06±0.08 ถึง 13.17±0.06 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีนมีค่าระหว่าง 31.04±0.18 ถึง 31.90±0.11 เปอร์เซ็นต์ แสดงดัง ตารางที่ 2

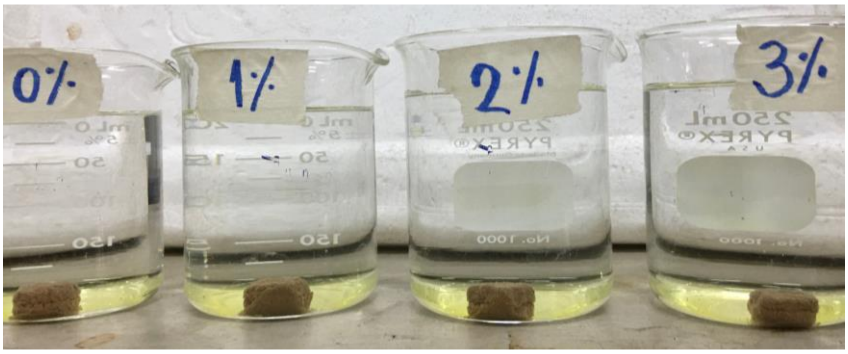
ผลการวิเคราะห์ ความชื้น เถ้าและปริมาณโปรตีนในอาหารผสมกึ่งเปียกที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอาหารผสมกึ่งเปียกที่ผลิตในการทดลองกำหนดให้มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับต่อการเติบโตของหอยหวาน ทำให้หอยหวานมีการเติบโตมากขึ้นในด้านความยาวเปลือกและน้ำหนักตามระยะเวลาการเลี้ยง สอดคล้องกับ (ชัชรียา เชยชม, 2551; ชิดชนก รอดเรือง, 2551)



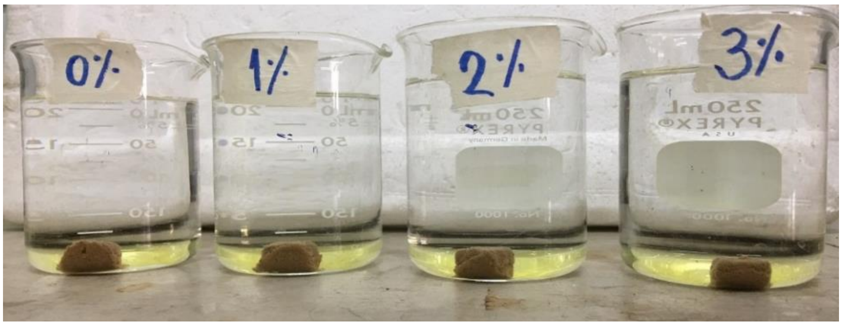
15 นาที



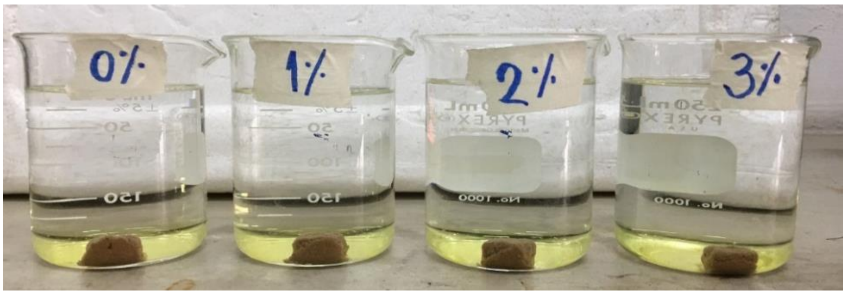
30 นาที



60 นาที



90 นาที



120 นาที

รูปที่ 9 ลักษณะการคงตัวของอาหารเมื่อเวลาผ่านไปครบ 120 นาที

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมแบบกึ่งเปียกทั้ง 4 สูตร

สูตรอาหาร	คุณค่าทางโภชนาการ		
	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	โปรตีน (%)
สาหร่าย 0%	12.78±0.25	12.06±0.08	31.04±0.18
เสริมสาหร่าย 1%	12.52±0.11	12.67±0.31	31.89±0.11
เสริมสาหร่าย 2%	12.54±0.06	13.01±0.05	31.82±0.18
เสริมสาหร่าย 3%	13.53±0.08	13.17±0.06	31.44±0.00

จากผลการวิเคราะห์โภชนาการของอาหารทดลอง พบว่าโปรตีนที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำกว่าปริมาณโปรตีนที่ใส่ไปในสูตรอาหารค่อนข้างมาก อาจเป็นเพราะเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนชำรุดจึงไม่ได้วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักของสูตรอาหารก่อนทำการผลิตอาหาร ทำให้ค่าโปรตีนในปลาป่นที่ถูกกำหนดในการคำนวณสูตรอาหารผิดพลาดไปจากความเป็นจริง จึงคิดปริมาณโปรตีนในอาหารไม่ถูกต้อง

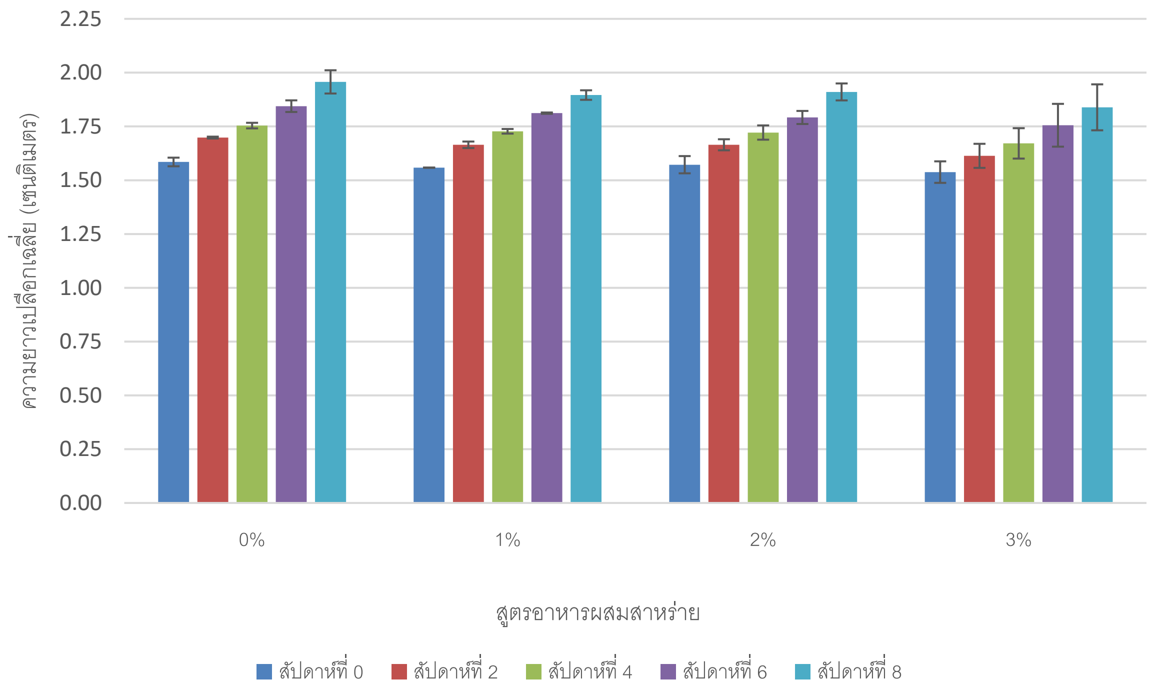
4.3 ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน

4.3.1 การเติบโตโดยความยาวเปลือก

การเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยทั้ง 4 ระดับ พบว่า หอยหวานระยะวัยรุ่นทุกชุดการทดลองมีความยาวเปลือกเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง แสดงดังตารางที่ 3 (รูปที่ 10)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหาร เสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

ชุดการทดลอง (ปริมาณสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารผสม; กรัมในอาหาร100 กรัม)	การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย (เซนติเมตร)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
สาหร่าย 0%	1.59±0.02	1.70±0.00	1.75±0.01	1.84±0.03	1.96±0.05
เสริมสาหร่าย 1%	1.56±0.01	1.67±0.02	1.73±0.01	1.81±0.00	1.90±0.02
เสริมสาหร่าย 2%	1.57±0.04	1.67±0.03	1.72±0.03	1.79±0.03	1.91±0.04
เสริมสาหร่าย 3%	1.54±0.05	1.61±0.05	1.67±0.07	1.76±0.10	1.84±0.10



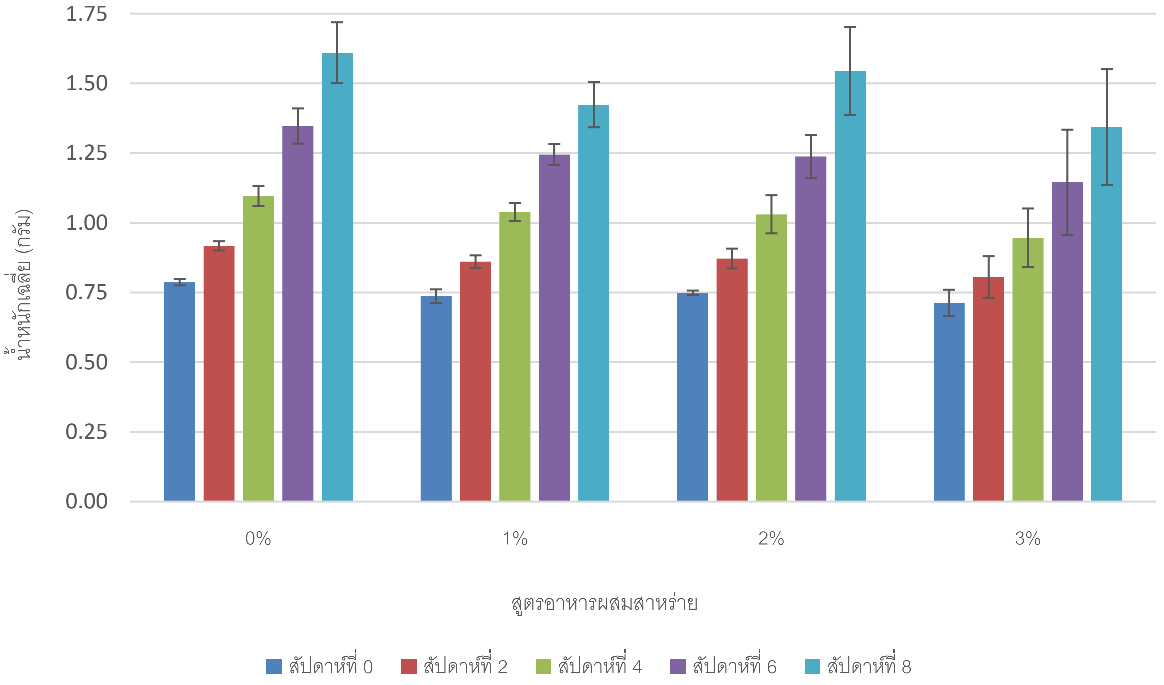
รูปที่ 10 ความยาวเปลือกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

4.3.2 การเติบโตโดยน้ำหนัก

การเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยทั้ง 4 ระดับ พบว่า หอยหวานระยะวัยรุ่นทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง แสดงดังตารางที่ 4 (รูปที่ 11)

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตโดยความน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหาร เสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ

ชุดการทดลอง (ปริมาณสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารผสม; กรัมในอาหาร 100 กรัม)	**การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)**				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
สาหร่าย 0%	0.79±0.01	0.92±0.02	1.10±0.04	1.35±0.06	1.61±0.11
เสริมสาหร่าย 1%	0.74±0.02	0.86±0.02	1.04±0.03	1.24±0.04	1.42±0.08
เสริมสาหร่าย 2%	0.75±0.01	0.87±0.04	1.03±0.07	1.24±0.08	1.55±0.16
เสริมสาหร่าย 3%	0.71±0.05	0.81±0.07	0.95±0.11	1.15±0.19	1.34±0.21



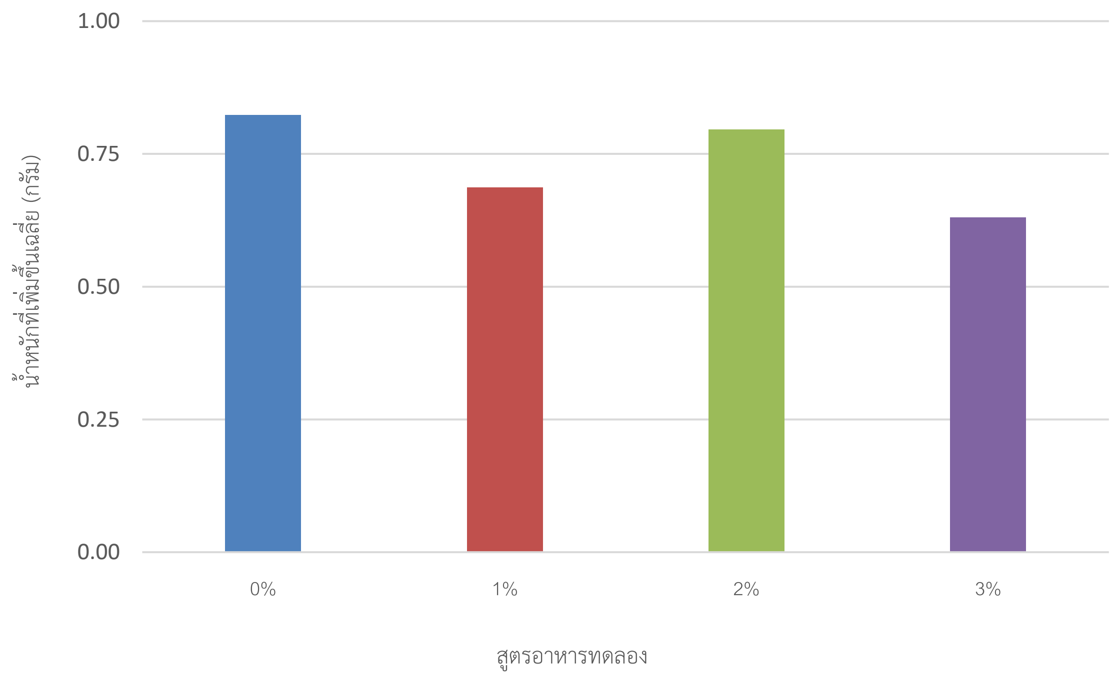
รูปที่ 11 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

การเติบโตของหอยหวานระยะวัยรุ่นจากการทดลองได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น แสดงดัง ตารางที่ 5 (รูปที่ 10, 11) พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานที่ได้รับอาหารสูตรที่ไม่ได้ผสมสาหร่ายช่อพริกไทยมีค่าการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักสูงที่สุดเท่ากับ 0.82 กรัม รองลงมาเป็นหอยหวานในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปแบบกึ่งเปียกเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% และ 1% ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

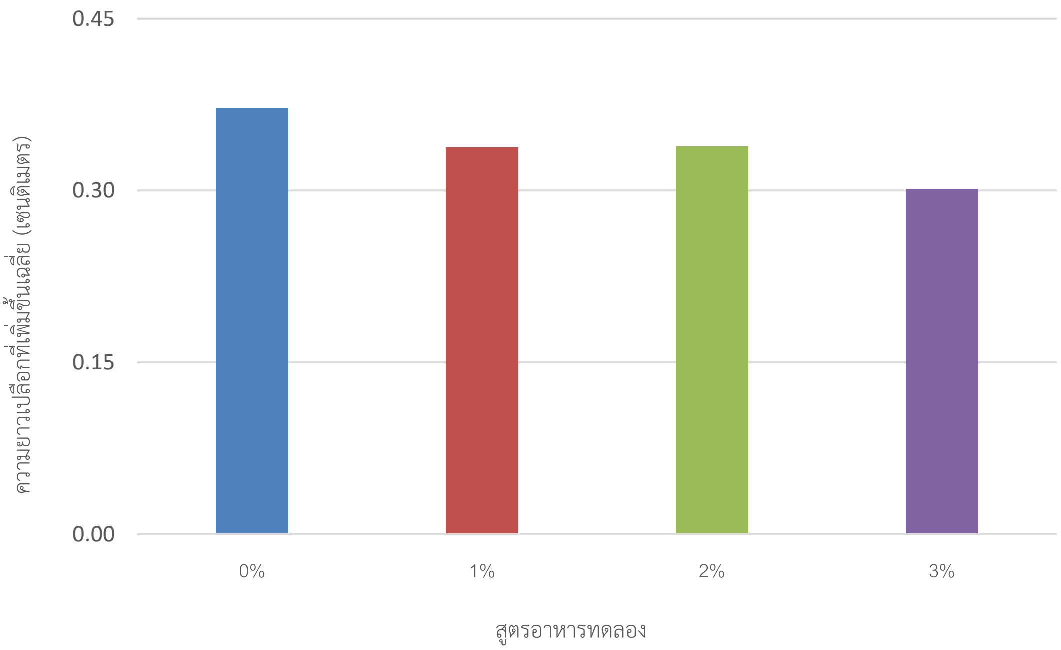
การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานที่ได้รับอาหารสูตรที่ไม่ได้ผสมสาหร่ายช่อพริกไทยมีค่าการเจริญเติบโตโดยความยาวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.372 เซนติเมตร รองลงมาเป็นหอยหวานในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปแบบกึ่งเปียกเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% และ 1% ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, ความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน

Parameter	**อาหารทดลอง** (ปริมาณสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารผสม; กรัมในอาหาร100 กรัม)			
	0%	1%	2%	3%
Final weight (g)	1.61±0.11	1.42±0.08	1.54±0.16	1.34±0.21
Final Length (cm)	1.96±0.05	1.89±0.02	1.91±0.04	1.84±0.11
Weight gain(g)	0.82	0.69	0.80	0.63
Length gain (cm)	0.372	0.337	0.338	0.301



รูปที่ 12 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน



รูปที่ 13 ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

จากการศึกษาครั้งนี้ การเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานระยะวัยรุ่น พบว่า หอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยทั้ง 4 ระดับ มีความยาวเปลือกเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง สอดคล้องกับผลของการเสริมเสริมสาหร่ายพวงองุ่น หรือสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ทำให้กุ้งก้ามกรามมีการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปที่เสริมด้วยสาหร่ายทะเลชนิดอื่น (กรณ์รวี และคณะ, 2563) เช่นเดียวกับการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทำให้กุ้งกุลาดำมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Putra *et al*., 2019)

4.4 ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตาย

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียก แสดงดัง ตารางที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยหวานที่ได้รับอาหารที่ไม่ได้ผสมสาหร่ายช่อพริกไทยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับหอยในชุดทดลองที่ได้รับอาหารสูตรผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 1%, 2% และ 3% (รูปที่ 12)

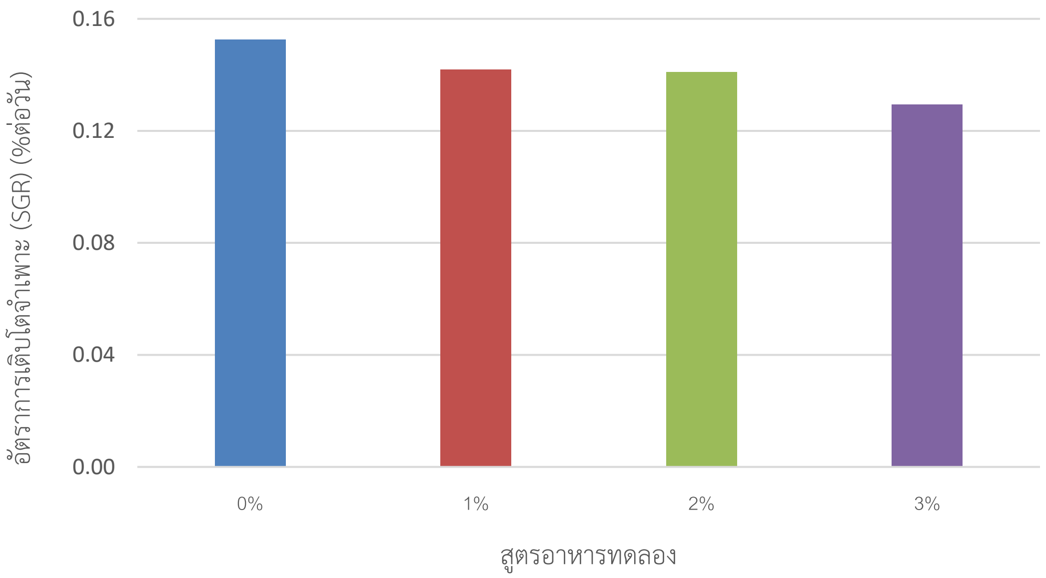
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.52 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน รองลงมาเป็น หอยหวานที่ได้รับอาหารไม่เสริมสาหร่าย และเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 1%, 3% ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (รูปที่ 13)

จากข้อมูลข้างต้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยทำให้หอยหวานเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากสาหร่ายช่อพริกไทยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีแร่ธาตุ วิตามินหลายชนิด มีโปรตีน 8.55 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีคาร์โบไฮเดรต 32.69 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานรวม 182 Kcal/ 100g (ศูนย์วิจัยและพัฒนาชายฝั่งเพชรบุรี, 2560)

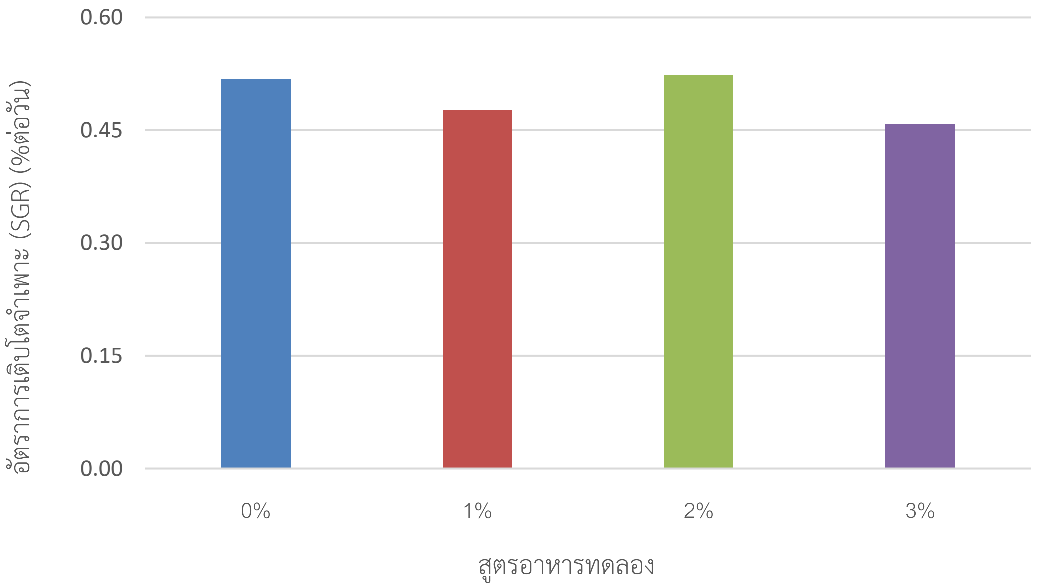
ตารางที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตรารอดของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

ชุดการทดลอง (ปริมาณสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารผสม; กรัมในอาหาร 100 กรัม)	**อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) (%ต่อวัน)**		**อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)**	**อัตรารอด (%)**
	โดยความยาวเปลือกเฉลี่ย	โดยน้ำหนักเฉลี่ย		
สาหร่าย 0%	0.153	0.518	2.97±0.36	85.00
เสริมสาหร่าย 1%	0.142	0.477	3.25±0.44	83.33
เสริมสาหร่าย 2%	0.141	0.524	2.93±0.43	76.67
เสริมสาหร่าย 3%	0.129	0.458	3.49±0.58	88.33

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของหอยหวานในชุดทดลองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% ดีที่สุดคือ 2.93±0.43 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับหอยหวานในชุดทดลองอื่น ซึ่งอาหารที่มีประสิทธิภาพดีจะให้ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนเป็นเนื้อต่ำซึ่งหมายถึงการใช้อาหารในปริมาณที่น้อยในการเปลี่ยนเป็นเนื้อของสัตว์ อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจึงสามารถบ่งบอกประสิทธิภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยงได้ ดังนั้น สาหร่ายช่อพริกไทยจึงไม่มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนเป็นเนื้อของหอยหวาน แต่รายงานการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทำให้กุ้งกุลาดำมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Putra *et al.*, 2019)



รูปที่ 14 อัตราการเติบโตจำเพาะโดยความยาวเปลือก (SGR) (%ต่อวัน) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน



รูปที่ 15 อัตราการเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนัก (SGR) (%ต่อวัน) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทย 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

อัตราการรอดของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมกึ่งเปียกเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย เมื่อทดลองเลี้ยงครบ 60 วัน พบว่าอัตราการรอดตายอยู่ในช่วง 76.67-88.33 หอยหวานที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 3% มีอัตรารอดตายสูงที่สุดคือ 88.33% แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับหอยหวานในชุดการทดลองอื่น ซึ่งการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยจึงไม่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกหอยหวานโดยส่วนใหญ่การตายเกิดจากการที่ลูกหอยคืบคลานออกมาจากกล่องเลี้ยง ส่งผลให้หอยหวานไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เนื่องจากขาดน้ำ และไม่ได้รับอาหารจึงทำให้ตาย ด้วยในการทดลองครั้งนี้ใช้กล่องพลาสติกปิดฝาแต่จำเป็นต้องใส่สายยางให้อากาศในการเลี้ยงจึงทำให้การปิดฝากล้องไม่มิดชิด ลูกหอยจึงสามารถคืบคลานออกมานอกกล่องเลี้ยงได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ สุกัญญา จันทร์งาม (2550) พบว่าหน่วยทดลองที่ปิดมิดชิด ลูกหอยจะไม่สามารถคืบคลานออกมาก็จะทำให้มีอัตรารอดดีมากจนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการทดลองเลี้ยงของ ชิดชนก รอดเรือง (2551) และ เดือนนภา เอ่งฉ้วน (2553) ที่มีการใช้หน่วยทดลองที่มีฝาปิดมิดชิด

ดังนั้น จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่า อาหารทดลองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% มีความเหมาะสมที่จะนำมาเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นได้ เนื่องจากให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด และมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักลูกหอยที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเลี้ยงด้วย

4.5 คุณภาพน้ำทะเล

คุณภาพน้ำในระบบการทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง มีการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ทำให้คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน แสดงดังตารางที่ 7 ซึ่งค่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน (ทศพล สังข์ศิรินทร์, 2550) ทำให้ลักษณะเปลือกของหอยหวานมีความสมบูรณ์ไม่หลุดลอก เนื่องจากค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) ในการเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากอยู่ในช่วง 180-240 mg as $CaCO_3$ /l และมีค่ามากกว่าระดับความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงหอยหวาน ซึ่งควรมีมากกว่า 100 mg as $CaCO_3$ /l (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 2548) นอกจากนี้ความเข้มข้นของแคลเซียมอยู่ในช่วง 328.7-388.8 mg as $CaCO_3$ /l และมีสัดส่วนแคลเซียม 1:3 แมกนีเซียม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล ในการทดลองครั้งนี้จึงไม่พบอาการเปลือกลอกของหอยหวาน

สำหรับค่าอุณหภูมิของน้ำในการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 25.5-28.0 °C มีความแปรปรวนเล็กน้อยเนื่องจากกล่องที่ใช้ทดลองเลี้ยงลูกหอยมีขนาดเล็ก มวลน้ำมีน้อย และมีฝนตกในระหว่างการเลี้ยง ทำให้อากาศภายนอกมีอิทธิพลกับน้ำในกล่องทดลองส่งผลให้อุณหภูมิไม่คงที่

ตารางที่ 7 ค่าคุณภาพน้ำในการทดลองเลี้ยงหอยหวาน

Parameter	Range
Salinity (ppt)	27-29
Temperature (°C)	25.5-28
pH	8.10-9.24
Dissolved oxygen (mg/l)	5.70-5.94
Ammonia (mg/l)	0-1.0
Nitrite (mg/l)	0-1.0
Calcium (ppm)	328.7-388.8
Magnesium (ppm)	925.0-1102.3
Alkalinity (mg as $CaCO_3$/l)	180-240
Hardness (mg as $CaCO_3$/l)	4,710-5,490

บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*C. lentillifera*) ต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน *(B. areolata)* ระยะวัยรุ่น ที่ต่างกัน 4 ระดับ (ไม่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย, เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 1%, 2% และ 3%) ดังนี้

5.1 การคงสภาพของอาหารผสมกึ่งเปียกที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย

อาหารผสมกึ่งเปียกที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทยสัดส่วนต่างกัน 4 ระดับ (ไม่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย, เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 1%, 2% และ 3%) พบว่าทุกสูตรอาหารสามารถคงสภาพของอาหารได้มากกว่า 120 นาที ซึ่งไม่ส่งผลต่อระยะเวลาการกินอาหารของหอยหวาน

5.2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย

อาหารผสมแบบกึ่งเปียกเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย กำหนดปริมาณโปรตีน 40% ที่เหมาะสมในการเติบโตของลูกหอยหวาน จากการวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการพบว่า ระดับโปรตีนเป็น 31.04-31.89% ความชื้นและเถ้าในอาหารเป็น 12.52-12.78% และ 12.06-13.17% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่าระดับโปรตีนน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในสูตรอาหาร เนื่องจากความผิดพลาดของการกำหนดโปรตีนในปลาป่นของการคำนวณสูตรอาหาร

5.3 ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตายของหอยหวาน

ลูกหอยหวานที่ได้รับอาหารผสมแบบกึ่งเปียกเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนัก (SGR) และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดเท่ากับ 0.524%/ตัว/วัน และ 2.93 ± 0.43 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับลูกหอยหวานในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ และอัตรารอดของลูกหอยหวานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยส่วนใหญ่การตายเกิดจากการที่ลูกหอยคืบคลานออกมาจากกล่องเลี้ยงและไม่ได้รับอาหารจึงทำให้ตาย

5.4 คุณภาพน้ำในระบบการทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น

ระบบการเลี้ยงมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ทำให้คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน จึงไม่พบอาการเปลือกลอกของหอยหวานในการทดลองครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงหอยหวาน ควรมีการศึกษาสูตรอาหารที่มีสัดส่วนของระดับโปรตีน ระดับไขมันซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน รวมทั้งการเสริมสาหร่ายทะเลมาใช้เป็นตัวประสาน (binder) ช่วยให้เม็ดอาหารมีความคงตัวในน้ำได้ดี

2. การผลิตอาหารสำเร็จรูปจะต้องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในปลาป่น ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักของสูตรอาหารก่อนทำการผลิตอาหาร เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณสูตรอาหาร

3. ลูกหอยหวายระยะวัยรุ่นมีพฤติกรรมชอบคืบคลานจึงควรหาหน่วยทดลองที่ป้องกันการคืบคลานของลูกหอยออกมาภายนอกหน่วยทดลอง เช่น การใช้ตะกร้าที่มีฝาปิดมิดชิด ก็จะช่วยป้องกันการคืบคลานออกมาของลูกหอยเป็นการเพิ่มอัตราการรอดตายได้

เอกสารอ้างอิง

กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์, จริฎา พิมพาศ และ นฤชล ภัทราปัญญาวงศ์. 2563. การใช้สาหร่ายทะเลเป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*). e-proceeding การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 58, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2563.

จริฎา พิมพาศ. 2561. ผลของการเสริมสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*). โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เฉลิมขวัญ เมฆสุข และสวรรยา ธรรมอภิพล. 2560. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสาหร่ายพวงองุ่นจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ. วารสารธุรกิจปริทัศน์, 9(2), 68-80.

ชัชรียา เชยชม 2551. ผลของบริเวอร์ยีสต์ และนิวคลีโอไทด์ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

ชิดชนก รอดเรือง. 2551. สัดส่วนโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน *Babylonia areolata* ระยะวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

เดือนนภา เอ่งฉ้วน. 2553. สัดส่วนโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

ทศพล สังข์ศิรินทร์. 2550. ผลของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารผสมต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ในระบบการเลี้ยงแบบน้ำทะเลหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์. 2548. การศึกษาผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น *Babylonia areolata* ถึงขนาดตลาดในบ่อดินด้วยวิธีการเลี้ยงแบบต่างๆ. เอกสารประกอบการสัมมนาผลการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, สากล โพธิ์เพชร, ศิรุษา กฤษณะพันธุ์ และ วรรณณี แสนทวีสุข. 2556. การทำฟาร์มเพาะและเลี้ยงหอยหวานเชิงการค้าของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และ ศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, วิชิต เรืองแป้น, นฤมล ทองมาก, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และ ซูซาน มะเซ็ง. 2017. สภาพทางชีววิทยาของหอยหวานและการจัดการ ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยฟาฏอนี, ปัตตานี. หน้า 1004-1010.

ภุมรินทร์ เตาวโรดม, สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, วีณา เคยพุดซา และ วรินทร ชวศิริ. 2552. ผลของการเสริมสาหร่ายสีน้ำตาล (*Ascophyllum nodosum*) ในอาหารต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2552. หน้า 39-47.

สุกัญญา จันทร์งาม. 2550. ผลของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ต่อการเจริญเติบโต และการรอดของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

ศิริภรณ์ โคตะมี, เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว และ สมสมร แก้วบริสุทธิ์. 2556. องค์ประกอบแร่ธาตุหลักในน้ำทะเลเปรียบเทียบกับน้ำเกลือสินเธาว์เพื่อการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม. แก่นเกษตร. 41: 419-424.

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

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

Arisa, I.I., Z., Zulfikar, M., Muhammadar, N., Nurfadillah and S. Mellisa. 2020. Study on the addition of *Caulerpa lentillifera* on growth and survival rate of saline tilapia *Oreochromis niloticus*, L. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 493, No. 1, p. 012004) IOP Publishing.

de Gaillande, C., C. Payri, , G., Remoissenet, and M. Zubia, 2017. *Caulerpa* consumption, nutritional value and farming in the Indo-Pacific region. Journal of Applied Phycology. 29(5): 2249-2266.

Paul, N.A., Neveux, N., Magnusson, M. and R. de Nys. 2014. Comparative production and nutritional value of “sea grapes”: The tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *C. racemose.* Journal of Applied Phycology. 26: 1833-1844.

Putra, D.F., M. Rahmawati, M. Z. Abidin, and R. Ramlan. 2019. Dietary administration of sea grape powder (*Caulerpa lentillifera*) effects on growth and survival rate of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 348, No.1, p. 012100). IOP Publishing.

Putri, N.T., D. Jusadi, M. Setiawati, and M.T.D. Sunarno. 2017. Potential use of green algae *Caulerpa lentillifera* as feed ingredient in the diet of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Jurnal Akuakultur Indonesia. 16(2): 184-192.

Yang, S.D., Lin, T.S., Lin, T.S., Lui, F.G. and C.H. Liou. 2006. Influence of dietary phosphorus levels of growth, metabolic response and body composition of juvenile sliver purch (*Bidyanus bidyanus*). Aquaculture : 592-601.

ภาคผนวก

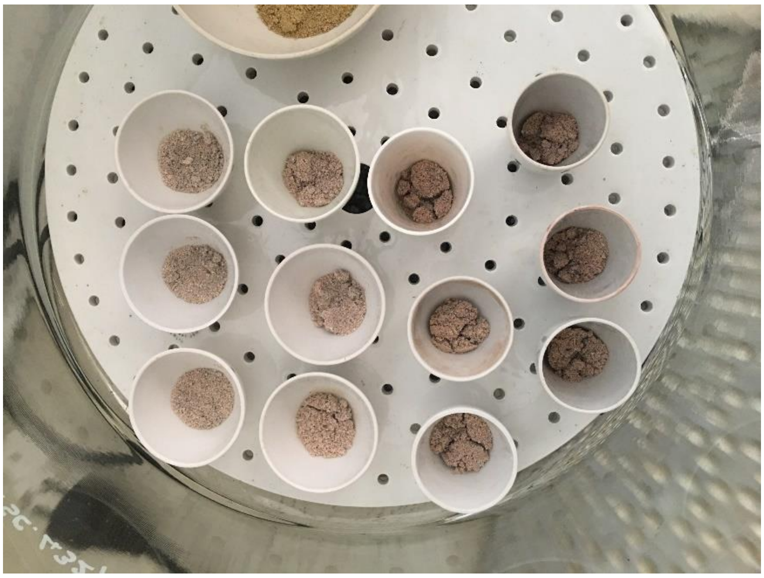
ภาคผนวก ก. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

1. วิเคราะห์ความชื้นในอาหาร

รูปที่ 1 อบตัวอย่างอาหารที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสในตู้อบ (Hot air oven) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2. วิเคราะห์เถ้า (Ash) ในอาหาร

รูปที่ 2 เผาตัวอย่างอาหารที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 4ชั่วโมง



รูปที่ 3 ตัวอย่างอาหารที่ผ่านการเผาจนเสร็จสมบูรณ์

3. วิเคราะห์โปรตีนในอาหาร

ก.

ข.

รูปที่ 4 วิเคราะโปรตีนในอาหาร ด้วยวิธี Kjeldahl โดยใช้เครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ ยี่ห้อ Foss รุ่น Kjeltec

ก. เครื่องย่อยสารอัตโนมัติ

ข. เครื่องกลั่นและวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหาร