ผลของการเสริมวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดชีวิต และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน *Babylonia areolata*

นายธิติภพ สุขุมาลชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF VITAMIN C SUPPLEMENTATION ON GROWTH, SURVIVAL AND TOLERANCE TO SALINITY CHANGE OF SPOTTED BABYLON *Babylonia areolata*

Mr. Dhitipob Sukumalchart

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดชีวิต และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน *Babylonia areolata*
โดย	นายธิติภพ สุขุมาลชาติ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธิติภพ สุขุมาลชาติ : ผลของการเสริมวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดชีวิต และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน *Babylonia areolata*. (EFFECTS OF VITAMIN C SUPPLEMENTATION ON GROWTH, SURVIVAL AND TOLERANCE TO SALINITY CHANGE OF SPOTTED BABYLON *Babylonia areolata*) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 97 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเสริมวิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) ในอาหารผสมเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่นต่อการเติบโต การรอดตาย และความทนทานต่อความเค็มต่ำ โดยการเลี้ยงลูกหอยขนาดความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย และน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.13 ± 0.11 เซนติเมตร และ 0.29 ± 0.10 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ในบ่อทดลองขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 48 x 17 ลูกบาศก์เซนติเมตร ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด อาหารที่ใช้เป็นอาหารผสมแบบกึ่งเปียกเสริมด้วยวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 50, 100, 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 เดือน ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือก และน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีทั้ง 6 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และ หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซี 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่ามีอัตราการรอดตายสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีที่ระดับ 0 และ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยวิตามินซีที่ระดับ 100, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ผลการทดสอบความทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ส่วนในพันส่วน) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซี 6 ระดับ เป็นเวลา 1 และ 5 เดือน มีความทนต่อความเค็มต่ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต ธิติภพ สุขุมาลชาติ

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5072592423 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEYWORDS : *Babylonia areolata* / Vitamin c / Salinity / Growth / Survival

DHITIPOB SUKUMALCHART : EFFECTS OF VITAMIN C SUPPLEMENTATION ON GROWTH, SURVIVAL AND TOLERANCE TO SALINITY CHANGE OF SPOTTED BABYLON *Babylonia areolata.*

ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D.,

CO-ADVISOR : NILNAJ CHAITHANAVISUTI, Ph.D., 97 pp.

This study was conducted to investigate the effects on growth, survival and tolerance to low salinity of juveniles spotted babylon (*Babylonia areolata*) fed experimental diet supplemented with various levels of vitamin c (ascorbyl-2-polyphosphate; APP). Juveniles spotted babylon with initial shell length and body weight of 1.13 ± 0.11 cm and 0.29 ± 0.10 g per individuals respectively were reared in plastic tanks of 30 x 48 x 17 cm^3 supplied by the semi-closed recirculating seawater system. They were fed with semi-moisture diet supplemented with 6 levels of vitamin c (0, 50, 100, 500, 1,000 and 2,000 mg per 1 kg diet) for 5 months. Results showed that there were no significant differences in growth rate in shell length and body weight and feed efficiency among all groups of juveniles spotted babylon fed with diet supplemented with 6 levels of vitamin c (P>0.05) with the exception of survival rates. Juveniles fed with diet supplemented with vitamin c (500 mg per 1 kg diet) had the highest survival rate (P<0.05) as compared to the snails fed on diet supplemented with vitamin c at 0 and 50 mg per 1 kg diet but not significance for those of 100, 1,000 and 2,000 mg per 1 kg diet. In addition, the results of low salinity (20 ppt) stress test showed that the spotted babylon fed with formulated diets supplemented with 6 levels of vitamin c for 1 and 5 month had no significant differences (P>0.05).

Field of Study : Biotechnology Student's Signature ธิติภาพ ศุขมาลชูเชิด

Academic Year : 2010 Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ แนะนำเอกสารที่เกี่ยวข้อง ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือตลอดจนสั่งสอนด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอ าจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ ที่ให้คำแนะนำในเรื่องการเลี้ยง แนะนำเอกสารที่เกี่ยวข้อง สนับสนุนลูกพันธุ์หอยหวาน เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอ ง และเอาใจใส่เรื่องความเป็นอยู่ ตลอดระยะ เวลาการทดลอง รวมทั้งช่วยตรวจ แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร . เจริญ นิติธรรมยง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร . ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ และ กรรมการสอบภายนอกมหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร. ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ ที่กรุณาให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร . สุเทพ ธนียวัน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณเสรี ดอนเหนือ และเจ้าหน้าที่หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 22
3.1 สถานที่วิจัย..... 22
3.2 การวางแผนการทดลอง..... 22
3.2.1 การทดลองที่ 1..... 22
ก) การวางแผนการทดลอง..... 22
ข) ระบบการเลี้ยง และหน่วยการทดลอง..... 23
ค) สัตว์ทดลอง..... 24
ง) อาหารทดลอง..... 25
จ) การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร..... 25
ฉ) การเลี้ยงหอยหวาน..... 26
ช) การเก็บข้อมูล และประเมินผลการทดลอง..... 27
ซ) การตรวจสอบคุณภาพน้ำบ่อทดลอง..... 30
ฌ) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 30
3.2.2 การทดลองที่ 2..... 30
ก) ระบบการเลี้ยง และหน่วยการทดลอง..... 31
ข) สัตว์ทดลอง..... 31

หน้า

ค) การเลี้ยงหอยหวาน……..... 32
ง) การเก็บข้อมูล และประเมินผลการทดลอง……..... 32
จ) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ……..... 33
บทที่ 4 ผลการวิจัย……..... 34
4.1 คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณวิตามินซีในอาหาร……... 34
4.2 ผลการทดลองที่ 1…….. 35
4.2.1 การเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวาน…….. 35
4.2.2 การเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวาน……... 37
4.2.3 อัตราการรอดตาย…….. 39
4.2.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ……. 40
4.2.5 ผลผลิตรวม……... 41
4.2.6 คุณภาพน้ำทะเล…… 42
4.3 ผลการทดลองที่ 2…….. 43
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ……..... 44
รายการอ้างอิง…… 50
ภาคผนวก..... 56
ภาคผนวก ก……..... 57
ภาคผนวก ข……..... 67
ภาคผนวก ค……..... 74
ภาคผนวก ง……..... 93
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..... 97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของอาหารผสม และการเสริมวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ…….. 26
ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง 6 สูตร……... 34
ตารางที่ 3 ปริมาณวิตามินซีในอาหารทดลองที่เสริมด้วยวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ..... 35
ตารางที่ 4 ความยาวเปลือกสุดท้าย ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร) และอัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน……..... 36
ตารางที่ 5 น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) และอัตราการเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน……..... 37
ตารางที่ 6 อัตราการรอด (%) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 39
ตารางที่ 7 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน……..... 40
ตารางที่ 8 ผลผลิตรวม (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน…… 41
ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำทะเลตลอดช่วงเวลาของการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน.....…….. 42
ตารางที่ 10 อัตราการรอด (%) ของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลองเมื่อทดสอบความทนทานต่อความเค็มต่ำ ที่เวลา 240 ชั่วโมง…… 43
ตารางที่ 11 Descriptive คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหอยหวานในแต่ละสูตร…… 67
ตารางที่ 12 ตาราง ANOVA ของคุณค่าทางโภชนาการของอาหารหอยหวานในแต่ละสูตร….. 70
ตารางที่ 13 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของโปรตีน…… 71
ตารางที่ 14 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของไขมัน…….. 71
ตารางที่ 15 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของเถ้า……... 72
ตารางที่ 16 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของเยื่อใย……... 72
ตารางที่ 17 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของความชื้น…….. 73
ตารางที่ 18 ความยาวเปลือกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 74

หน้า

ตารางที่ 19 ร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานเมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 ในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 74
ตารางที่ 20 Descriptive การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอย…….. 75
ตารางที่ 21 ตาราง ANOVA ของการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน…… 77
ตารางที่ 22 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของความยาวเปลือกเฉลี่ย……. 77
ตารางที่ 23 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก……. 78
ตารางที่ 24 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก……. 78
ตารางที่ 25 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น……. 79
ตารางที่ 26 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 80
ตารางที่ 27 ร้อยละของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานเมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 ในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 80
ตารางที่ 28 Descriptive การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน…..... 81
ตารางที่ 29 ตาราง ANOVA ของการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน…… 83
ตารางที่ 30 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของน้ำหนักเฉลี่ย……... 83
ตารางที่ 31 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก…….. 84

หน้า

ตารางที่ 32 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก..... 84
ตารางที่ 33 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น..... 85
ตารางที่ 34 Descriptive ของอัตราการรอดตายของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 86
ตารางที่ 35 ตาราง ANOVA ของอัตราการรอดตายของหอยหวาน..... 87
ตารางที่ 36 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการรอดตายของหอยหวาน..... 87
ตารางที่ 37 Descriptive ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ..... 88
ตารางที่ 38 ตาราง ANOVA ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ..... 89
ตารางที่ 39 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของน้ำหนักอาหารรวมที่หอยหวานกินตลอดการทดลอง..... 89
ตารางที่ 40 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของน้ำหนักตัวของหอยหวานที่เพิ่มขึ้น..... 90
ตารางที่ 41 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ.....90
ตารางที่ 42 Descriptive ของผลผลิตรวมของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 91
ตารางที่ 43 ตาราง ANOVA ของผลผลิตรวมของหอยหวาน..... 92
ตารางที่ 44 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของผลผลิตรวมของหอยหวาน..... 92
ตารางที่ 45 Descriptive อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 1..... 93
ตารางที่ 46 ตาราง ANOVA อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 1..... 94
ตารางที่ 47 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 1..... 94
ตารางที่ 48 Descriptive อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 5..... 95

หน้า

ตารางที่ 49 ตาราง ANOVA อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 5……..... 96
ตารางที่ 50 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 5.....96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 หอยหวาน (*Babylonia areolata*)..... 5
ภาพที่ 2 หอยหวานมีหนวด 1 คู่ และมีตา 1 คู่..... 5
ภาพที่ 3 หอยหมาก (*Babylonia spirata*)..... 5
ภาพที่ 4 ลักษณะของหอยหวานเพศเมีย..... 6
ภาพที่ 5 ลักษณะของหอยหวานเพศผู้..... 6
ภาพที่ 6 วงจรชีวิตหอยหวาน..... 7
ภาพที่ 7 การกินอาหารของหอยหวานขณะรวมกลุ่ม..... 8
ภาพที่ 8 การยื่น proboscis ของหอยหวานขณะกินอาหาร..... 8
ภาพที่ 9 ระบบทางเดินอาหารของหอยหวาน..... 9
ภาพที่ 10 สูตรโครงสร้าง และการถูกออกซิไดซ์ของวิตามินซี..... 16
ภาพที่ 11 สูตรโครงสร้างของ L-ascorbic-2-polyphosphate..... 18
ภาพที่ 12 a. อาการกระดูกคด scoliosis และ lordosis , b. อาการครีบหางกร่อน..... 20
ภาพที่ 13 a. Bioball , b. สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*)..... 23
ภาพที่ 14 หน่วยทดลองระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด (Semi-closed water circulation system)..... 24
ภาพที่ 15 การวางอาหารบนเปลือกหอยเชลล์..... 27
ภาพที่ 16 a. การวัดความยาวเปลือก , b. ชั่งน้ำหนักหอยเป็นรายตัว..... 28
ภาพที่ 17 หน่วยทดลองความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม..... 31
ภาพที่ 18 a. ทดสอบการตายของหอยหวานโดยดูการตอบสนองต่อการสัมผัสบริเวณเนื้อหอย, b. ทดสอบการตายของหอยหวานโดยใช้เข็มขนาดเล็กแทงบริเวณเนื้อหอย..... 32
ภาพที่ 19 ความยาวเปลือกเฉลี่ย ($\bar{x}$) (เซนติเมตร) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 36
ภาพที่ 20 น้ำหนักเฉลี่ย ($\bar{x}$) (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับเป็นระยะเวลา 5 เดือน..... 38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

หอยหวาน หรือหอยตุ๊กแก มีชื่อสามัญว่า Spotted Babylon และมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Babylonia areolata* จัดเป็นหอยฝาเดียวเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีปริมาณความต้องการสูงทั้งตลาดในประเทศ และต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน และฮ่องกง ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการทำประมงหอยหวานทุกขนาด แต่เดิมผลผลิตหอยหวานส่วนใหญ่ได้จากเครื่องมือประมงประเภทลอบดักจากธรรมชาติ ซึ่งการทำประมงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประชากรหอยหวานในแหล่งน้ำธรรมชาติลดต่ำลงอย่างน่าวิตก อีกทั้งหอยหวานที่จับได้ยังมีขนาดเล็กลง รวมถึงการขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์ในธรรมชาติ ขณะเดียวกันปริมาณความต้องการของตลาดกลับเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ราคาจำหน่ายหอยหวาน ในท้องตลาดสูงขึ้น (บังอร ศรีมุกดา และคณะ, 2548) ประมาณกิโลกรัมละ 200 - 250 บาท (ความรู้ทางการเกษตร, 2553 : ออนไลน์) ปัจจุบันจึงเกิดความสนใจในการเพาะเลี้ยงหอยหวาน เพื่อเพิ่มการตอบสนองทางการตลาด และเพื่อป้องกันการประมงหอยหวานจากทะเลที่มีมากเกินศักยภาพการผลิตของทะเล

นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องของอาหาร ซึ่งเป็นความจำเป็นขั้นพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ เนื่องจากอาหารเป็นปัจจัยหลักที่สามารถส่งผลต่อการเติบโต สุขภาพ และการรอดตาย สัตว์น้ำที่ได้รับคุณค่าอาหารที่เหมาะสมกับความต้องการจะมีความแข็งแรง การเติบโตและอัตราการรอดสูงขึ้น การเพาะเลี้ยงหอยหวานในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมใช้ปลาสด (ปลาข้างเหลือง ปลาเป็ด หรือปลาเลย) เป็นอาหาร เนื่องจากมีราคาค่อนข้างถูก และสามารถหาได้ง่าย แต่การให้ปลาสดมีข้อจำกัดในแง่ของระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น ทำให้ต้องจัดหาบ่อยครั้ง คุณค่าทางโภชนาการไม่ครบถ้วนตามที่หอยต้องการ และเศษอาหารสดที่เหลือยังก่อให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดโรคได้ง่าย (ขนิษฐา แสงงาม, 2540) อีกทั้งตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง 6-8 เดือน ในช่วงมรสุมประสบปัญหาการขาดแคลนซึ่งราคาปลาเหยื่อแพง และคุณภาพไม่ดี เมื่อนำมาใช้เลี้ยงหอยหวานจึงส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่ใช้ในระบบเลี้ยง และทำให้การเติบโตของหอยหวานต่ำลง (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) ดังนั้น การนำอาหารสำเร็จรูปที่เสริม

สารอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโต และสุขภาพของหอยหวาน เช่น วิตามินซี จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อจะทำให้หอยหวานมีอัตรารอดสูงขึ้น และต้นทุนการผลิตต่ำลง

วิตามินซีเป็นวิตามิน ที่มีความจำเป็นต่อ สัตว์น้ำ เนื่องจาก ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา มีการปล่อยสัตว์น้ำแบบหนาแน่นมาก อาหารธรรมชาติมีน้อย และ สัตว์น้ำส่วนใหญ่สังเคราะห์วิตามิน ซีเองไม่ได้ วิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้องกับขบวนการสร้างภูมิคุ้มกันโรค การผลิตฮอร์โมน ก ารดูดซึมธาตุอาหาร การสร้างและการสลายโปรตีนในสัตว์น้ำ และที่สำคัญคือการเจริญเติบโต และการรอดตายของสัตว์น้ำ หากสัตว์น้ำขาดวิตามินซี หรือได้รับปริมาณวิตามินซีไม่เพียงพอสัตว์น้ำจะแสดงความผิดปกติออกมา ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต ต่ำลง อัตรารอด ต่ำลง ความต้านทา นต่อโรค ต่ำลง และความทนต่อภาวะเครียด ต่ำลง เป็นต้น ดังนั้นการใส่วิตามิน ซีปริมาณที่เหมาะสมในอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง Qinghui *et al.* (2006) รายงานว่า ใน large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ที่ได้รับอาหารที่เสริมวิตามินซีในปริมาณ 25, 50, 100, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะทำให้มีอัตรารอดสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมวิตามินซีในปริมาณ 12.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

การเพาะเลี้ยงหอยหวานในปัจจุบัน ในช่วงฤดูฝน มักประสบปัญหา น้ำทะเลในบ่อเลี้ยงมีความเค็มลดลง อันเนื่องมาจากฝนที่ตกลงมา หรือน้ำทะเ ลที่สูบมาสำหรับใช้เลี้ยงมีความเค็มลดลง ทำให้หอยเกิดความเครียด ระบบต่างๆของร่างกายจะทำงานผิดปกติ และก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งวิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เมื่อร่างกายสัตว์เกิดความเครียดจึ งมีความต้องการใช้วิตามินซีเพิ่มมากขึ้น (Asard *et al*., 2004) ในการทดลองการเปลี่ยนแปลงความเค็มจาก 30 ส่วนในพันส่วน เป็น 0 ส่วนในพันส่วน อย่างเฉียบพลัน เป็นระยะเวลา 45 นาที พบว่าลูกกุ้งกุลาดำระยะ PL17 ที่ได้รับวิตามินซีระดับ 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อน้ำที่ใช้เลี้ยง 1 ลิตร มีอัตราการตายต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำ คัญทางสถิติ (สมศักดิ์ ระยัน, 2540) ดังนั้นการเสริม วิตามินซี ในอาหารผสมน่าจะมีผลทำให้สัตว์น้ำมีความสามารถในการทนทานต่อความเครียด (ความเค็มต่ำ) ได้สูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการรอดชีวิตสูงขึ้น

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของวิตามินซีในสัดส่วนปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริ ญเติบโต การรอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของอาหารสำเร็จรูป ในการเลี้ยงหอยหวานต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมวิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate) ที่เสริมในอาหารผสมต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดชีวิตของหอยหวาน

2. เพื่อศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มหลังจากที่ได้รับอาหารผสมที่เสริมด้วยวิตามินซี ที่ปริมาณต่างกัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของ อนุพันธุ์ วิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) ที่เสริม ในอาหาร สำเร็จรูปที่แตกต่างกัน 6 ระดับ (0, 50, 100, 500, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) ต่อการเติบโต การรอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน ทดสอบความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวานเมื่อระดับความเค็มเปลี่ยนแปลงจาก 30 ส่วนในพันส่วน เป็น 20 ส่วนในพันส่วน หลังได้รับอาหารเสริมวิตามินซี โดยทำการทดลองเป็นเวลา 240 ชั่วโมง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สูตรอาหารที่มีระดับวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเติบโต การรอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม เพื่อแก้ปัญหาการ ขาดแคลนอาหารธรรมชาติ คุณค่าทางโภชนาการของอาหารธรรมชาติที่ไม่ครบถ้วน และลดต้นทุนในการผลิตหอยหวานเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของหอยหวาน

ลักษณะโดยทั่วไป

หอยหวานมีชื่อสามัญภาษาไทยว่า หอยตุ๊กแก หรือหอยเทพรส มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Spotted Babylon จำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Subclass Prosobranchia

Order Neogastropoda

Family Buccinidae

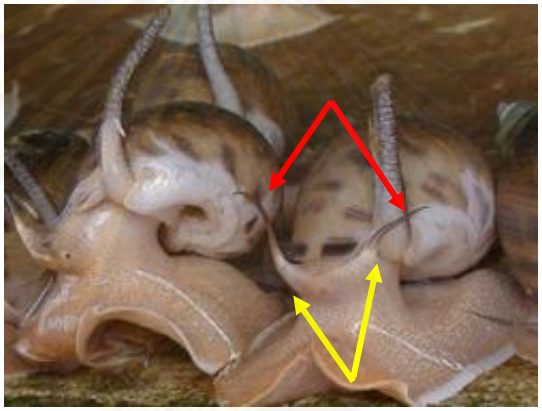
Genus *Babylonia*

Species *Babylonia areolata* Link 1807

หอยหวานเป็นหอยทะเลฝาเดียวมีเปลือกค่อนข้างหนา ผิวเรียบ เปลือกมีพื้นสีขาว และมีแต้มสี่เหลี่ยมสีน้ำตาลดำขนาดใหญ่เรียงเป็น 3 แถวบนวงลำตัว (ภาพที่ 1) บริเวณปลายสุดของส่วนเปลือกจะแหลม ขดเป็นเกลียว และมีร่องที่ไม่ลึกมาก ฝาปิด (operculum) เป็นรูปทรงไข่ที่สามารถปิดช่องเปิดลำตัวได้สนิท หอยหวานมีหนวด 1 คู่ และมีตา 1 คู่ (ภาพที่ 2) นอกจากนี้ยังพบหอยหวานชนิด *Babylonia spirata* มีชื่อสามัญว่า หอยหมา ก ซึ่งมีลักษณะคล้ายหอยหวาน แต่แตกต่างกับหอยหวานที่สีพื้นของเปลือกที่เข้มกว่าสีแต้ม และร่องเปลือกลึก (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 1 หอยหวาน (*Babylonia areolata*)

ที่มา: http://www.seashellhub. com



ภาพที่ 2 หอยหวานมีหนวด 1 คู่ และมีตา 1 คู่

ที่มา: http://www.fisheries.go.th/cf-chan

ภาพที่ 3 หอยหมาก (*Babylonia spirata*)

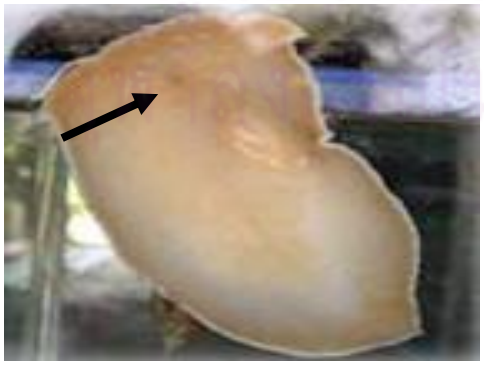
ที่มา: http://www.shellhorizons.com

การกระจาย

หอยหวานอาศัยอยู่บริเวณพื้นทะเลที่เป็นทรายหรือทรายปนโคลนที่ระดับความลึกประมาณ 5 – 20 เมตร ความเค็มประมาณ 28-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) หอยหวานแพร่กระจายจากมหาสมุทรอินเดียฝั่งตะวันออกของอินโดนีเซียตอนใต้ มาเลเซีย ไทย กัมพูชา เวียดนาม ถึง ไต้หวัน โดยประเทศไทยพบหอยหวานกระจายอยู่ทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทย ได้แก่ ระยอง จันทบุรี ตราด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และ ฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่ กระบี่ ระนอง และสตูล

การสืบพันธุ์

หอยหวานเป็นสัตว์ที่มีเพศแยก (dioecious) คือ เพศผู้และเพศเมียไม่ได้อยู่ในตัวเดียวกัน และไม่สามารถจำแนกเพศหอยหวานได้จากลักษณะเปลือกภายนอก การจำแนกเพศของหอยหวานสามารถทำได้เมื่อหอยยืดตัวออกมาจากเปลือก การผสมพันธุ์เกิดขึ้นโดยการจับคู่ระหว่างเพศผู้ และเพศเมีย เมื่อไข่ได้รับการผสมในท่อนำไข่ และถูกห่อหุ้ม ด้วยฝักไข่แล้วถูกปล่อยออกสู่ภายนอกร่างกาย เพศเมียมี pedal gland ที่บริเวณเท้า (ภาพที่ 4) ทำหน้าที่ผลิตเมือกสำหรับยึดฝักไข่ให้ติดกับวัสดุอื่น ส่วนเพศผู้มีอวัยวะที่มีรูปร่างคล้ายติ่งรูปใบไม้ (leaflet shape) สีเหลืองอ่อนบริเวณโคนหนวดด้านขวา (ภาพที่ 5)



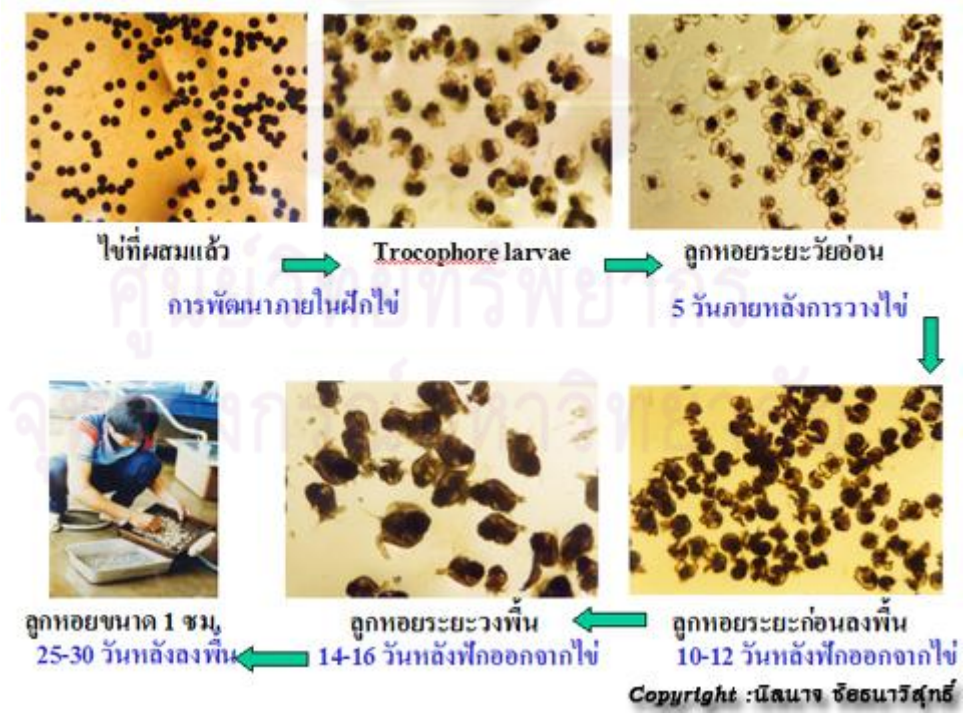
ภาพที่ 4 ลักษณะของหอยหวานเพศเมีย

ภาพที่ 5 ลักษณะของหอยหวานเพศผู้

ที่มา: http://www.fisheries.go.th/cf-rayoug

วงจรชีวิต

วงจรชีวิตของหอยหวาน (ภาพที่ 6) เริ่มจากไข่ที่ปฏิสนธิแล้ว (fertilized eggs) พัฒนาเป็นลูกหอยระยะพัฒนาที่เรียกว่า trocophore ภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังการวางไข่ และเจริญอยู่ภายในฝักไข่ หลังจากนั้นลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่เรียกว่า veliger หรือเรียกว่า ระยะบิน จึงฟักออกจากฝักไข่ทางช่องเปิด และล่องลอยอยู่ในมวลน้ำเป็นเวลาประมาณ 4-5 วันหลังการวางไข่ ลูกหอยจึงดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน (planktonic larvae) และมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาแสง (positive phototactic) ลูกหอยหวานระยะนี้มีลักษณะสำคัญ คือมีกลุ่มขน (velum) ขนาดใหญ่จำนวน 2 อัน ใช้ในการโบกพัดอาหารเข้าสู่ช่องปาก และการเคลื่อนที่จึงทำให้มีรูปร่างคล้ายผีเสื้อ จากนั้นลูกหอยจะเจริญเข้าสู่ระยะลงเกาะ (settled juveniles) ภายในเวลาประมาณ 14 – 16 วัน ลูกหอยจะสลัดอวัยวะที่ช่วยในการว่ายน้ำทิ้งไป ลูกหอยระยะนี้มีเปลือก และรูปร่างสมบูรณ์เหมือ พ่อแม่ทุกประการ และดำรงชีพด้วยการคืบคลานบนพื้นทะเล ลูกหอยหวานระยะลงพื้นสามารถเจริญเป็นหอยหวานระยะวัยรุ่น (juvenile) ความยาวเปลือกประมาณ 0.5 เซนติเมตร ภายในเวลา 14-20 วัน ภายหลังลูกหอยลงคืบคลานบนพื้น หอยหวานสามารถเข้าสู่ระยะพร้อมที่จะผสมพันธุ์ (first maturity) ได้ที่ความยาวเปลือกประมาณ 4 เซนติเมตรขึ้นไป หรืออายุประมาณ 9 เดือนหลังจากวางไข่

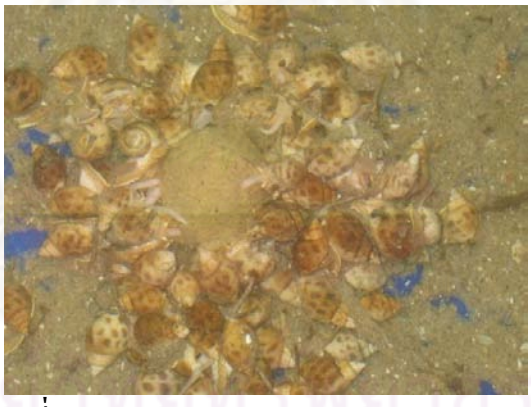


ภาพที่ 6 วงจรชีวิตหอยหวาน

ที่มา: www.cubabylonia.com

2.2 อาหารและการกินอาหาร

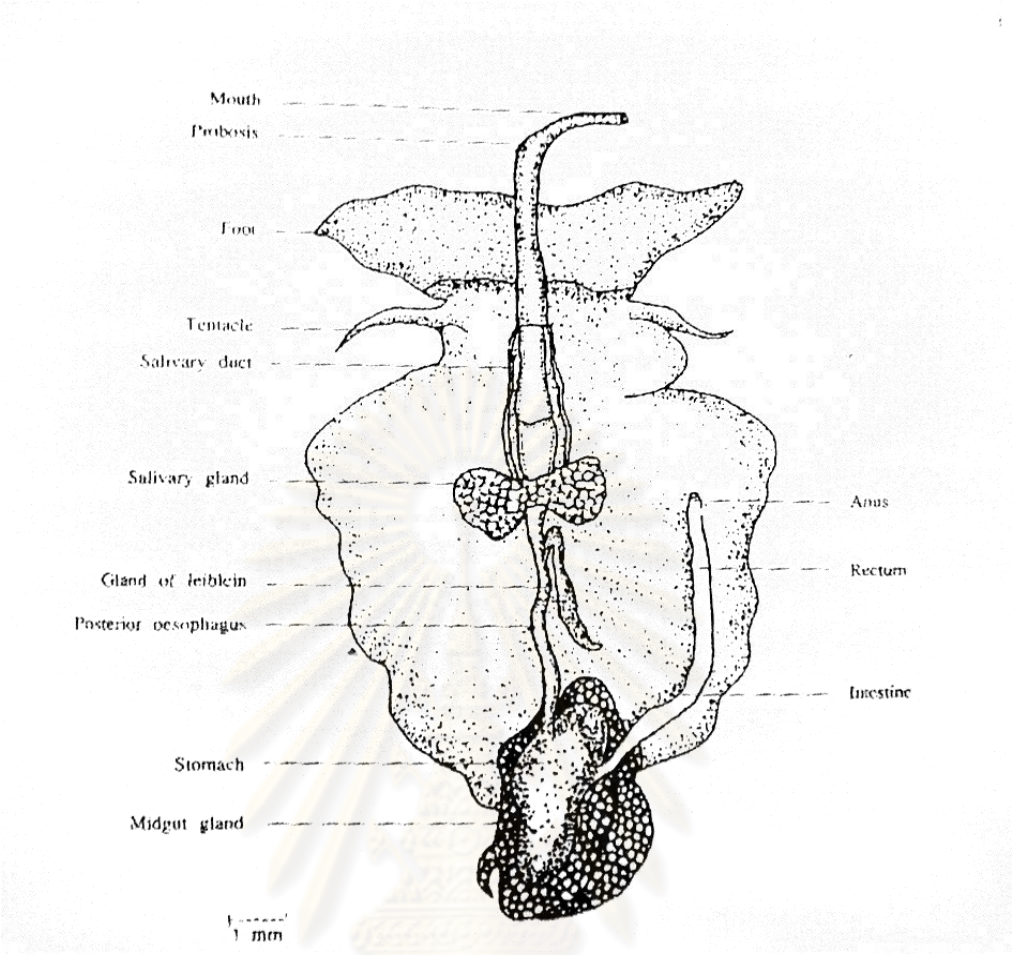
พฤติกรรมการกินอาหารของหอยหวานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบตามช่วงชีวิต คือ ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่มีการดำ รงชีวิตแบบแพลงก์ตอน (planktonic larvae) ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ กินอาหารด้วยการกรอง (filter feeder) โดยลูกหอยมีอวัยวะเป็นกลุ่มขนเรียงเป็นวง เรียกว่า velum สำหรับโบกพัดน้ำทะเลเข้าสู่ช่องปาก และกรองกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร สำหรับลูกหอยหวานตั้งแต่ระยะลงเกาะจนถึงระยะตัวเต็มวัยเป็นสัตว์ที่มีการดำรงชีวิตบนพื้นทะเล (benthic juvenile) โดยกินซากสัตว์ที่ตายแล้วทั้งในสภาพสด และไม่สด หอยหวานมีการกินอาหารแบบกลุ่มก้อน (ภาพที่ 7) โดยหอยหวานมีต่อมน้ำลายสำหรับสร้างน้ำย่อย และส่งออกมาทางงวงยาวที่เรียกว่า proboscis (ภาพที่ 8) เพื่อย่อยอาหารภายนอกร่างกายแล้วจึงดูดเข้าไปภายในร่างกาย โดยงวงนี้สามารถยืดยาวได้ประมาณ 8 – 10 เซนติเมตร ระบบทางเดินอาหารของหอยหวานประกอบด้วยปาก หลอดอาหาร กระเพาะ ลำไส้ และทวารหนัก (ภาพที่ 9) (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545)



ภาพที่ 7 การกินอาหารของหอยหวานขณะรวมกลุ่ม

ภาพที่ 8 การยื่น proboscis ของหอยหวานขณะกินอาหาร

ที่มา: www.fisheries.go.th/cf-chan



ภาพที่ 9 ระบบทางเดินอาหารของหอยหวาน
ที่มา: นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุยา กฤษณะพันธุ์, 2545

ความต้องการสารอาหาร

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาด้านความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำ เนื่องจาก สัตว์น้ำทุกชนิดต้องการอาหาร โดยนอกจากปริมาณอาหารที่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตแล้วยังต้องมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนอีกด้วย อาหารคือสิ่งที่สัตว์น้ำกินแล้วเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย อาหารที่สัตว์น้ำกิน หลังจากถูกย่อยเป็นสารอาหารมีขนาดโมเลกุลเล็กลงจะถูกดูดซึมขนส่งไปยังเซลล์ต่างๆ เพื่อให้สัตว์น้ำ ได้ใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวัน การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ ซ่อมแซมร่างกายส่วนที่สึกหรอ ให้พลังงาน และช่วยให้กิจกรรมของกระบวนการต่างๆในร่างกายดำเนินไปตามหน้าที่ ทำให้สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ หาก

สัตว์น้ำได้รับอาหารที่มีความสมดุลทางโภชนาการทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ จะทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดี อัตรารอดสูง ปราศจากโรค และคุ้มค่าต่อการลงทุน

อาหารประกอบด้วยสารอาหารซึ่งเป็นสารเค มีที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อร่างกาย สารอาหารมี 6 ประเภทคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ ทุกประเภททำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกายให้เป็นไปตามปกติ (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543; โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2548) ดังนี้

-โปรตีน ทำหน้ าที่ซ่อมแซมองค์ประกอบเซลล์ร่างกายให้อยู่ในสภาพที่จะทำงานได้ตามปกติตลอดเวลา รักษาสมดุลของความดันออสโมติกในเลือด เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์และฮอร์โมนซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย ปริมาณโปรตีนที่สัตว์น้ำต้องการในวันหนึ่งๆจะต้องพิจารณาถึงชนิด วัยหรือขนาดของสัตว์น้ำ คุณภาพโปรตีนในอาหาร และปริมาณอาหารที่ให้ในรอบวัน ขนิษฐา แสงงาม (2540) รายงานว่าหอยหวานต้องการโปรตีนที่ระดับ 40% หอยหวานที่ได้รับโปรตีนระดับสูงจะมีอัตราการเติบโตสัมพัท ธ์สูงกว่าระดับโปรตีนต่ำ ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับการศึกษาของ Ke *et al.* (2007) พบว่า ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของหอยหวานวัยรุ่น (*Babylonia areolata*) ควรอยู่ในระดับ 36.47-43.10%

-คาร์โบไฮเดรต สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตได้เหมือนพืชจึงต้องอาศัยคาร์โบไฮเดรตจากพืชเป็นหลัก สัตว์น้ำมีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าสัตว์ บก โดยเฉพาะหอยมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 6% คาร์โบไฮเดรตมีบทบาทหน้าที่ที่สำคัญ ได้แก่ เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของเยื่อหุ้มเซลล์ และสารพื้นฐานในเนื้อเยื่อตามอวัยวะที่สำคัญต่างๆของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของสารเคมีที่มีบทบาทสำคัญในร่างกายหลายชนิด เช่น น้ำตาลเพนโตส เป็ นคลังอาหาร และพลังงานที่สัตว์สะสมไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สัตว์น้ำต้องการในอาหารแตกต่างกันขึ้นกับชนิด และประเภทของสัตว์น้ำ มีการศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะระหว่างคาร์โบไฮเดรตกับไขมันในอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่าควรมีคาร์โบไฮเดรต 2.25 ส่วน และไขมัน 1 ส่วน (Lim, 1989)

-ไขมัน เป็นแหล่ง พลังงาน ซึ่งให้พลังงานสูงกว่าโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์ เป็นแหล่งสะสมพลังงานของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และฮอร์โมน เป็นแหล่งของกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้ และช่วยปกป้องร่า งกาย

ภายในจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความต้องการไขมันของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับ ชนิด และขนาดของสัตว์น้ำ ชนิดของไขมัน อุณหภูมิน้ำ และความสามารถในการย่อย ระดับโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวานคือ 36, 25 และ 10 ตามลำดับ (สุกัญญา จันทร์งาม, 2550) และการศึกษาของ ชิดชนก รอดเรือง (2551) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่มีระดับสัดส่วนโปรตีนต่อไขมัน 35:15 มีอัตราการเติบโตสูงสุด

-วิตามิน เป็นสารอาหารที่สัตว์น้ำต้องการถึงเพียงเล็กน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ เพราะไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ในร่างกาย จึงต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ความต้องการวิตามินแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ อายุ ขนาด องค์ประกอบของอาหาร แสง และอุณหภูมิของน้ำ แบ่งตามความสามารถในการละลายได้ 2 แบบ คือวิตามินที่ละลายในน้ำส่วนใหญ่เป็นโคเอนไซม์ทำหน้าที่เพื่อช่วยให้กระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพ ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมันทำหน้าที่สำคัญเฉพาะอย่างต่างกันไป เช่นหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น การสืบพันธุ์ และการสร้างกระดูก เป็นต้น

-เกลือแร่ เป็นสารอาหารที่สัตว์น้ำต้องการถึงเพียงเล็กน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ เพราะไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ในร่างกาย จึงต้องได้รับจากอาหารเท่านั้นเช่นเดียวกับวิตามิน เกลือแร่ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของความเป็นกรด และด่างในเลือด มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับขบวนการชีวเคมีในร่างกายของ สัตว์น้ำ ช่วยควบคุมการ ทำงานของหัวใจ ระบบประ สาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบของเหลวภายในตัวสัตว์น้ำ ความต้องการเกลือแร่ของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับ ชนิด และขนาดของสัตว์น้ำ อาหาร อุณหภูมิ ปริมาณเกลือแร่ในน้ำ และระดับเมแทบอลิซึมของร่างกาย เกลือแร่ที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แมงกานีส ทองแดง เหล็ก

-น้ำ เป็นส่วนประกอบสำคัญในเซลล์ของร่างกาย ทำหน้าที่ ช่วยขนส่งสารอาหาร และออกซิเจน ช่วยในการขับถ่าย ลำเลียงของเสียตั้งแต่ระดับเซลล์จนถึงอวัยวะ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆในร่างกาย

ประเภทของอาหาร

-อาหารธรรมชาติ หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่เ กิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่สามารถบริโภคเป็นอาหารได้ อาหารธรรมชาติเป็นแหล่งอาหารที่มีประโยชน์ มีคุณค่าทางอาหาร มีสารอาหารวิตามิน และเกลือแร่ครบถ้วน ป้องกันการขาดสารอาหาร ช่วยลดต้นทุนการผลิต และยังเกี่ยวข้องกับสมดุลของระบบนิเวศน์ภายในบ่อ

-อาหารสด หมายถึง ปลาสด หรือปลาเป็ดที่ได้จากเรือประมงอวนลาก ไส้ไก่ คอไก่ และเครื่องในสัตว์ เป็นต้น ในปัจจุบันอาหารสดที่นิยมใช้เป็นอาหารให้แก่ปลากินเนื้อ หรือปลากินเหยื่อเป็นอาหาร ส่วนใหญ่เป็นอาหารสดจำพวกปลาเป็ด และเครื่องในสัตว์ปีก ทั้งนี้เป็นเพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย และราคาไม่แพง การให้อาหารสดมีข้อดีในเรื่องกลิ่นคาวซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้สัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น มีพฤติกรรมดี และมีสีเข้มสดใสตามธรรมชาติ แต่ยังมีข้อจำกัด ในเรื่องของคุณภาพความสด คุณค่าทางอาหาร และมีระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น การแช่แข็งอาจช่วยรักษาคุณภาพความสดไว้ได้ แต่จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

-อาหารสดผสมวัสดุอาหาร หมายถึง อาหารผสมระหว่างอาหารสดกับวัสดุอาหารสัตว์ มีลักษณะเป็นอาหารผสมที่เปียก และจมน้ำ เพราะส่วนผสมส่วนใหญ่เป็นปลาเป็ด ดังนั้นการเก็บรักษาจึงต้องเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง เพื่อให้อาหารยังคงคุณภาพความสดอยู่เสมอ วัสดุอาหารที่นิยมนำมาผสม ได้แก่ รำละเอียด ปลายข้าว กากถั่วเหลือง เป็นต้น การให้อาหารสดผสมวัสดุอาหารนอกจากจะทำให้สัตว์น้ำได้รับคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่าอาหารสดเพียงอย่างเดียวแล้ว ยังช่วยแก้ปัญหาภาวะปลาสด หรือปลาเป็ดขาดแคลนในบางฤดู หรือมีไม่เพียงพอได้ และยังช่วยลดต้นทุนในการผลิต

-อาหารสำเร็จรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตขึ้นมาเพื่อให้มีสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์น้ำแต่ละชนิด หรือแต่ละวัย ทั้งยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสม ตามที่ต้องการ เช่น ลอยน้ำ หรือจมน้ำ และสามารถเก็บรักษาไว้ไ ด้นาน โดยที่คุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลงอีกด้วย อาหารสำเร็จรูปเป็นอาหารที่ให้อัตราแลกเนื้อต่ำ ราคาค่อนข้างจะคงที่ และไม่ทำให้น้ำเสีย อาหารสำเร็จรูปโดยทั่วไป ผลิตจากวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพ เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด

เป็นต้น ปัจจุบันอาหารสำเร็จรูป เป็นอาหารที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสามารถหาซื้อได้ง่าย และมีความสะดวกในการใช้ การขนส่ง และการเก็บรักษา

วิธีการให้อาหาร

การให้อาหารแบบเกินพอ (Over feeding) เป็นวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไปแต่ไม่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์ น้ำ เนื่องจาก อาหารส่วนเกินจะทำให้น้ำ เสีย และอาหารที่ เปียกน้ำแล้วจะเสียสภาพธรรมชาติของอาหารไป และเมื่ออาหารอยู่ในน้ำก็เก็บออกได้ยาก วิธีการให้อาหารแบบนี้จะทำให้อัตราการแลกเนื้อมีค่าสูง แต่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัย อ่อนจะมีการให้อาหารแบบเกินพอเล็กน้อย

การให้อาหารแบบให้กินจนอิ่ม (Satiation feeding) ปริมาณอาหารสำหรับการให้อาหารแบบนี้ขึ้นอยู่กับ ปริมาณ อาหารที่สัตว์กินเข้าไป การให้อาหารแบบนี้เพื่อต้องการของเสียที่เกิดจากอาหารส่วนเกิน แต่การสังเกตช่วงเวลาที่สัตว์กินอาหารอิ่มทำได้ยาก ถ้ามีการให้อาหารวันละหลายครั้งปริมาณอาหารที่สัตว์กินอิ่มในแต่ ละช่วงเวลาของวันจะมีปริมาณไม่เท่ากัน ความแปรผันของปริมาณอาหารที่สัตว์กินเกิดจากขนาดของสัตว์น้ำ เทคนิคการตรวจสอบ และอุณหภูมิของน้ำ วิธีการให้อาหารแบบนี้เหมาะสำหรับสัตว์กินเนื้อ จะทำให้สัตว์มีการย่อย และการเติบโตสูง

การให้อาหารแบบจำกัด (Limited feeding) ปริมาณอาหารที่ใช้โดยวิธีนี้จะประมาณจากจำนวนอาหารที่ทำให้สัตว์มีการเติบโตได้สูงสุด โดยทั่วไปในการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำจะต้องทราบอัตราการเติบโตสูงสุดของสัตว์น้ำชนิด ต่างๆ ในแต่ละช่วงอายุ เพื่อมาคำนวณหาปริมาณ อาหารที่สัตว์น้ำควรได้รับ วิธีการให้อาหารแบบนี้เป็นการป้องกันอาหารเหลือซึ่งจะทำให้น้ำเสีย

2.3 วิตามิน

วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่สัตว์น้ำต้องการเพียงปริมาณน้อย แต่เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และสุขภาพของสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมี และทำให้กิจกรรมของร่างกายเป็นปกติ วิตามินเป็นสารที่มีโมเลกุลซับซ้อน ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน วิตามินบางตัวอาจมีธาตุอื่นประกอบ เช่น ไนโตรเจน กำมะถัน และคลอรีน (ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และคณะ, 2525; วิสุทธิ์ พัชรพิสุทธิ์สิน, 2530)

เนื่องจากระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา ในปัจจุบัน มีการปล่อยสัตว์น้ำแบบหนาแน่นมาก อาหารธรรมชาติมีน้อย สัตว์น้ำส่วนใหญ่สังเคราะห์วิตามินเองไม่ได้ หรือได้ไม่เพียงพอ ดังนั้นการใส่วิตามินในอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโต สุขภาพ อัตรารอด ผลผลิต และยังช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันอีกด้วย (มะลิ บุณยรัตผลิน, 2531)

วิตามินที่ยอมรับกันในด้านโภชนาการมีประมาณ 15 ชนิด แบ่งเป็น 2 พวก ตามความสามารถในการละลาย คือ (อำนวย โชติญาณวงษ์, 2525; Tacon, 1991)

1. วิตามินที่ละลายในไขมัน (fat soluble vitamins) ได้แก่ วิตามิน เอ (retinol), วิตามิน ดี (D_3-cholecalciferol), วิตามิน อี (tocopherol), วิตามิน เค (K_3-menadione) วิตามินพวกนี้ละลายในไขมัน สามารถเก็บสะสมไว้ตามไขมันในร่างกาย เก็บไว้ใช้ยามขาดแคลนได้

2. วิตามินที่ละลายในน้ำ (water soluble vitamins) แบ่งเป็นวิตามินบีคอมเพลกซ์ (B complex vitamins) ได้แก่ วิตามินบีหนึ่ง (thiamine), วิตามินบีสอง (riboflavin), วิตามินบีหก (pyridoxine), วิตามินบีสิบสอง (cyanocobalamin), กรดแพนโธเธนิก (pantothenic acid), ไนอะซีน (niacin), ไบโอติน (biotin), กรดโฟลิก (folic acid) และมาโครวิตามิน (macrovitamins) ได้แก่ อินโนซิทอล (myo-inositol), โคลีน (choline), วิตามิน ซี (ascorbic acid), วิตามินพวกนี้ละลายน้ำไม่เก็บสะสมไว้ในร่างกาย หากร่างกายมีมากเกินความต้องการ วิตามินส่วนเกินจะถูกขับออกนอกร่างกาย

การขาดวิตามินอาจแบ่งกว้างๆออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Primary Deficiency คือการขาดวิตามินที่เกิดจากอาหารมี วิตามินไม่ครบตามที่สัตว์น้ำต้องการ สัตว์น้ำจะแสดงอาการภายใน 2-3 สัปดาห์ หรืออาจนานกว่านี้ ขึ้นอยู่กับขนาดของ สัตว์น้ำ อุณหภูมิในตัวสัตว์น้ำ หรือน้ำในแหล่งน้ำที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ ตลอดจนสภาวะแวดล้ อม และปริมาณสารอาหารอื่นๆที่มีอยู่ในอาหาร

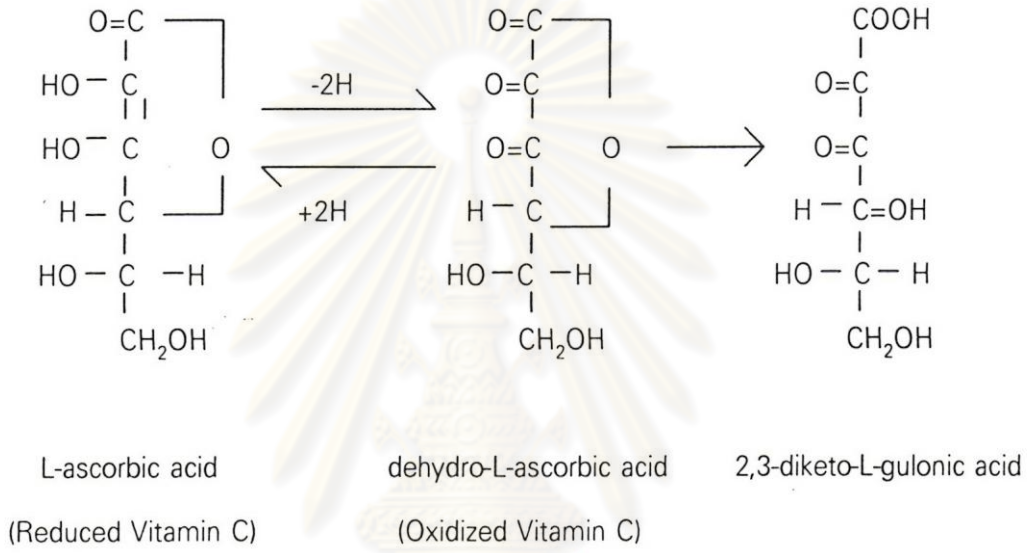
2. Condition Deficiency คือการขาดวิตามินที่เกิดกับสัตว์น้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสารอาหารครบตามที่สัตว์น้ำต้องการแต่สภาวะภายนอก และภายในตัวสัตว์น้ำทำให้สัตว์น้ำต้องการวิตามินมากกว่าปกติ ในกรณีนี้สัตว์น้ำจะแสดงอาก ารขาดวิตามิน แม้จะได้รับอาหารที่มีวิตามินครบตามความต้องการในสภาพปกติ เช่น ปลาที่อยู่ในน้ำเสียซึ่งเกิดจาก Toxapheame มีความต้องการ วิตามินซีมากกว่าปกติ เนื่องจากวิตามินซีบางส่วนถูกใช้ เพื่อลดความเป็น พิษของ Toxapheame (อำนวย โชติญาณวงษ์, 2525)

วิตามินซี

วิตามินซีถูกค้นพบเป็นครั้งแรก ในปี ค.ศ.1920 โดย Drummond และถูกเรียกว่า Ascorbic acid โดย Szent-Gyorgy และ Hawarth ในปี ค.ศ.1933 วิตามินซีเป็นสารประกอบอินทรีย์ สูตรโมเลกุล $C_6H_8O_6$ น้ำหนักโมเลกุล 176.3 ดาลตัน จุดหลอมเหลว 190-192 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว เมื่ออยู่ในสภาพแห้งมีความคงทนพอสมควร ถ้าถูกแสงจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีดำ ละลายได้ดีในน้ำ และแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายใน ตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ เช่น ไขมัน, ether, chloroform, benzene, petroleum และน้ำมัน มีความคงตัวในสารละลายที่เป็นกรด แต่ไม่คงตัวในสารละลายที่เป็นด่าง และความร้อน (Moser and Bendich, 1991; เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543)

เนื่องจากวิตามินซีมีสูตรโครงสร้างง่ายๆ จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ง่าย โดยจะถูกออกซิไดซ์จากสภาวะแวดล้อมหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ความเป็นกรดเป็ นด่าง อิออนของเหล็ก ทองแดง หรือโลหะหนักต่างๆ (Moser and Bendich, 1991; วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) เมื่อละลาย หรือถูกออกซิไดซ์ จะสูญเสียไฮโดรเจนอะตอม 2 อะตอม เปลี่ยนรูปเป็น กรดดีไฮโดร

แอสคอร์บิก (Dehydroascorbic acid) ซึ่งเป็นรูปที่ไม่คงตัว แต่ยังคงรูปเป็นวิตามินซีอยู่ ขณะเดียวกันก็สามารถ ถูกรีดิวซ์ กลับไปเป็น รูปวิตามินซี (Ascorbic acid) เดิมอีกครั้ง แต่ถ้ากรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์ต่อไปจะเปลี่ยนเป็นกรดไดคีโตกูโลนิก (Diketogulonic acid) ซึ่งจะหมดสภาพจากการเป็นวิตามินซีที่ สัตว์น้ำไม่ สามารถนำไปใช้ได้ อีกต่อไป และป ฏิกิริยานี้ไม่สามารถย้อนกลับได้ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 สูตรโครงสร้าง และการถูกออกซิไดซ์ของวิตามินซี
ที่มา: Halver (1972)

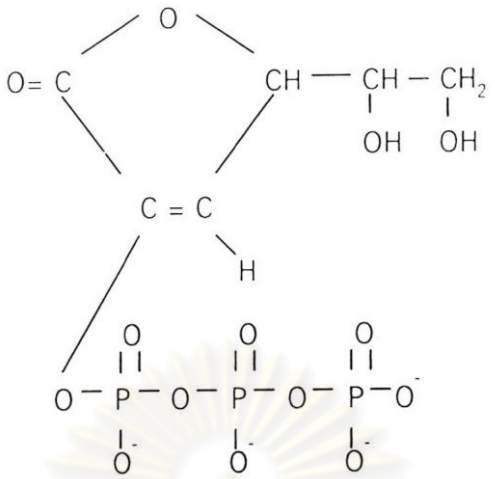
บทบาทของวิตามินซี

เนื่องจากวิตามินซีเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีจึงมีหน้าที่หลัก คือทำหน้าที่เป็น co-factor ของเอนไซม์ prolyl และ lysyl hydroxylase ในขบวนการ hydroxylation ของ proline และ lysine อันเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะสร้าง hydroxyproline และ hydroxylysine (Ikeda, 1989) เพื่อนำไปสังเคราะห์คอลลาเจน (Collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบของกระดูก กระดูกอ่อน กล้ามเนื้อ และหลอดเลือด คอลลาเจนเป็นเส้น นใยทำหน้าที่เชื่อมเนื้อเยื่อต่างๆ ไว้ด้วยกัน ช่วยปกป้องเซลล์ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยลดความเครียด นอกจากนี้วิตามินซียังช่วย ในการรักษาบาดแผล การสร้างกระดูกอ่อน ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงให้เจริญเต็มที่ ช่วยลดความเป็นพิษของสารแปลกปลอมที่ เข้ามา

ในร่างกาย และทำหน้าที่ร่วมกับ วิตามินอีในการเป็นสารป้องกันการออกซิไดซ์ (antioxidant) ภายในเซลล์ (วีระพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) และยังพบว่าเป็น Co-factor ในกระบวนการสังเคราะห์ Carnitine ซึ่งมีความสำคัญในการนำไขมันที่เก็บสะสมมาใช้เป็นพลังงาน (Michael *et al*. 1991)

วิตามินซีในอาหารสัตว์น้ำ

ปริมาณวิตามินซีในอาหารสัตว์น้ำจะค่อยๆลดลงระหว่างการผลิตอาหาร และการเก็บรักษา อันเนื่องมาจากขบวนการ oxidation (Teshima *et al*., 1991) โดยเฉพาะวิตามินซีในรูป L-Ascorbic acid ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เสถียร (Hilton *et al*., 1978) โดยจะสูญเสียไปในกระบวนการผลิตอาหารถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเก็บไว้ภายใต้สภาวะที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจะเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ (Steffens, 1989) ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความเสถียรให้กับวิตามินซีโดยใช้วิตามินซีในรูปอื่นๆโดยมีการพัฒนารูปแบบของวิตามินซีเป็นวิตามินซี อนุพันธ์ โดยการนำสาร หรือแร่ธาตุบางชนิดที่เหมาะสม เช่น sulfate และ phosphate มาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของ lactone ring ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่เสถียร สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ทำให้โครงสร้างของวิตามินซีมีความเสถียรมากขึ้น และเหมาะสมในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เช่น L-ascorbic-2-polyphosphate ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินซีฟอร์มหนึ่งที่ค่อนข้างเสถียร เพราะ phosphate group จะแทนที่หมู่ hydroxyl ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (ภาพที่ 11) โดยกระบวนการ esterification ทำให้ไม่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายเช่นเดียวกับอนุพันธ์ชนิดอื่น (Mustin and Lovell, 1992) แต่ให้คุณค่าทางโภชนาการเช่นเดียวกับวิตามินซี ซึ่งร่างกายสัตว์น้ำสามารถเปลี่ยนอนุพันธ์ให้เป็นวิตามินซีในรูปที่ สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้ (ประสาท กิตตะคุปต์, 2540) มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของวิตามินซีต่างรูปแบบในอาหารปลาดุกลูกผสม (เสริมวิตามินซีเคลือบซิลิโคน, เสริมวิตามินซีซัลเฟต, เสริมวิตามินซีฟอสเฟต) พบว่าความสามารถในการย่อยได้ ของวิตามินซี 3 รูปแบบนี้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งวัดจากปริมาณวิตามินซีและอนุพันธุ์ที่พบในสิ่งขับถ่ายของปลา (สโรชา หรุ่นศิริ, 2540) เช่นเดียวกับในกุ้งกุลาดำที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีสามารถย่อยวิตามินซีรูป แบบต่างๆ (วิตามินซีซัลเฟต, วิตามินซีฟอสเฟต และวิตามินซีเคลือบซิลิโคน) ได้โดยวัดจากวิตามินซี และอนุพันธ์ที่อยู่ในอุจจาระ โดยให้อัตราการเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (นัฐพร ชัยศักดิชาตรี, 2541)



ภาพที่ 11 สูตรโครงสร้างของ L-ascorbic-2-polyphosphate

ที่มา: Kok-Leong (1995)

ผลของวิตามินซีต่อสัตว์น้ำ

วิตามินซี มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้เอง จึงต้องอาศัยการกินเข้าไปเป็นหลัก ดังนั้นการเสริมวิตามินซี ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้สัตว์น้ำมีการเติบโตที่ดี แต่ก็ขึ้น อยู่กับชนิด ขนาด และอายุของสัตว์น้ำ Halver *et al*. (1969) พบว่าปลา rainbow trout และปลา coho salmon ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1 กรัม ต้องการ L-ascorbic acid ในปริมาณ 100 และ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ Andrews and Murai (1974) พบว่าปลา channel catfish ที่มีน้ำหนัก 2 และ 15 กรัม ต้องการวิตามินซี 50 และ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ ส่วนปลา channel catfish ที่เลี้ยงในบ่อดิน ขนาด 3 นิ้วจนถึงขนาดตลาด ต้องการวิตามินซี 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Lovell and Lim, 1978) Durve and Lovell (1982) พบว่าในอาหารปลากดอเมริกันควรมีวิตามินซี 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้เติบโตปกติ ในปลา European sea bass สปีชีส์ D. labrax และ S. Maximus ระยะ early post-weaning ต้องการวิตามินซี 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับการเติบโตปกติและการรอดชีวิต ส่วนกุ้งกุลาดำ และกุ้งขาว ในระยะ postlarvae ต้องการวิตามินซีอย่างน้อยที่สุดสำหรับการเติบโต และการรอดชีวิต 20 และ 130 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และ

ต้องการวิตามินซี 2,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับการต้านทานต่อความเครียด และการติดเชื้อจากแบคทีเรีย (Merchie *et al*., 1997)

จากการศึกษายังพบว่า วิตามินซีถูกพบว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลา (Anbarasu and Chandran, 2001) และยังมีผลเสริมให้มีความต้านทานต่อความเครียด และโรคเพิ่มขึ้น (Montero *et al*., 1999) Li and Lovell (1985) พบว่าปลากดอเมริกันที่ได้รับอาหารผสมวิตามินซี 100 เท่า ของความต้องการปกติ (3,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) จะสามารถป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรีย *E.tarda* โดยปลาจะมีการสร้างแอน ติบอดี และมีกิจกรรมของ Complement เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับ WaagbØ *et al*., (1993) รายงานว่า ปลาแซลมอนที่ได้รับวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ปลาสุขภาพดี และมีความต้านทานต่อโรคได้ เมื่อทำการทดสอบ bacterial challenge พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 4,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตรารอดเพิ่มขึ้น และเมื่อได้รับวิตามินซีต่อเนื่องกันนาน 17 สัปดาห์ จะพบว่าปลาสามารถสร้าง specific antibodies ได้ ส่วนในปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 3, 5 และ 7 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะมีความต้านทานต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และทนทานต่อการขนส่ง ทุกกลุ่มมีอัตรารอดสูงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (วัชรินทร์ นิยม, 2548)

สัตว์น้ำที่ขาดวิตามินซี หรือได้รับวิตามินซีไม่เพียงพอต่อความต้องการ จะติดโรคได้ง่าย มีอัตราการตายสู ง การเจริญเติบโตผิดปกติ และอาจแสดงอาการขาดวิตามินซี โดย อาการผิดปกติเหล่านี้จะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิด ขนาด และวัยของสัตว์น้ำ ในลูกปลากะพงขาวที่ขาดวิตามินซีจะมีการเจริญเติบโตช้า ในตับมีไกลโคเจนสะสมน้อย ซี่เหงือกมีลักษณะหงิกงอ และ secondary gill lamellae เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ มีการตกเลือด มีเม็ดเลือดขาวสะสมที่โคนเหงือก และระหว่างซี่เหงือก ร่างกายอ่อนแอ (วิสุทธิ์ พัชรพิสุทธิ์สิน , 2530) เช่นเดียวกับ มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2533) พบว่าลูกปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารไม่เสริมวิตามินซีจะเจริญเติบโตช้า มีลำตัวดำคล้ำ เซื่องซึม ตกเลือดบริเวณเหงือก เส้นเหงือกเปราะ กระพุ้มแก้มสั้น และเปิดปิดเร็ว จงอยปากสั้น ลำตัวสั้น เสียการทรงตัว ครีบหางกร่อน ตาโปน Qinghui (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของวิตามินซีที่เสริมในอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มกันโรค ของปลา Japanese seabass

พบว่า หลังจากการทดลอง 8 สัปดาห์ ปลาที่กินอาหารที่ ไม่เสริมวิตามินซีจะเกิดอาการกระดูกคดที่เรียกว่า scoliosis, lordosis และอาการครีบหางกร่อน (ภาพที่ 12)

a. **b.**

ภาพที่ 12 a. อาการกระดูกคด scoliosis และ lordosis , b. อาการครีบหางกร่อน

ที่มา: Qinghui (2004)

2.4 ระบบการเลี้ยงหอยหวาน

การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดที่ตลาดต้องการ มี ตั้งแต่การเลี้ยงในบ่อ หรือภาชนะที่ใช้เลี้ยงหลายรูปแบบเป็นเหลี่ยม หรือรูปร่างกลมแต่ต้ องมีระบบที่จะทำ ให้สามารถถ่ายน้ำได้สะดวกอาจเป็นบ่อคอนกรีตบ่อผ้าใบ หรือถังไฟเบอร์กลาสที่มีรูปร่างทรงกลมมีท่อน้ำล้น ทางน้ำเข้าออกสะดวก มีระบบให้อากาศในปริมาณที่พอเพียง น้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงหอยหวานควรมีความเค็มอยู่ในช่วง 28-35 พีพีที หากน้ำมีความเค็มต่ำกว่า 28 พีพีที หอยหวานจะเจริญเติบโตช้าลง และหากความเค็มลดลงต่ำกว่า 20 พีพีที หอยบางส่วนจะเริ่มตาย อุณหภูมิน้ำทะเลประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส ขนาดของลูกหอยหวานที่เหมาะสมจะนำไปเลี้ยงนั้น อย่างน้อยควรมีความยาวเปลือก 0.5 เซนติเมตร ขึ้นไป หรือถ้าจะให้ได้ผลดีควรมีความยาวเป ลือกตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ขึ้นไป อัตราการปล่อยลูกหอยหวานขนาดความยาวเปลือก 1-1.5 เซนติเมตร ที่เหมาะสมประมาณ 300-500 ตัวต่อพื้นที่ก้นบ่อ 1 ตารางเมตร (นิพนธ์ ศิริพันธ์, 2543) Chaitanawisuti and Kritsanapuntu (1998) พบว่าหากเลี้ยงในระบบที่มีพื้นทราย และน้ำไหลผ่า นตลอดในอัตราประมาณ 10 ลิตรต่อนาที จะได้ผลการเลี้ยงที่ดีกว่าระบบน้ำนิ่ง Chaitanawisuti and Kritsanapuntu (2002) ศึกษาการเลี้ยงหอยหวาน

ระยะวัยรุ่น ขนาดเริ่มต้น 1.5 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.5 กรัม จนถึงขนาดตลาดเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าลูกหอยที่เลี้ยงในระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด กับระบบน้ำทะเลแบบหมุนเวียน มีอัตราการเติบโต ทั้งด้านความยาวเปลือก และด้านน้ำหนักตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายใกล้เคียงกัน แต่ถ้าเป็นการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นในบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียนอย่างสมบูรณ์ โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำทะเล พบว่าเกิดการผิดปกติกับเปลือกหอย โดยหอยหวานจะมีเปลือกที่อ่อนแอ ผิวนอกหลุดร่อนออก และเปลือกมีสีซีดจางกว่าปกติ ภายหลังการเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้หอยมีอัตราการตายสูงมาก (Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 2000) ส่วนในระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอดจะมีข้อเสีย คือ สถานที่ตั้งฟาร์มระบบนี้จำเป็นต้องอยู่ใกล้ชายฝั่ง คลอง หรือแหล่งน้ำทะเลที่มีคุณภาพดี (ความเค็มคงที่) ตลอดรอบการผลิต และไม่มีปัญหาด้านมลพิษทางน้ำในบริเวณใกล้เคียง สิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้าในการเดินเครื่องสูบน้ำทะเลตลอดเวลา เนื่องจากจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้น้ำทะเลในปริมาณมาก รวมทั้งความเสี่ยงจาก โรคระบาดที่มาจากน้ำทะเล ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้ ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด (Semi-closed water circulation system) เพื่อลดปัญหาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง ที่ต่ำลง เมื่อระยะเวลาเลี้ยงผ่านไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และสร้างเปลือกหอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่วิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัย ที่หน่วยปฏิบัติการวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แบบครบวงจร สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำบลหาดเจ้าสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

3.2 การวางแผนทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวิตามินซีที่เสริมในอาหารผสมต่อการเติบโต การรอดตาย และการแลกเนื้อของหอยหวาน

ก) การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design; CRD (ภัทรสินี ภัทรโกศล , 2550; ธานินทร์ ศิลป์จารุ , 2552) โดยอาหารผสมมี ระดับปริมาณ วิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 50, 100, 500, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แบ่งชุดการทดลองตามอาหารทดลองออกเป็น 6 ชุด (ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ) โดยทำการทดลองเป็นเวลา 150 วัน (พฤศจิกายน พ.ศ.2552 – มีนาคม พ.ศ.2553) ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 อาหารผสมไม่เสริมวิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP)

ชุดทดลองที่ 2 อาหารผสมเสริมวิตามินซี (APP) 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดทดลองที่ 3 อาหารผสมเสริมวิตามินซี (APP) 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดทดลองที่ 4 อาหารผสมเสริมวิตามินซี (APP) 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดทดลองที่ 5 อาหารผสมเสริมวิตามินซี (APP) 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดทดลองที่ 6 อาหารผสมเสริมวิตามินซี (APP) 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข) ระบบการเลี้ยง และหน่วยทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเลี้ยงหอยหวานในกระบะ พลาสติกทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 48 x 17 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยแต่ละกระบะมีพื้นที่ก้นบ่อ 0.14 ตารางเมตร พื้นบ่อทดลองปูด้วยทรายละเอียด มีความหนาประมาณ 3 เซนติเมตร เพื่อให้หอยหวานสามารถฝังตัวใต้พื้นทราย และใช้ระดับน้ำในบ่อทดลองสูง ประมาณ 15 เซนติเมตร และใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด (semi-closed circulation system) ที่ใช้สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) และ Bioball เป็นตัวกรองชีวภาพ (biofilter) (ภาพที่ 13) โดยการหมุนเวียนของน้ำทะเลระหว่างบ่อเลี้ยง (rearing unit) แต่ละใบ และบ่อบำบัดชีวภาพ (biological treatment tank) โดยการใช้ปั๊มน้ำขนาดเล็ก (submersible pump) สูบน้ำจากบ่อบำบัดชีภาพเข้าสู่บ่อเลี้ยงแต่ละใบที่ อัตราการไหล (flow rate) คงที่ประมาณ 36 ลิตรต่อชั่วโมง และไหลกลับเข้าสู่บ่อบำบัดชีวภาพ ด้วยการใช้ระบบน้ำล้น (overflow) บ่อเลี้ยงแต่ละใบได้ ให้อากาศแบบฟองอากาศตลอดเวล า (ภาพที่ 14) การศึกษาในครั้งนี้ใช้น้ำทะเลธรรมชาติที่มีความเค็มประมาณ 30 พีพีที โดยทำความสะอาดหน่วยทดลอง ล้างทราย และเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลในระบบประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นประจำทุก 15 วัน

a. **b.**

ภาพที่ 13 บ่อบำบัดน้ำทะเล a. Bioball , b. สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*)

ภาพที่ 14 หน่วยทดลองระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด (Semi-closed water circulation system)

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงทุก 2 สัปดาห์ โดยพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเลที่ศึกษาประกอบด้วย ไนไตรท์ (NO_2-N) แอมโมเนีย (NH_4–N) ค่าด่างรวม (Alkalinity) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ความเค็ม (Salinity) อุณหภูมิ (Water temperature) และค่าการละลายออกซิเจน (Dissolved oxygen)

ค) สัตว์ทดลอง

การศึกษานี้ใช้ ลูกพันธุ์ หอยหวานระยะวัยรุ่นจากหน่วยปฏิบัติการวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แบบครบวงจร จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 1,000 ตัว โดยการใช้ลูกหอยหวานที่มาจากชุดการผลิตเดียวกัน และคัดเลือกลูกหอยหวานที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด เนื่องจากการเลี้ยงลูกหอยหวานที่มีขนาดต่างกันมากในบ่อเดียวกัน จะทำให้ลูกหอยหวานที่ขนาดเล็กกว่าหยุดชะงักการเจริญเติบโต (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) โดยลูกหอยหวานมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.13 ± 0.11 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.29 ± 0.10 กรัมต่อตัว โดยใช้อัตราปล่อยลูกหอยหวาน 300 ตัวต่อตารางเมตร หรือบ่อทดลองละ 30 ตัว

ง) อาหารทดลอง

รูปแบบอาหารที่ใช้ในครั้งนี้เป็นอาหารผสมแบบกึ่งเปียก (semi-moisture diet) ซึ่งเสริมด้วยอนุพันธุ์วิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) ต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 50, 100, 500, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตอาหาร ประกอบด้วย ปลาป่น กุ้งป่น และกากถั่วเหลือง (เป็นแหล่งโปรตีน) แป้งสาลี (เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต) และน้ำมันปลาทูน่า (เป็นแหล่งไขมัน) วิตามินรวม (ไม่มีวิตามินซี) แร่ธาตุรวม เซลลูโลส (เป็นตัวเยื่อใย (fiber) และปรับสูตรอาหาร) และ PMC (Polymethylolcarbamide) เป็นสารประสานอาหาร (binder) โดยการเติมอนุพันธุ์วิตามินซีตามสัดส่วน ที่กำหนด ใช้ตะแกรงร่อนวัตถุดิบ และชั่งน้ำหนักตามสัดส่วนของวัตถุดิบของแต่ละชุดอาหารทดลอง (ตารางที่ 1)

ผสมอาหารทดลองโดยคลุกเคล้าวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณมากผสมเข้าด้วยกันก่อน แล้วจึงผสมวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณน้อยอย่างวิตามินรวม แร่ธาตุรวม และวิตามินซีที่ผสมกันแล้วผสมรวมเข้าทีหลัง จากนั้นจึงผสมวัตถุดิบที่เป็นของเหลวอย่างน้ำมันทูน่า และ lecithin ผสมน้ำในปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักอาหาร เพื่อให้อาหารมีสภาพกึ่งเปียก จึงปั้นเป็นก้อนกลม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

จ) การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ proximate analysis (AOAC, 1995) ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี kjeldahl วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ด้วยวิธี Ether extract วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบความร้อน (hot air oven) วิเคราะห์ปริมาณเถ้าด้วยวิธี muffle furnace combustion วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยด้วยวิธี acid detergent คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดย [% คาร์โบไฮเดรต = 100 - (โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+ไฟเบอร์+ความชื้น)] และทำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ด้วยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC) (อรนุช พฤษศรี, 2552) (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของอาหารผสม และการเสริมวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ

องค์ประกอบ (กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)	อาหารผสมเสริมวิตามินซี					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
ปลาป่น	300	300	300	300	300	300
กากถั่วเหลือง	300	300	300	300	300	300
แป้งสาลี	200	200	200	200	200	200
กุ้งป่น	50	50	50	50	50	50
น้ำมันปลาทูน่า	50	50	50	50	50	50
PMC[1]	50	50	50	50	50	50
วิตามินรวม[2]	20	20	20	20	20	20
แร่ธาตุรวม[3]	20	20	20	20	20	20
เซลลูโลส	5	4.95	4.9	4.5	4	3
Lecithin	5	5	5	5	5	5
วิตามินซี[4] (mg kg^{-1})	0	0.05	0.1	0.5	1	2

1 PMC (Polymethylolcarbamind) ใช้เป็นตัวประสานอาหาร

2 วิตามินรวม (ไม่มีวิตามินซี) 1 กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 10,000,000 IU วิตามินดี3 1,000,000 IU วิตามินอี 10,000 mg วิตามินเค3 1,000 mg วิตามินบี1 500 mg วิตามินบี2 5,000 mg วิตามินบี6 1,500 mg โฟเลท 1,000 mg ดีแอลเมทไธโอนีน 16,038 mg

3 แร่ธาตุรวม 1 กิโลกรัมประกอบด้วย แคลเซียม 147 g ฟอสฟอรัส 147 g เหล็ก 2,010 mg ทองแดง 3,621 mg สังกะสี 6,424 mg แมงนีเซียม 10,062 mg โคบอล์ 105 mg ไอโอดีน 1,000 mg ซีลีเนียม 60 mg

4 วิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP)

ฉ) การเลี้ยงหอยหวาน

ทำการปรับสภาพสัตว์ทดลองก่อน เริ่มการทดลอง โดยการงดให้อาหารแก่หอยหวาน เป็นเวลา 2 วันก่อนการทดลอง และทำการฝึกให้ลูกหอยหวานในแต่ละบ่อทดลองกินอาหารผสมเป็นเวลา 5 วันก่อนเริ่มทำการทดลอง เมื่อพบว่าลูกหอยยอมรับ และกินอาหารผสมได้เป็นอย่างดีแล้ว จึงเริ่มทำการทดลอง โดยการศึกษ าในครั้งนี้ได้ให้อาหารแก่หอยหวานในแต่ละบ่อทดลองประมาณ 5% ของน้ำหนักตัว (Chaitanawisuti *et al*. (2001) พบว่าอัตราการรอดของหอยหวานที่ให้อาหาร 5% จะดีกว่าการให้อาหารเพียง 3% ของน้ำหนักตัว) โดยการวางอาหารที่ปั้นเป็นเม็ดกลมลงบนเปลือกหอยเชลล์จำนวน 2 จุดต่อบ่อ ทั้งนี้เพื่อให้ลูกหอยสามารถกินอาหารได้อย่างทั่วถึงมากที่สุด สะดวกต่อการเก็บอาหารที่เหลือ อีกทั้งยังป้องกันกันตกค้างของเศษอาหารบนพื้นทราย ซึ่งจะมีผลต่อ

คุณภาพน้ำ และพื้นทรายในบ่อทดลอง (ภาพที่ 15) การศึกษาในครั้งนี้ได้ให้อาหารแก่หอยหวานแบบให้กินจนอิ่ม (Satiation feeding) โดยให้อาหารทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง ที่เวลาประมาณ 14.00 น. โดยปล่อยให้ลูกหอยหวานกินอาหารจนกระทั่งลูกหอยหยุดกินอาหาร หลังจากนั้นจึง ทำการเก็บอาหารที่เหลือ โดยใช้การดูดตะกอนด้วยวิธีกาลักน้ำ และนำมาผึ่งลมจนมีความชื้นใกล้เคียงกับก่อนให้หอยหวานกิน และนำมาชั่งหาน้ำหนักอาหาร ที่เหลือ สำหรับการประเมินปริมาณอาหารที่หอยกินในแต่ละวัน โดยทำการปรับปริมาณอาหารที่ให้แก่หอยหวานทุกสัปดาห์ โดยคำนึงถึงปริมาณอาหารที่เหลือเป็นเกณฑ์

ภาพที่ 15 การวางอาหารบนเปลือกหอยเชลล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช) การเก็บข้อมูล และประเมินผลการทดลอง

การศึกษานี้ทำการเลี้ยงหอยหวานเป็นระยะเวลา 5 เดือน สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของหอยหวานกระทำโดยการนำตัวอย่างหอยหวานในแต่ละบ่อทดลอง (100% ของจำนวนหอยทั้งหมดในบ่อทดลอง) เพื่อวัดความยาวเปลือก และชั่งน้ำหนักของหอยหวานเป็นรายตัว เป็นประจำทุก 15 วัน และเก็บข้อมูลการตายของหอยหวานเป็นประจำทุกวัน (ภาพที่ 16)

a. **b.**

ภาพที่ 16 a. การวัดความยาวเปลือก , b. ชั่งน้ำหนักหอยเป็นรายตัว

ทำการประเมินผลการเลี้ยงจากการเติบโต โดยใช้ค่าความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (Shell length increment) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain) อัตราการเจริญโดยความยาวเปลือก (Absolute growth rate) อัตราการเจริญโดยน้ำหนัก (Absolute weight rate) ร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (Percent shell length increase) ร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Percent shell weight increase) อัตราการรอดตาย (Final survival) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หรืออัตราการแลกเนื้อ (Food conversion ratio; FCR) จากการคำนวณดังนี้ (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุยา กฤษณะพันธุ์, 2545)

ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (Shell length increment)

= ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain)

= น้ำหนักหอยเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราการเจริญโดยความยาวเปลือก (มิลลิกรัมต่อเดือน) (Absolute growth rate)

$$= \frac{\text{ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการเลี้ยง (เดือน)}}$$

อัตราการเจริญโดยน้ำหนัก (กรัมต่อเดือน) (Absolute growth by weight rate)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการเลี้ยง (เดือน)}}$$

ร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (Percent shell length increase)

$$= \frac{\text{ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

ร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Percent shell weight increase)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง –น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

อัตราการรอดตาย (Final survival) (%)

$$= \frac{\text{จำนวนหอยที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนหอยเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักรวมของอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยตลอดการทดลอง}}{\text{(น้ำหนักหอยเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง)}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซ) การตรวจสอบคุณภาพน้ำบ่อทดลอง

ตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อทดลองขณะทำการทดลองเลี้ยงทุก 15 วัน ดังนี้

- วัดความเค็มโดยใช้ Salino-refractometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR 100 ATC
- วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้ DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 55 Yellow Springs Instrument USA
- วัดอุณหภูมิน้ำทะเล โดยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
- วัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ความเป็นกรด -ด่าง (pH) อัลคาไลน์ นิตี้ โดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพน้ำ (test kit) AQUA-VBC ของคณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฌ) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ข้อมูลความยาวเปลือก น้ำหนัก อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด เพื่อเปรียบเทียบระดับปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมที่สุดในอาหารผสมของหอยหวาน (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2550; ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552)

3.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ำ (Low salinity stress test) ของหอยหวาน

การศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ำ (Low salinity stress test) ของหอยหวานในครั้งนี้ได้ใช้หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างๆ กันที่ 2 ระยะเวลา คือ เมื่อเลี้ยงหอยหวานแล้วเป็นเวลา 30 และ 150 วัน โดยการศึกษาในครั้งนี้ใช้ระดับความเค็มต่ำที่ 20 พีพีที (ใช้น้ำทะเลธรรมชาติที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองขนาด 1 ไมครอน และเติมด้วยน้ำประปาลงไปทีละน้อยๆ จนได้ระดับความเค็มที่ต้องการ) และทำการทดลองความทนทานของลูกหอยเป็นเวลา 240 ชั่วโมง

ก) ระบบการเลี้ยง และหน่วยการทดลอง

หน่วยทดลอง ในครั้งนี้ใช้อ่างพลาสติกรูป ทรงกระบอก มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร และสูง 10 เซนติเมตร โดยแต่ละหน่วยทดลองบรรจุ น้ำทะเลที่ความเค็ม 20 พีพีที ประมาณ 400 มิลลิลิตร และปิดฝาหน่วยทดลองแต่ละใบ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำซึ่งจะทำให้ระดับความเค็มของน้ำในหน่วยทดลองสูง ขึ้น โดยฝาปิดเจาะรูด้านบนเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5 เซนติเมตร เพื่อให้อากาศแบบฟองอากาศตลอดเวลา ใช้สายยางขนาดเล็กดูดเมือก และเติมน้ำทะเลที่มีความเค็ม และอุณหภูมิที่เท่ากับน้ำในหน่วยทดลอง เพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่ (ภาพที่ 17)

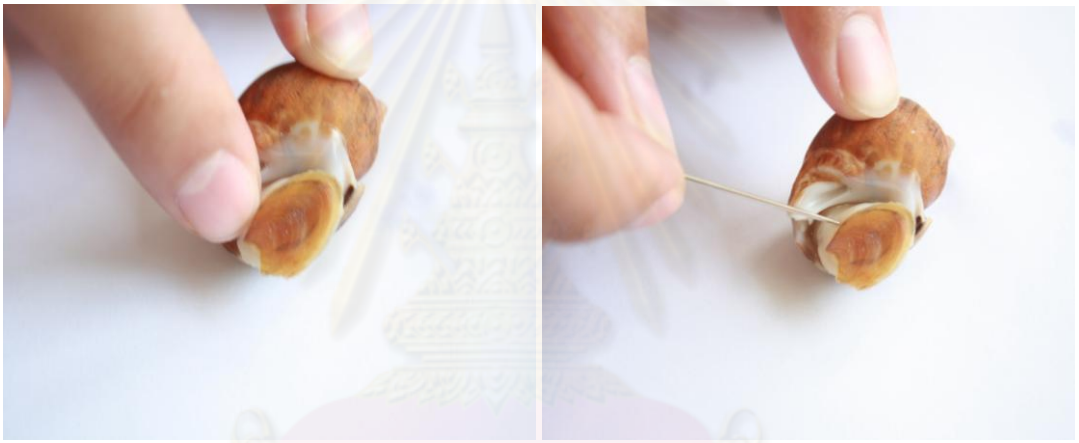
ภาพที่ 17 หน่วยทดลองความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

ข) สัตว์ทดลอง

การศึกษาความทนทานของลูกหอยที่ความเค็มต่ำในครั้งนี้ ใช้หอยที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ จากการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน และ 150 วัน โดยคัดลูกหอยให้มีขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 5 ตัวต่อหน่วยทดลอง โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 6 ชุด ทำซ้ำการทดลองชุดละ 2 ซ้ำ

ค) การเลี้ยงหอยหวาน

นำหอยหวานจากการทดลองที่ 1 มาใส่ในหน่วยทดลอง โดยไม่ปรับความเค็ม และไม่ให้อาหารแก่หอยหวานตลอดระยะเวลาการทดลอง 240 ชั่วโมง โดยสังเกตพฤติกรรมของหอยหวาน โดยดูการตอบสนองเมื่อสัมผัสบริเวณเนื้อหอย (Sam and Muki, 2001) หรือใช้เข็มขนาดเล็กแทงบริเวณเนื้อหอย และบันทึกการตายของหอยหวานทุก 6 ชั่วโมง เมื่อพบการตายของหอยหวานจะเก็บหอยออกจากหน่วยทดลองทันที เพื่อไม่ให้เกิดการเน่าสลาย และมีผลต่อคุณภาพน้ำทะเล และการระบาดของโรคในหน่วยทดลอง



a. **b.**

ภาพที่ 18 a. ทดสอบการตายของหอยหวานโดยดูการตอบสนองต่อการสัมผัสบริเวณเนื้อหอย, b. ทดสอบการตายของหอยหวานโดยใช้เข็มขนาดเล็กแทงบริเวณเนื้อหอย

ง) การเก็บข้อมูล และประเมินผลการทดลอง

นับจำนวนลูกหอยในแต่ละหน่วยทดลอง ทุก 6 ชั่วโมง และคำนวณอัตราการรอดตายของลูกหอยในแต่ละหน่วยทดลองโดยใช้สูตร

อัตราการรอดตาย (final survival)(%) = จำนวนหอยที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง x 100
จำนวนหอยเมื่อเริ่มการทดลอง

จ) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบ one-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ข้อมูลความยาวเปลือก น้ำหนัก อัตรา การแลกเนื้อ อัตราการ รอด เพื่อเปรีย บเทียบ ระดับ ปริมาณ วิตามินซีที่เ หมาะสมที่สุดใน อาหารผสมของ หอยหวาน (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2550; ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์

4.1 คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณวิตามินซีในอาหาร

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง โดยวิธี proximate analysis พบว่า อาหารผสมที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานมี ระดับโปรตีน และไขมัน ไม่แตกต่างกันในทุก สูตรอาหาร คือ มีค่าโปรตีนระหว่าง 37.27 – 37.38 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าไขมันระหว่าง 10.02 – 10.28 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเยื่อใย 4.17 – 4.33 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 8.12 – 8.31 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 14.25 – 14.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) และจากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในอาหารทดลอง ด้วยวิธี HPLC พบว่าระดับวิตามินซีที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับปริ มาณวิตามินซีที่เติมลงไปในอาหาร (ตารางที่ 3) (ตารางที่ 11 - 17, ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง 6 สูตร

คุณค่าทางอาหาร	สูตรอาหารทดลอง					
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
โปรตีน (%)	37.31 ± 0.25	37.27 ± 0.21	37.28 ± 0.16	37.31 ± 0.14	37.38 ± 0.13	37.37 ± 0.24
ไขมัน (%)	10.05 ± 0.12	10.02 ± 0.12	10.19 ± 0.16	10.08 ± 0.09	10.28 ± 0.17	10.22 ± 0.14
เถ้า (%)	14.39 ± 0.17	14.28 ± 0.20	14.49 ± 0.19	14.25 ± 0.21	14.29 ± 0.21	14.43 ± 0.23
เยื่อใย (%)	4.21 ± 0.12	4.17 ± 0.15	4.24 ± 0.12	4.32 ± 0.16	4.33 ± 0.15	4.23 ± 0.13
ความชื้น (%)	8.12 ± 0.08	8.23 ± 0.14	8.27 ± 0.14	8.31 ± 0.13	8.25 ± 0.12	8.21 ± 0.16

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD. จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 3 ปริมาณวิตามินซีในอาหารทดลองที่เสริมด้วยวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ

สูตรอาหารทดลอง	วิตามินซีที่เติมลงในอาหารผสม (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)	วิตามินซีที่วิเคราะห์ได้ในอาหารผสม (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)
1	0.00	1.82 ± 0.69
2	50.00	45.11 ± 3.62
3	100.00	90.92 ± 1.72
4	500.00	485.07 ± 5.63
5	1000.00	985.95 ± 2.43
6	2000.00	1983.62 ± 4.30

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD. จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2 ซ้ำ

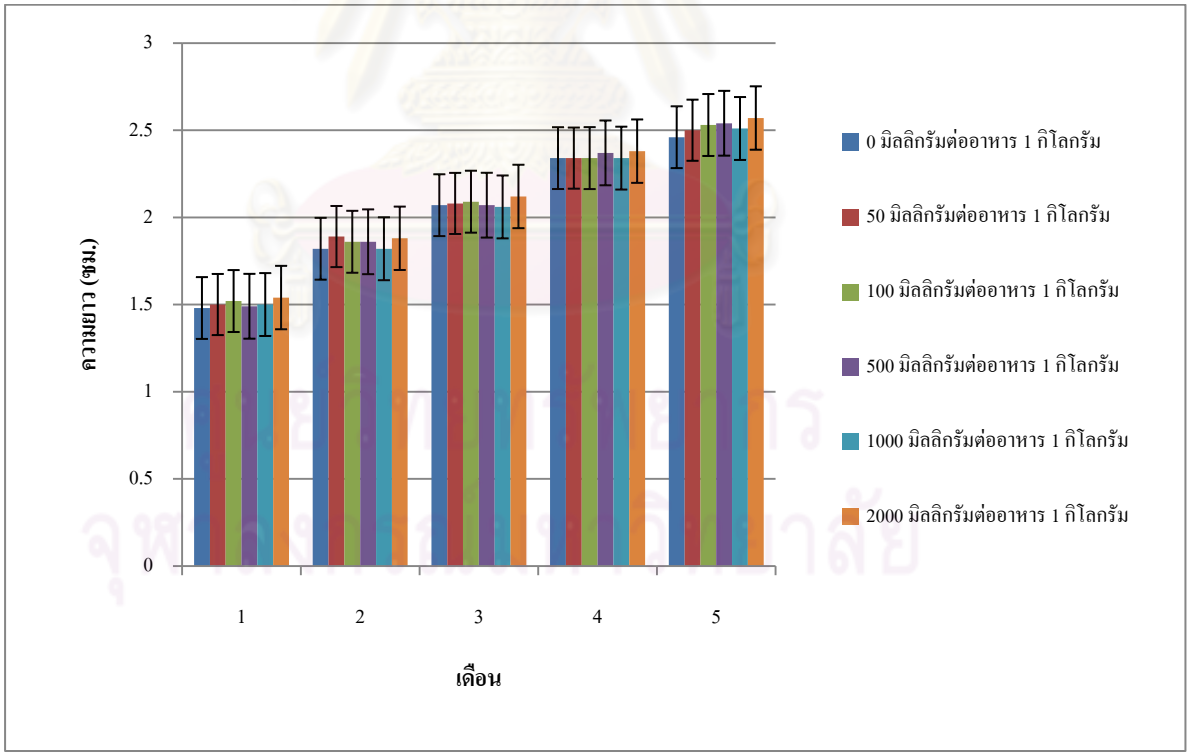
4.2 ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวิตามินซีที่เสริมในอาหารผสม ต่อการเติบโต การรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อของหอยหวาน

การเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวาน

การศึกษา การเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซี ต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน ได้แสดงในภาพที่ 19 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหาร ผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างๆ กัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีทุกระดับมีการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก และอัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือกในช่วง 1.33 - 1.44 เซนติเมตร และ 0.26 - 0.29 เซนติเมตรต่อเดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4) (ตารางที่ 18 - 25, ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4 ความยาวเปลือกสุดท้าย ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร) และอัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Length (cm.)			Growth in body length (cm./month)
	Initial	Final	Increment	
1 (APP_0)	1.13 ± 0.11	2.46 ± 0.28	1.33 ± 0.03	0.26 ± 0.005
2 (APP_{50})	1.13 ± 0.11	2.50 ± 0.22	1.37 ± 0.06	0.27 ± 0.01
3 (APP_{100})	1.13 ± 0.11	2.53 ± 0.25	1.40 ± 0.06	0.28 ± 0.02
4 (APP_{500})	1.13 ± 0.11	2.54 ± 0.30	1.42 ± 0.05	0.28 ± 0.01
5 (APP_{1000})	1.13 ± 0.11	2.51 ± 0.25	1.38 ± 0.05	0.28 ± 0.01
6 (APP_{2000})	1.13 ± 0.11	2.57 ± 0.29	1.44 ± 0.04	0.29 ± 0.005



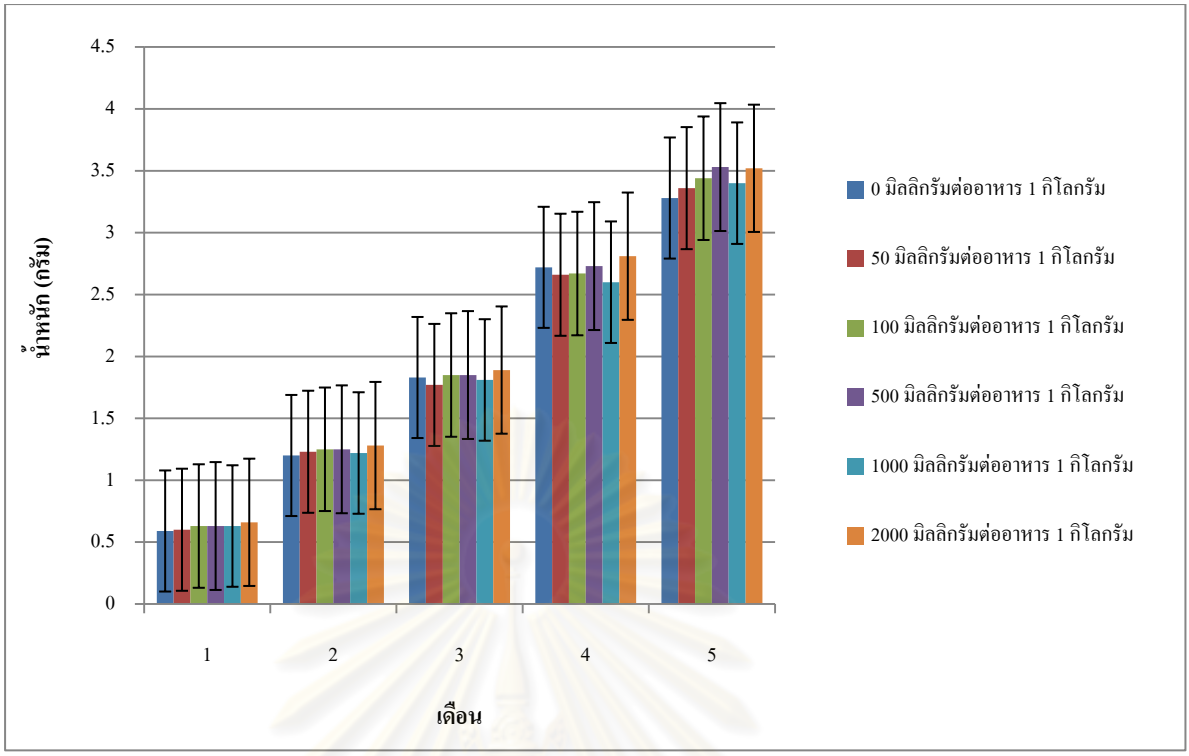
ภาพที่ 19 ความยาวเปลือกเฉลี่ย ($\bar{x}$) (เซนติเมตร) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

การเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวาน

การศึกษา การเติบโตโดย น้ำหนัก ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซี 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน ได้แสดงในภาพที่ 20 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างๆ กันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีทุกระดับมีการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก และอัตราการเติบโตโดยน้ำหนักในช่วง 2.99 - 3.24 กรัม และ 0.60 - 0.65 กรัมต่อเดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 5) (ตารางที่ 26 - 33, ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) และอัตราการเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Weight (g.)			Growth in body weight (g./month)
	Initial	Final	Increment	
1 (APP_0)	0.29 ± 0.097	3.28 ± 0.97	2.99 ± 0.18	0.60 ± 0.04
2 (APP_{50})	0.29 ± 0.097	3.36 ± 0.77	3.07 ± 0.15	0.61 ± 0.03
3 (APP_{100})	0.29 ± 0.097	3.44 ± 0.89	3.15 ± 0.09	0.63 ± 0.02
4 (APP_{500})	0.29 ± 0.097	3.53 ± 1.05	3.24 ± 0.19	0.65 ± 0.04
5 (APP_{1000})	0.29 ± 0.097	3.40 ± 0.86	3.11 ± 0.13	0.62 ± 0.03
6 (APP_{2000})	0.29 ± 0.097	3.52 ± 1.00	3.23 ± 0.19	0.65 ± 0.04



ภาพที่ 20 น้ำหนักเฉลี่ย ($\bar{x}$) (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราการรอดตาย

การศึกษาอัตรารอดตาย (final survival) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีที่แตกต่างกัน 6 ระดับ ในบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียนแบบกึ่งปิดเป็นเวลา 5 เดือน ได้แสดงในตารางที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการรอดตายสุดท้าย ของหอยหวาน ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามิ นซีระดับต่างๆ กัน มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยหอยหวาน ที่เลี้ยงด้วย สูตรอาหารผสมเสริมวิตามินซี ปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตรารอดตายสูงสุด คือ 95.56 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับสูตรอาหารผสมไม่เสริมวิตามินซี และสูตรอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีอัตรารอดตายต่ำสุด คือ 84.43 ± 1.93 และ 85.56 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับสูตรอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 100, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 34 - 36, ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 6 อัตราการรอด (%) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Final survival (%)
1 (APP_0)	84.43^a ± 1.93
2 (APP_{50})	85.56^a ± 1.93
3 (AAP_{100})	93.33^b ± 00
4 (APP_{500})	95.56^b ± 1.93
5 (APP_{1000})	92.22^b ± 1.92
6 (APP_{2000})	92.22^b ± 1.92

หมายเหตุ ตัวกลางเลขคณิตที่มีตัวอักษรยกต่างกันในแนวตั้งเดียวแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

การศึกษาอัตราการแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio; FCR) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 7) โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วย อาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีทุกระดับมีอัตราการแลกเนื้อในช่วง 1.07 - 1.16 (ตารางที่ 37 - 41, ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 7 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Feed intake (g.)	Weight gain	FCR
1 (APP_0)	153.7 ± 1.33	89.8 ± 5.41	1.72 ± 0.11
2 (APP_{50})	154.1 ± 0.78	92.1 ± 4.53	1.67 ± 0.08
3 (AAP_{100})	153.8 ± 0.71	94.4 ± 2.72	1.63 ± 0.05
4 (APP_{500})	152.5 ± 0.67	96.0 ± 7.71	1.59 ± 0.14
5 (APP_{1000})	154.2 ± 1.01	93.4 ± 3.80	1.65 ± 0.06
6 (APP_{2000})	154.1 ± 0.51	97.0 ± 5.83	1.59 ± 0.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลผลิตรวม (Total yield)

การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีที่แตกต่างกัน 6 ระดับ ในบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียนแบบกึ่งปิด เป็นระยะเวลา 5 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 8 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าผลผลิตรวม ของหอยหวาน ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลผลิตรวมสูงสุด คือ 101.18 ± 5.43 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับสูตรอาหารผสมไม่เสริมวิตามินซี และสูตรอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมซึ่งมีอัตรารอดตายต่ำสุด คือ 83.85 ± 4.23 และ 86.23 ± 4.18 กรัม ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับสูตรอาหาร ผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 100, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 42-44, ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 8 ผลผลิตรวม (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซีระดับต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Total yield (g.)
1 (APP_0)	83.85^a ± 4.23
2 (APP_{50})	86.23^a ± 4.18
3 (AAP_{100})	96.23^b ± 2.54
4 (APP_{500})	101.18^b ± 5.43
5 (APP_{1000})	94.20^b ± 5.16
6 (APP_{2000})	97.33^b ± 4.03

หมายเหตุ ตัวกลางเลขคณิตที่มีตัวอักษรยกต่างกันในแนวตั้งเดียวแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณภาพน้ำทะเล

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองระหว่างการเลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด เป็นระยะเวลา 5 เดือน ผลการศึกษา พบว่าคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงห อยหวาน ซึ่ง จากการตรวจ วัดคุณ ภาพ น้ำตั้งแต่เ ริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง คุณภาพ น้ำเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากบ่อทดลองเป็น ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด ซึ่งมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอีกทั้ง มีการให้ออกซิเ จนอย่างเพียงพอ และมวลน้ำถ่ายเทตลอด ส่งผล ให้ปริมาณแอมโมเ นีย (NH_4-N) และไนไตรท์ (NO_2-N) อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (แอมโมเนียไม่เกิน 1 mg/l และไนไตรท์ไม่เกิน 0.4 mg/l) ไม่มีผลต่อการเติบโต และการรอดตายของหอยหวาน ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำทะเลตลอดช่วงเวลาของการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Parameters	Month				
	1	2	3	4	5
Water temperature (ºC)	24-25	23	23-24	24-26	25-26
Salinity (ppt)	30	30-32	29-30	30	29-30
Dissolve Oxygen (mg/l)	6.7-7.0	6.8-7.0	6.6-6.9	6.7-6.9	6.8-7.0
Ammonia (NH_4-N, mg/l)	0.12-0.23	0.04-0.15	0.04-0.09	0.04-0.07	0.02-0.04
Alkalinity (mg/l)	113-120	100-120	98-110	114-120	113-120
Nitrite (NO_2-N, mg/l)	0-0.15	0-0.13	0.03-0.09	0.01-0.05	0.01-0.03
pH	7.9	7.8-7.9	7.8	7.7	7.8

หมายเหตุ อุณหภูมิค่อนข้างต่ำเนื่องจากทำการวิจัยในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน – มีนาคม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน หลังจากได้รับอาหารที่เส ริมด้วยวิตามินซี โดยศึกษาความ ทนทานต่อความเค็มต่ำของหอย หวาน (ใช้หอยหวานจากการทดลองที่ 1) เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 30 วัน และ 150 วัน

การศึกษาความทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ส่วนในพันส่วน) พบว่าอัตราการรอดตายของหอยหวานที่เลี้ยงที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกชุดการทดลอง เมื่อเลี้ยงหอยหวานเป็นเวลา 1 เดือน พบว่าหอยที่กินอาหารผสมที่ไม่เสริมวิตามินซี มีอัตรารอดต่ำที่สุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการทดสอบความทนทานต่อความเค็มต่ำกับหอยที่กินอาหารครบ 5 เดือน พบว่าหอยที่กินอาหารผสมไม่เสริมวิตามินซี มีอัตรารอดต่ำที่สุด คือ 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกชุดการทดลอง จะเห็นได้ว่าวิตามินซีมีผลต่อความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม หอยหวานที่ได้รับอาหารผสมที่ไม่เสริมวิตามินซีจะมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 10 (ตารางที่ 45 - 50, ภาคผนวก ง)

ตารางที่ 10 อัตราการรอด (%) ของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลองเมื่อทดสอบความทนทานต่อความเค็มต่ำ ที่เวลา 240 ชั่วโมง

Diet formula	Survival rate (%)	
	1 month	5 month
1 (APP_0)	80.00 ± 00	90.00 ± 14.14
2 (APP_{50})	90.00 ± 14.14	100.00 ± 00
3 (AAP_{100})	90.00 ± 14.14	100.00 ± 00
4 (APP_{500})	90.00 ± 14.14	100.00 ± 00
5 (APP_{1000})	90.00 ± 14.14	100.00 ± 00
6 (APP_{2000})	90.00 ± 14.14	100.00 ± 00

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ พบว่าหอยหวานระยะวัยรุ่นขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ยเริ่มต้น 1.13 ± 0.11 เซนติเมตร และน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 0.29 ± 0.097 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบบกึ่งเปียกเสริมด้วยวิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) ต่างกัน 6 ระดับ (0, 50, 100, 500, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าหอยหวานในแต่ละชุดการทดลอง มีการเติบโตโดยความยาวเปลือก และการเติบโตโดยน้ำหนัก ใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองการเปรียบเทียบผลของการเสริมวิตามินซีในอาหารต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ 2 สปีชีส์ (*Haliotis tuberculata* และ *Haliotis discus hannai*) โดยเสริมวิตามินซีลงในอาหารปริมาณ 0-800 มิลลิกรัมต่ออาหาร 100 กรัม พบว่าผลของวิตามินซีต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อทั้ง 2 สปีชีส์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kangsen, 1998) แต่อย่างไรก็ตาม อรนุช พฤษศรี (2552) พบว่าหอยหวานระยะลงเกาะที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีการเติบโตโดยความยาวเปลือก และการเติบโตโดยน้ำหนักสูงกว่าอาหารทดลอง ที่เสริมวิตามินซีระดับ อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งอาจเนื่องจากสัตว์น้ำระยะวัยอ่อนต้องการปริมาณวิตามินซีเพื่อเจริญเติบโตที่ระดับสูงกว่าสัตว์วัยรุ่น หรือสัตว์น้ำโตเต็มวัย Gouillou-Coustans *et al*. (1998) พบว่าปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมสำหรับปลาไน common carp larvae คือ ประมาณ 45 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการเติบโต และลูกปลาที่อายุน้อยต้องการวิตามินซีที่ระดับสูงกว่า เช่นเดียวกับ Halver *et al.* (1969) พบว่า ปลาวัยอ่อนที่มีอัตราการเติบโตเร็วต้องการวิตามินซีมากที่สุด เช่น ปลา rainbow trout และ ปลา coho salmon ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1 กรัม ต้องการวิตามินซี 100 และ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และในกุ้งขาว *Penaeus vannamei* พบว่าปริมาณวิตามินซีที่ทำให้สามารถเติบโตได้อย่างปกติ คือ ประมาณ 120 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และความต้องการวิตามินซีจะลดลงเมื่อกุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้น (Haiqi and Addison, 1993) จะเห็นได้ว่าช่วงอายุของสัตว์น้ำมีผลทำให้ความ ต้องการปริมาณวิตามินซี แตกต่างกัน และ ชนิดของสัตว์น้ำ ก็มีผลทำให้มี ความต้องการวิตามินซีในปริมาณที่แตกต่างกัน Qinghui *et al*. (2004) ศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปลา

Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) โดยเสริมวิตามินซีลงในอาหารปริมาณ 0, 12.5, 25, 50, 100, 200 และ 500 พบว่าปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมต่อ การเจริญเติบโต คือ ประมาณ 53.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในอาหารผสม และใน parrot fish มีความต้องการวิตามินซี (L-ascorbyl-2-monophosphate) ปริมาณ 118 ± 12 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับการเจริญเติบโตปกติ (Xiaojie *et al*., 2003)

การศึกษาอัตราการรอดตาย ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซี ปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้อัตรารอดชีวิตสูงที่สุด คือ 95.56 ± 1.93 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับอาหารผสมไม่เสริมวิตามินซี และอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีอัตรารอดชีวิตต่ำที่สุด คือ 85.56 ± 1.93 และ 87.78 ± 1.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับสูตรอาหาร ผสมที่เสริมวิตามินซีปริมาณ 100, 1000 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาผลของระดับวิตามินซีที่ใส่ในอาหารสำเร็จ รูปที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาว พบว่า ปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับวิตามินซีไม่เพียงแต่ไม่เติบโต (น้ำหนักเฉลี่ย 7.88 กรัม) แต่จะตายเกือบทั้งหมด (อัตรารอด 11.7 เปอร์เซ็นต์) (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2531) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Qinghui *et al*. (2006) พบว่า large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ที่ได้รับอาหารที่เสริมวิตามินซีในปริมาณ 25, 50, 100, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะทำให้มีอัตรารอดสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่เสริมวิตามินซีในปริมาณ 12.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมะลิ บุญรัตนผลิน และคณะ (2536) ซึ่งทำการศึกษาพบว่าการเสริมวิตามินซี (L-ascorbyl-2-Phosphate-Mg) ปริมาณ 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในอาหารปลากะรัง ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2.2 กรัม ทำให้อัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารไม่เสริมวิตามินซี และ Magarelli *et al*. (1979) พบว่าในกุ้ง *Penaeus californiensis* และ *Penaeus stylirostris* ที่ได้รับวิตามินซีในปริมาณ 1.3 และ 0.3 กรัม ตามลำดับ จะทำให้กุ้งมีอัตรารอดตายสูงกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่ไม่มีวิตามินซี และ สโรชา หรุ่นศิริ (2540) ศึกษาอัตรารอดของปลาดุกลูกผสมที่ได้รับวิตามินซีในรูปแบบต่างๆกัน พบว่าในทุกกลุ่มการทดลองที่ให้วิตามินซีในรูปแบบต่างๆกั น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปลาดุกในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมไม่เสริมวิตามินซีจะมีอัตรารอดต่ำกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีทุกรูปแบบ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าผลของระดับวิตามินซีต่อการรอดตายอาจขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำที่เลี้ยงซึ่งมีความต้องการปริมาณวิตามินซีที่แตกต่างกัน และการใช้วิตามินซีรูปแบบต่างกันด้วย

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หรืออัตราการแลกเนื้อเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยง แสดงให้เห็นว่าสัตว์น้ำมีความสามารถในการเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไปเป็นน้ำหนักตัว โดยอาหารที่มีประสิทธิภาพดีจะให้ค่า อัตราการแลกเนื้อต่ำ ยิ่งใช้อาหารน้อยแต่ได้เนื้อมาก เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าระดับการเสริมวิตามินซีในอาหรผสมที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่ออัตราการแลกเนื้อของหอยหวานระยะวัยรุ่น โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีปริมาณ 500 และ 2000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด คือ 1.07 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง (P>0.05) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Li *et al.* (1998) พบว่าปลา channel catfish น้ำหนักเริ่มต้น 6.5 กรัมต่อตัว กลุ่มที่ได้รับอาหารไม่เสริมวิตามินซีจะมี น้ำหนักเพิ่มช้า และประสิทธิภาพอัตราการแลกเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมวิตามินซี เป็นไปในทางเดียวกับ การศึกษาของ Magarelli *et al*. (1979) พบว่ากุ้งที่ได้รับวิตามินซีในปริมาณ 1.3 และ 0.3 กรัม ในกุ้ง *Penaeus californiensis* และ *Penaeus stylirostris* ตามลำดับ จะทำให้กุ้งมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่ไม่มีวิตามินซี

นอกจากนี้ วิตามินซี ยังเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำ ซึ่งสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่ ไม่สามารถสร้างวิตามินดังกล่าวเองได้ วิตามินซีมีผลต่อการเจริญเติบโต การสร้างภูมิคุ้มกัน ป้องกันการติดเชื้อ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม และช่วยลดความเครียด เมื่อร่างกายสัตว์มีความเครียด ระบบต่างๆของร่างกายจะทำงานผิดปกติ และก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ วิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูล อิสระ ดังนั้น เมื่อร่างกายสัตว์เกิด ความเครียดจะมีความต้องการใช้วิตามินซีเพิ่มมากขึ้น (Asard *et al*., 2004) การทดลองครั้งนี้หอยหวานต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ปกติคืออยู่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มต่ำกว่าปกติ ทำให้เกิดความเครียด หอยหวานจึงต้องพยายามปรับสมดุลของร่างกายให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าระดับวิตามินซีในอาหารผสมมีผลกับความทนต่อความเค็มต่ำ (20 ส่วนในพันส่วน) เมื่อทำการทดลองเดือนแรก อาหารผสมไม่เสริมวิตามินซี มีอัตรารอดของหอยหวาน ต่ำสุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านไป 240 ชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสูตรอาหารอื่นๆ และเมื่อทดสอบความทนต่อความเค็มต่ำหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 5 เดือน พบว่าหอยหวานที่ไม่ได้รับวิตามินซีในอาหารมีอัตรารอดต่ำที่สุด คือ 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสูตรอาหารอื่นๆ อาจเป็นเพราะลูกหอยในระยะที่มีความยาวเปลือก 1 เซนติเมตร ขึ้นไปเป็นระยะที่มีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี วราภรณ์ แก้วไทย และคณะ (2547) ศึกษาการเลี้ยงหอยหวานที่

ความเค็มระดับต่างๆกัน 5 ระดับ ได้แก่ 10, 15, 20, 25 และ 30 ส่วนในพันส่วน พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 30 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กับหอยหวานที่เลี้ยงที่ระดับความเค็มอื่นๆ รองลงได้แก่หอยหวานที่เลี้ยงที่ความเค็ม 25, 20, 15 และ 10 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ อัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25 และ 30 ส่วนในพันส่วน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) จากที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน นอกจากนี้ ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มจาก 30 ส่วนในพันส่วน เป็น 0 ส่วนในพันส่วน อย่างเฉียบพลัน เป็นระยะเวลา 45 นาที พบว่าลูกกุ้งกุลาดำระยะ PL17 ที่ได้รับวิตามินซีระดับ 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อน้ำที่ใช้เลี้ยง 1 ลิตร มีอัตราการตายต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สมศักดิ์ ระยัน, 2540) จะเห็นได้ว่าการเสริมวิตามินซีมีผลทำให้ สัตว์น้ำมีความสามารถในการทนทานต่อความเครียดได้สูงขึ้น ส่งผลใ ห้อัตรา การ รอดชีวิต สูงขึ้น และวิตามินซียังถูกพบว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลา (Anbarasu and Chandran, 2001) และยังมีผลเสริมให้มีความต้านทานต่อความเครียด และโรคเพิ่มขึ้น (Montero *et al*., 1999) อาจกล่าวได้ว่าชนิด และช่วงอายุของสัตว์น้ำมีผลทำให้มี ความต้องการวิตามินซีในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยปริมาณวิตามินซีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวิตามินซีที่ใช้เสริมในอาหารด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า วิตามินซีมีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำ สัตว์น้ำที่ไม่ได้รับวิตามินซี หรือได้รับในปริมาณที่ไม่เพียง พอกับความต้องการของร่างกายจะมีผลเสียต่อสัตว์น้ำ โดยจะทำให้ระบบต่างๆภายในร่างกายไม่สามารถดำเนินไปได้ตามปกติ อ่อนเพลีย และเบื่ออาหาร แต่ถ้าได้รับปริมาณวิตามินซีที่มากเกินไป ก็จะทำให้ร่างกายต้องสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งในการขับออก ทำให้การเติบโตช้าลง นอกจากนี้ก ารได้รับวิตามินซีในปริมาณที่มากเกินไปอาจเป็นพิษได้ ซึ่งจะแสดงอาการเริ่มต้น คือ ท้องเสีย ปัสสาวะบ่อย (Choi *et al*., 2009) การที่สัตว์น้ำจะเติบโต ได้ดีนั้น นอกจากจะ ได้รับปริมาณสารอาหารหลักอย่าง โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันที่เหมาะสมแล้ว ยังมีความต้องการสารอาหาร รอง ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ และอื่นๆ ในสัดส่วนที่เหมาะสมอีกด้วย ซึ่งวิตามิน และแร่ธาตุ เป็นสิ่งจำเป็นต่อสัตว์น้ำ มีความสัมพันธ์ และเกี่ยวข้องกับขบวนการชีวเคมีในร่างกายของสัตว์ ทำหน้าที่เชื่อมเนื้อเยื่อต่างๆ ไว้ด้วยกัน ช่วยปกป้องเซลล์ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ช่ วยลดความเครียด นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยในการรักษาบาดแผล การสร้างกระดูกอ่อน ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงให้เจริญเต็มที่ ช่วยลดความเป็นพิษของสารแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย แต่อย่างไรก็

ตาม วิตามินซี มีความ จำเป็นต่อสัตว์น้ำมาก ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์จะต้องมีการ ใส่วิตามินซีในอาหารสัตว์น้ำด้วย อย่างไรก็ตามวิตามินซีมีความไม่เสถียร สลายตัวได้ง่าย จึงมีการสังเคราะห์อนุพันธ์ของวิตามินซีที่มีความเสถียรสูง แต่ให้คุณค่าทางโภชนาการเช่นเดียวกับวิตามินซี อนุพันธ์วิตามินซีที่นิยมใช้มากในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ วิตามินซีฟอสเฟต และวิตามินซีซัลเฟต ซึ่งได้มีรายงานว่าผลของอนุพันธ์วิตามินซีเหล่านี้มีผลต่ออัตราการเติบโต และอัตราการรอดของสัตว์น้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวัดปริมาณการสะสมของวิตามินซีในเนื้อเยื่อของหอยหวานหลังจากได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับต่างๆ
2. ควรศึกษาเปรียบเทีย บการใช้วิตามินซีในรูปแบบอื่นกับ วิตามินซีฟอสเฟต เช่น วิตามินซีซัลเฟต
3. เนื่องจากการเติบโตของหอยหวานมีความแตกต่างกันอย่างไม่ชัดเจน การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรศึกษาโดยปรับระดับปริมาณวิตามินซีให้สูงขึ้น
4. ควรศึกษาผลของวิตามินซีต่อการสร้างภูมิคุ้มกัน และความต้านทานโรคของหอยหวาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ขนิษฐา แสงงาม. 2540. ผลของโปรตีนและไขมันในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่มีต่อการเติบโตของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ความรู้ทางการเกษตร . การเพาะเลี้ยงหอยหวาน . [ออนไลน์], 2553. แหล่งที่มา : http://www.taradkaset.com [2553 ธันวาคม 23]

ชิดชนก รอดเรือง . 2551. สัดส่วนโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน *Babylonia areolata*. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาประมง. กรุงเทพมหานคร. มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 373-380.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2548. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. จำนวน 1,500 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โฟร์เพซ.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ . 2552. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. จำนวน 20,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: เอส. อาร์. พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์.

นัฐพร ชัยศักดิชาตรี . 2541. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่างๆในอาหารกุ้งกุลาดำ . วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ศิริพันธ์. 2543. คู่มือการเลี้ยงหอยทะเลเศรษฐกิจ. สำนักวิชาการ กองส่งเสริมการประมง กรมประมง.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ . 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน หลักการและแนวปฏิบัติ. หนังสือในโครงการจัดพิมพ์เผยแพร่ รายงานการวิจัย ลำดับที่ 8. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 114 หน้า.

บังอร ศรีมุกดา , สุรชาติ ฉวีภักดิ์ และวริษฐา หนูปิ่น . 2548. การผลิตลูกหอยหวาน *Babylonia areolata* Link, 1807 เชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประสาท กิตตะคุปต์. 2540. ศึกษาเมตาโปลิซึมของอนุพันธ์วิตามินซีฟอสเฟต และวิตามินซีซัลเฟตในกุ้ง. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุญยรัตผลิน และนันทิยา อุ่นประเสริฐ . 2525. อาหารปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กองประมงน้ำจืด กรมประมง. กรุงเทพมหานคร. 88 น.

ภัทรสินี ภัทรโกศล. 2550. สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ . จำนวน 2000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มะลิ บุญยรัตผลิน . 2531. อาหารและการให้อาหารกุ้งกุลาดำ . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ช่องนนทรี จำกัด.

มะลิ บุณยรัตผลิน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ, ไพรัตน์ กอสุธารักษ์, วิษณุ โศธนะ และ ศิริมล ชุ่มสูงเนิน . 2531. ผลของระดับวิตามินซีที่เติมในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหารและอัตรารอดของปลากะพงขาว . เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2531, สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง. 21 หน้า.

มะลิ บุญยรัตผลิน , นันทิยา อุ่นประเสริฐ และจารุวัตน์ วรรณโกวัฒน์ . 2533. ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อเสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์ชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง. สงขลา. 18 น.

มะลิ บุณยรัตผลิน , จารุรัตน์ วรรณโกวัฒน์ และ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์ . 2536. แหล่งวิตามินซีจาก L-ascorbyl-2-phosphate-Mg ในอาหารปลากะรัง . เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2538. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง. สงขลา. 8 น.

วราภรณ์ แก้วไทย, สุภาพร แก้วอักษร และ อุทัย รัตนอุบล. 2547. การเจริญเติบโตและการรอดตายของหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807) ที่ความเค็มระดับต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2547, สถาบันพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎ์ธานี กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 8 น.

วิสุทธิ์ พัชรพิสุทธิ์สิน. 2530. ผลของวิตามินละลายน้ำต่ออัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch). ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่, สงขลา.

วัชรินทร์ นิยม. 2548. ผลของวิตามินซีต่อความต้านทานโรคและความทนทานต่อความเครียดในปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata* Peter) วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 216 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ . จำนวน 1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ ระยัน . 2540. ผลของวิตามินซีต่อความเครียด และการเจริญเติบโตของลูกกุ้งกุลาดำ . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา จันทร์งาม. 2550. ผลของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตต่อการเติบโต และการรอดของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สโรชา หรุ่นศิริ . 2540. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่างๆในอาหารปลาดุกลูกผสม . วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประม ง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรนุช พฤษศรี. 2552. ผลของวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดตายและความต้านทานต่อความเค็มต่ำของลูกหอยหวาน *Babylonia areolata* ระยะลงเกาะ . วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำนวย โชติญาณวงษ์. 2525. อาหารปลา. กรุงเทพมหานคร ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Anbarasu, K., and Chandran, M.R., 2001. Effect of ascorbic acid on the immune response of the catfish, *Mystus gulio* (Hamilton), to different bacterins of *Ameromonas hydrophila*. Fish Shellfish Immunol. 11, 347-355.

Andrews, J.W., and Murai T. 1974. Studies on the vitamin C requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutrition. 105 : 557-561.

Asard H., May J.M. and Smirnoff N. 2004. Vitamin C function and biochemistry in animal and plants. London and New York.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analysis Chemists, Arlington, VA, USA.

Chaitanawisuti, N., and Kritsanapuntu, A. 1998. Growth and survival of hatchery-reared juvenile Spotted Babylon, *Babylonia areolata* Link 1807 (Neogastropoda: Buccinidae), in four nursery culture conditions. Journal Shellfish Research. 17(1): 85-88.

Chaitanawisuti, N., and Kritsanapuntu, S. 2000. Growth and production of hatchery reared juveniles Spotted Babylon *Babylonia areolata* Link 1807 cultured to marker size in intensive flowthrough and semi-closed recirculating water systems. Journal of Aquacultre Research. 31. 415-419.

Chaitanawisuti, N., Kritsanapuntu, S., Natsukari, Y., and Kathinmai, S. 2001. Effects of feeding rates on the growth, survival and feed utilization of hatchery-reared juveniles of the gastropod mollusk Spottes Babylon *Babylonia areolata* Link 1807 in flowthrough culture systems. Journal of Aquacultre Research. 32. 689-692.

Chaitanawisuti, N., Kritsanapuntu, S., and Natsukari, Y. 2002. Economic analysis of a pilot Commercial production for spotted babylon, *Babylonia areolata*, of makerable sizes using a flow-through culture system in Thailand. Journal of Aquacultre Research. 33. 1265-1272.

Choi. MD. DrPH. Hyon K., Xiang Gao. MD. PhD., Gary Curhan. MD. ScD. 2009. Vitamin C Intake and the Risk of Gout in Men. Archives of Internal Medicine. Vol. 169 No. 5: 502–507.

Durve, V.S., and Lovell R.T. 1982. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Can. J. Fish Aquat. Sci. 39 : 948-951.

Gouillou-Coustans, M.F., Bergot, P., and Kaushik, S.J. 1998. Dietary ascorbic acid needs of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. Aquaculture. 161: 453-461.

Haiqi, H., and Addison, L.L. 1993. Vitamin C requirements of the shrimp *Penaeus vannamei*. Aquaculture. 114, 305-316.

Halver, J.E., Ashley L.M., and Smith R.R. 1969. Ascorbic acid requirement of coho salmon and rainbow trout. Trans. Am. Fish. Society. 98 : 762-767.

Halver, J.E. (ed.). 1972. Fish nutrition. Academic Press, Inc., New York. 713 p.

Hilton, J.W., Cho C.Y., and Slinger, S.T. 1978. Effect of graded levels of supplemental ascorbic acid in practical diets fed to rainbow trout (*Salmo gairderi*). J. Fish. Res. Board Can. 35 : 431-436.

Ikeda, S. 1989. Vitamin C and Biosynthesis of Collagen. Takeda Chemical Industries Ltd., Tokyo, Japan. 5 p.

Kangsen, M. 1998. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino.: VII. Effects of dietary vitamin C on survival, growth and tissue concentration of ascorbic acid. Aquaculture. 161, 383-392.

Ke, C.H., Xu, Y.B., and Wang, D.X. 2007. Protein and Lipid Requirement IN Ivory Shell *Babylonia areolata*. Meeting Abstract of Aquaculture Society. China.

Kok-Leong, W. 1995. Issues on vitamin C utilization in aquaculture feeds. ASA Technical Bulletin. AQ 44 : 1-13.

Li, Y., and Lovell, R.T. 1985. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in channel catfish. J. Nutrition. 115 : 123-131.

Li, Meng H., Wise, D. J., and Robinson, E.H. 1998. Effect of dietary vitamin C on weight gain, tissue ascorbic concentration, stress response and disease resistance of channel catfish *Ictalurus punctatus*. J. World Aqua. Soc. 29(1): 1-8.

Lim, C. 1989. Practical feeding : Tilapias, pp. 163-183. *In* T. Lovell. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York.

Lovell.R.T., and Lim, C. 1978. Phathology of vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutrition. 108 (7) : 1137-1146.

Magarelli, P.C., Hunter, B., Lightner, D.V., and Colvin, L.B. 1979. Black death: An ascorbic acid deficiency disease in penaeid shrimp. Comp. Biochem. Physiol. 63(A): 103-108.

Merchie, G., Lavens, P., and Sorgeloos, P. 1997. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae: a review. Aquaculture. 155, 165-181.

Michael B. Davies, J.A., and David, A. Partridge. 1991. Vitamin C : Its Chemistry and Biochemisrty. Royal Society of Chemistry Paperbacks.

Montin, D., Marrero, M., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Vergara, J.M., and Tort, L. 1999. Effect of vitamin C and E dietary supplementation on some immuneparameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. Aquaculture. 171, 269-278.

Moser,U., and Bendich, A. 1991. Vitamin C, In J.M. Lawrence (ed.). Handbook of Vitamins. 2nd ed., Marcel Dekker, New York.

Mustin, G.W., and Lovell, R.T. 1992. Na-L-ascorbyl-2-monophosphate as a source of vitamin C for channel catfish. Aquaculture. 105, 95-100.

Qinghui, A., *et al*. 2004. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicas*. Aquaculture. 242, 489-500.

Qinghui, A., K.M., Beiping, W.X., Wenbing, H.M., and Zhiguo. 2006. Effect of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, Pseudosciaena crocea. Aquaculture. 261, 327-336.

Sam, J.B., and Muki, S.2001. Comparative performances of juvenile *Haliotis roei* fed on enriched *Ulva rigida* and various artificial diets. Journal of Shellfish Research. volume 20, Number 2, pp.653-657.

Steffens, W. 1989. Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood, Chichester. 384 p.

Tacon, A.G.J. 1991. Vitamin nutrition in shrimp and fish. The Aquaculture Feed Processing and nutrition Work-shop, Thailand, September 19-22 1991. 235 p.

Teshima, S.I., Kanazawa, A., Koshio, S., and Itoh, S. 1991. L-ascorbyl-2-phosphate-Mg as vitamin C source for the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*), pp. 157-166. *In* Fish Nutrition in Practice, Biarritz, June 24-27, France.

WaagbØ, R., Glette, J., Raa-Nilsen, E. and Sadnes, K. 1993. Dietary vitamin C, immunity and disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo solar*). Fish Physiology and Biochemistry. 12, 61-73.

Xiaojie, W., Kang-Woong, K., Sungchul C., B., Min-DO, H. and Byong-Youl, C. 2003. Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Aquaculture. 215, 203-211.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

1. การวิเคราะห์โปรตีน (crude protein)

การวิเคราะห์โปรตีนมี 3 ขั้นตอน

1. การย่อยตัวอย่างอาหารให้อยู่ในรูปสารละลาย
2. การหาปริมาณโปรตีนโดยการกลั่นสารละลายที่ได้จากการย่อยตัวอย่างอาหาร
3. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

การเตรียมสารเคมี

1. Protein catalyst เตรียมจาก $CuSO_4$ 7 กรัม ผสมกับ K_2SO_4 100 กรัม
2. 4% boric acid เตรียมจาก boric acid 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร
3. Tasshiro indicator เตรียมจาก methyl red : methylyne blue สัดส่วน 3 : 2 โดยละลาย methyl red 1 กรัม ใน NaOH เข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 37 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ให้มีปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร ผสมกับสารละลาย methylyne blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร
4. 0.5 N H_2SO_4 เตรียมจากสูตร

$$V = \frac{(100 \times M \times N)}{a \times p \times d}$$

เมื่อ

V = ปริมาตรของสารที่ใช้เตรียมสารละลาย 1 ลิตร

M = น้ำหนักโมเลกุลของสาร

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอล

a = จำนวนโปรตรอนของกรดที่ทำปฏิกิริยาได้

p = เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์

d = ความหนาแน่นของสาร

5. เตรียม 0.5 N Na_2CO_3 โดยชั่ง Na_2CO_3 26.5 กรัม นำไปอบที่ 100 ºC นาน 2 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การย่อยตัวอย่างอาหาร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแห้งประมาณ 2 กรัม ใส่ใน digestion tube
2. เติม catalyst 10.01 กรัม ลงไปแล้วเติม H_2SO_4 เข้มข้น 25 มิลลิลิตร
3. นำ digestion tube ใส่ใน rack แล้วนำ rack ใส่ใน Kjeldatherm digestion block พร้อมทั้งประกอบท่อดูดควันระบบสุญญากาศทิ้งให้เกิดการย่อยจนได้สารประกอบสีดำ ประมาณ 20 นาที
4. เริ่มตั้งอุณหภูมิเครื่อง Kjeldatherm digestion block ไว้ที่ประมาณ 100 ºC แล้วเพิ่มอุณหภูมิ 20 ºC ทุกๆ 15-20 นาที จนอุณหภูมิถึง 380 ºC
5. ปล่อยให้เกิดการย่อยสมบูรณ์ (สังเกตจากสีของสารละลายใน digestion tube จะขึ้นกับชนิดของ catalyst ซึ่งในการย่อยนี้จะได้สีฟ้า)
6. ปล่อยทิ้งไว้ให้สารละลายมีอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง
7. เติมน้ำกลั่นลงใน digestion tube ให้น้ำใน tube มีปริมาณมากพอที่จะไปกลั่นได้ ประมาณ 100-150 มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกลั่นสารละลายเพื่อนำไปหาโปรตีน

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องมือ vapodest เพื่อปล่อยน้ำเข้าสู่ boiler จนได้ระดับน้ำประมาณ 6/10 ของ boiler โยกคันโยกมาที่ตำแหน่ง stand by น้ำใน boiler จะเริ่มเดือด ไม่ควรเติมน้ำมากเกินไปเพราะเวลาน้ำเดือดจะล้นเข้ามาใน digestion tube
2. เติม 4% boric acid 100 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด tashiro indicator ลงไป 5-6 หยด จะได้สารละลายสีม่วง
3. วาง flask ที่มี boric acid ไว้ตำแหน่งที่มี drainage tube โดยปล่อยให้ปลาย drainage tube จุ่มอยู่ในสารละลายตลอดเวลา
4. นำ digestive tube ที่มีตัวอย่างที่ dilute แล้ว ไปวางบน clamp โดยให้ส่วนปลายของ tube แนบสนิทกับ cone-shape rubber stopper
5. เมื่อน้ำเริ่มเดือดเป็นไอให้กดปุ่ม add NaOH เพื่อให้ 50%NaOH solution ไหลเข้าสู่ digestive tube สารละลายใน digestive tube จะเกิดฟองก๊าซเกิดขึ้น กดปุ่ม add NaOH ไปจนกว่าจะไม่เกิดฟอง (ซึ่งสารละลายใน digestive tube จะมีตะกอนขุ่น) เติม NaOH ให้มากเกินพออีกประมาณ 10 มิลลิลิตร ถ้าในตัวอย่างอาหารมีสารประกอบไนโตรเจนมาก สีของสารละลาย boric acid + tashiro indicator จะเริ่มเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว ในขั้นตอนนี้จะต้องปล่อยน้ำเข้า condenser ตลอดเวลา เพื่อให้ก๊าซ NH^3 ควบแน่นไหลเข้าสู่ flask ที่บรรจุ boric acid
6. โยกคันโยกมาที่ตำแหน่ง distillation เพื่อให้ไอน้ำเข้าไปใน digestion tube และปล่อยให้เกิดการกลั่นจนได้สารละลายใน flask ที่มี boric acid จนได้ปริมาตรเป็น 300 มิลลิลิตร จากนั้นจึงโยกคันโยกมาที่ตำแหน่ง stand by จึงถอด digestion tube ออก
7. นำ flask ที่มี boric acid และ tashiro indicator ไปไตเตรทกับสารละลาย standard H_2SO_4 ความเข้มข้นประมาณ 0.5 N จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายใน flask จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรด H_2SO_4

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลาย 0.5 N H_2SO_4 N Na_2CO_3
2. ปิเปต 0.5 N Na2CO3 25 มิลลิลิตร ใส่ใน flask หยด methyl orange 2-3 หยด ไตเตรทกับ 0.5 N H2SO4 จนถึงจุดยุติ จะได้สีชมพูเหลือง

คำนวณหาความเข้มข้นของ H_2SO_4 จาก

$$N_{acid} = (N_{base} \times V_{base})/V_{acid}$$

โดย

N_{acid} = ความเข้มข้นของสารละลาย H_2SO_4 เป็นนอร์มอล

N_{base} = ความเข้มข้นของสารละลาย Na_2CO_3 เป็นนอร์มอล

V_{base} = ปริมาตรของสารละลาย Na_2CO_3 เป็นมิลลิลิตร

V_{acid} = ปริมาตรของสารละลาย H_2SO_4 เป็นมิลลิลิตร

การคำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{โปรตีน} = \frac{1400 \times V_s \times N_s \times N_p}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)} \times 1000}$$

โดย

V_s = ปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ในการไตเตรทเป็นมิลลิลิตร

N_s = ความเข้มข้นของสารละลาย H_2SO_4 ใช้ในการไตเตรทเป็นนอร์มอล

N_p = conversion factor (มีค่า 6.25)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ความชื้นของตัวอย่างอาหารสัตว์จะถูกดึงไปโดยการระเหยด้วยความร้อนจนกระทั่งได้น้ำหนักของอาหารที่เหลืออยู่คงที่ ซึ่งน้ำหนักที่สูญหายไปของอาหารก็คือความชื้นของอาหาร

วิธีการทดลอง

1. อบถ้วยอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 105 ºC เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator) แล้วชั่งน้ำหนักละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างอาหารแห้ง (รู้น้ำหนักละเอียด) ประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม
3. เผาใน muffer fumace ที่ 105 ºC เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
4. ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator)
5. ชั่งน้ำหนักละเอียด
6. คำนวณความชื้น (ร้อยละ) จากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{(น้ำหนักอาหารก่อนอบ – น้ำหนักอาหารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักอาหารก่อนอบ}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

เมื่อนำตัวอย่างอาหารสัตว์ไปเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 600 ºC สารอินทรีย์ทั้งหมดจะถูกเผาไหม้ ส่วนที่เหลืออยู่ คืออนินทรีย์สาร โดยอนินทรีย์สารทั้งหมดที่ไม่ได้ระเหยไปในอุณ หภูมิดังกล่าว เรียกว่า เถ้า (ash) ซึ่งเถ้าคือแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหาร

วิธีทดลอง

1. อบ crucible ที่ 105 ºC เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator) แล้วชั่งน้ำหนักละเอียด
2. ชั่งน้ำหนักแห้ง (รู้น้ำหนักละเอียด) ประมาณ 2 กรัม ใส่ใน crucible
3. วาง crucible บน hotplate ปล่อยให้เกิดการ ignite ในตู้ดูดควันจนหมดควัน
4. ย้าย crucible ไปเผาใน muffer fumace ที่ 600 ºC เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
5. ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator) แล้วชั่งน้ำหนักละเอียด
6. คำนวณร้อยละปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{เถ้า} = \frac{\text{ปริมาณเถ้าที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

อีเทอร์จะถูกระเหยเป็นไอติดต่อกันหลังจากนั้นไอของอีเทอร์กระทบความเย็นจากเครื่องควบแน่นแล้วกลั่นตัวกลับเป็นของเหลว และไหลผ่านตัวอย่างอาหารสัตว์ พร้อมทั้งสกัดสารที่สามารถละลายได้ในอีเทอร์ออกมาด้วยจนกระทั่งกระบวนการเสร็จสิ้นอีเทอร์จะถูกระเหยหรือทำให้แห้งไปจนหมด สิ่งที่เหลืออยู่คือไขมัน (crude fat) หรือที่เรียกว่า ether extract

วิธีทดลอง

1. อบขวดสกัดไขมัน ของเครื่องที่ 130 ºC ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator) แล้วชั่งน้ำหนักละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างแห้ง(รู้น้ำหนักละเอียด) ประมาณ 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองwhatman เบอร์ 1
3. ใส่ตัวอย่างที่ห่อด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ใน trimble หลังจากนั้นใส่ trimble ลงในขวดสกัดไขมันของเครื่อง
4. เติม petroleum ether 90 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัดไขมัน (ระวังอย่าให้ trimble แช่อยู่ใน petroleum ether)
5. นำขวดสกัดไขมันไปประกอบกับเครื่อง soxtherm เปิดสวิตซ์ oil bath แล้วตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 ºC แล้วเปิดสวิตช์ที่ pressure control pump เปิด cooler ให้น้ำเย็นไหลเข้าสู่ condemser ของเครื่อง soxtherm
6. เลื่อนคันโยกที่เครื่อง soxtherm มายังตำแหน่งที่จะทำให้เกิดการ reflux กลับของ pertroleum ether ปล่อยให้เกิดการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง
7. เลื่อนคันโยกที่เครื่อง soxtherm มายังตำแหน่งที่ทำให้เกิดการกลั่นเก็บของ pertroleum ether รอจน petroleum ether แห้งเกือบหมด
8. นำขวดสกัดไขมันไปอบที่ 100 ºC เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator)
9. นำขวดสกัดไขมันไปชั่งน้ำหนักละเอียด
10. คำนวณร้อยละของไขมันจากสูตร

$$\text{ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย (fiber)

นำอาหารที่สกัดไขมันออกแล้วไปย่อยด้วยสารละลายกรดเจือจาง หลังจากนั้นอาหารจะถูกย่อยต่อไปด้วยสารละลายด่างเจือจาง สารที่เหลืออยู่ถูกกรองเก็บไว้ในกระดาษกรองใน crucible แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 °C ซึ่งน้ำหนักที่สูญหายไปในการเผาคือเยื่อใยทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารนั่นเอง

วิธีการทดลอง

1. อบกระดาษกรองเบอร์ 41 และ crucible ที่ 105 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desicator) จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักละเอียด
2. นำตัวอย่างที่สกัดไขมันออกไปแล้ว (ทราบน้ำหนักละเอียดเริ่มต้นของตัวอย่างก่อนสกัดไขมัน) ใส่ลงใน beaker ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น 0.225 N ลงไป 200 มิลลิลิตร ต่อ condenser เข้ากับ beaker เพื่อรักษาระดับของกรดให้คงที่เปิด heater ให้ความร้อนกับกรดจนเดือด ทำการย่อยต่อเป็นเวลา 30 นาที
3. กรองสารละลายที่ได้จากข้อ 2 ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 จนหมด (ไม่ควรให้มีตะกอนเหลือค้างอยู่ใน beaker) ล้างตะกอนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นจนหมดความเป็นกรด
4. นำส่วนที่เหลือบนกระดาษกรองใส่ใน beaker ในข้อ 2 จนหมด เติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.131N ลงไป 200 มิลลิลิตร ใช้สารละลายนี้ล้างสารตัวอย่างบนกระดาษกรองให้หมด แล้วจึงต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที
5. กรองเอาสารละลายจากข้อ 4 ด้วยกระดาษกรองแผ่นเดิมแล้วล้างด้วยตัวอย่างจนหมดความเป็นด่างด้วยน้ำกลั่น ล้างตะกอนด้วย 95% ethyl alcohol ประมาณ 30 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่เหลือ บนกระดาษกรองไปอบให้แห้งที่ 100 °C
6. นำตะกอนพร้อมกระดาษกรองไปเผาเพื่อหาเถ้าโดยใส่ไว้ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักละเอียดแล้วทิ้งให้เย็นใน desicator แล้วนำไปชั่งน้ำหนักละเอียด
7. คำนวณร้อยละของเยื่อใยจากสูตร

$$\text{เยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{[(\text{น้ำหนักตะกอน + กระดาษกรอง}) - \text{น้ำหนักกระดาษกรอง ปริมาณเถ้า}]}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

6. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี (High Performance Liquid Chromatography)

หลักการ คือ สกัดวิตามินซีออกมาจากอาหารด้วย 3% m-phosphoric acid จากนั้นตรวจวัดปริมาณด้วยวิธี HPLC โดย reverse phase C_{18} column

การเตรียมสารเคมี

1. Standard L-ascorbic acid;

   1.1 สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน 1, 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร: ละลายวิตามินซี 100 มิลลิกรัม ใน 3% m-phosphoric acid ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรใน volumetric flask. (เตรียมสารละลายใหม่ทุกวัน)

   1.2 สารละลายมาตรฐานสำหรับ HPLC 2.5, 5, 10, 20 และ 30 ไมโครลิตร: เจือจางสารละลายข้อ 1.1 ปริมาตร 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรใน volumetric flask ด้วย 3% m- phosphoric acid ผสมให้เข้ากัน (เตรียมสารละลายใหม่ทุกวัน)
2. สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริค 3% w/v ละลายกรดเมตาฟอสฟอริค 30 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลตร เก็บได้ 4-7 วัน ในตู้เย็น
3. กรดออร์โธฟอสฟอริค 0.35% v/v
4. Mobile phase สารละลาย potassium dihydrogen phosphate 3 mM ในกรดออร์โธฟอสฟอริค 0.35% v/v ละลาย KH_2PO_4 0.408 กรัม ในกรดออร์โธฟอสฟอริค 0.35% v/v 1 ลิตร
5. เอนไซม์ Acid phosphatase ใช้ตับปลานิลตัวเต็มวัยโดยใช้ตับ 2-3 กรัมต่อสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท 0.1 โมลต่อลิตรที่เย็น pH 4.8 (ปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากัน นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 4000 รอบ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปเขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 4 ºC เป็นเวลา 1 คืน ตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตโดยการเติมโซลิดแอมโมเนียมซัลเฟตในปริมาณที่เหมาะสม เขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 4-6 ºC 30 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 4000 รอบ เป็นเวลา 10 นาที

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. Liquid chromatograph ความดัน 1000 psi , injection 20-50 µl, flow rate 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที
3. UV detector 248 นาโนเมตร

4. Column, 5 μm Lichrocard Lichrospher 100 RP C_{18}, 125×4 mm (Merck)
5. Ultrasonic bath
6. ขวดปรับปริมาตร
7. กระดาษกรอง วัตต์แมนเบอร์ 4
8. Membrane filter 0.45 μm

การเตรียมตัวอย่าง เนื่องจากตัวอย่างเป็นของแข็งจึงต้องทำการบดให้ละเอียด

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1.1 ฉีดสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 20 μl ระยะเวลาในการแยกสาร 5 นาที วัดพื้นที่ใต้กราฟ หรือความสูงของกราฟ

1.2 ทำกราฟมาตรฐานโดยเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกับวัดพื้นที่ใต้กราฟ หรือความสูงของกราฟ

2. การวัดตัวอย่าง

2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ละลายในสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริค 3% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2.2 เขย่าให้เข้ากันประมาณ 2 นาที และใส่ใน ultrasonic bath 5 นาที

2.3 กรองด้วยกระดาษกรอง

2.4 เติมเอนไซม์ Acid phosphatase 10 มิลลิลิตร เขย่าที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง

2.5 กรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นกรองด้วย membrane filter

2.6 ฉีดสารละลายตัวอย่าง 20 μl วัดพื้นที่ใต้กราฟ หรือความสูงของกราฟ

2.7 อ่านความเข้มข้นของวิตามินซีในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

การคำนวณ

$$\text{วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)} = \frac{C \times V}{10 \times W}$$

เมื่อ

C = ความเข้มข้นของวิตามินซีในตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

W= น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ภาคผนวก ข

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงหอยหวาน

ตารางที่ 11 Descriptive คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหอยหวานในแต่ละสูตร

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Protein	1 (APP_0)	3	37.3133	0.24705	0.14263	36.6996	37.9270	37.05	37.54
	2 (APP_{50})	3	37.2767	0.21008	0.12129	36.7548	37.7985	37.07	37.49
	3 (APP_{100})	3	37.2767	0.15503	0.08950	36.8916	37.6618	37.12	37.43
	4 (APP_{500})	3	37.3133	0.14012	0.08090	36.9653	37.6614	37.17	37.45
	5 (APP_{1000})	3	37.3867	0.13013	0.07513	37.0634	37.7099	37.26	37.52
	6 (APP_{2000})	3	37.3667	0.24090	0.13908	36.7682	37.9651	37.09	37.53
	Total	18	37.3222	0.16784	0.03956	37.2388	37.4057	37.05	37.54
Lipid	1 (APP_0)	3	10.0467	0.11676	0.06741	9.7566	10.3367	9.92	10.15
	2 (APP_{50})	3	10.0233	0.12220	0.07055	9.7198	10.3269	9.89	10.13
	3 (APP_{100})	3	10.1933	0.15631	0.09025	9.8050	10.5816	10.05	10.36
	4 (APP_{500})	3	10.1833	0.15011	0.08667	9.8104	10.5562	10.03	10.33
	5 (APP_{1000})	3	10.2800	0.16703	0.09644	9.8651	10.6949	10.10	10.43
	6 (APP_{2000})	3	10.2200	0.14177	0.08185	9.8678	10.5722	10.06	10.33
	Total	18	10.1578	0.15349	0.03618	10.0814	10.2341	9.89	10.43

ตารางที่ 11 (ต่อ) Descriptive คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหอยหวานในแต่ละสูตร

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Ash	1 (APP_0)	3	14.3867	0.16503	0.09528	13.9767	14.7966	14.25	14.57
	2 (APP_{50})	3	14.2767	0.19502	0.11260	13.7922	14.7611	14.08	14.47
	3 (APP_{100})	3	14.3900	0.28160	0.16258	13.6905	15.0895	14.15	14.70
	4 (APP_{500})	3	14.2533	0.20744	0.11977	13.7380	14.7687	14.03	14.44
	5 (APP_{1000})	3	14.2933	0.21221	0.12252	13.7662	14.8205	14.12	14.53
	6 (APP_{2000})	3	14.4267	0.22811	0.13170	13.8600	14.9933	14.18	14.63
	Total	18	14.3378	0.19507	0.04598	14.2408	14.4348	14.03	14.70
Fiber	1 (APP_0)	3	4.2067	0.12342	0.07126	3.9001	4.5133	4.07	4.31
	2 (APP_{50})	3	4.1700	0.15000	0.08660	3.7974	4.5426	4.02	4.32
	3 (APP_{100})	3	4.2433	0.12014	0.06936	3.9449	4.5418	4.12	4.36
	4 (APP_{500})	3	4.3167	0.15503	0.08950	3.9316	4.7018	4.14	4.43
	5 (APP_{1000})	3	4.3333	0.14503	0.08373	3.9731	4.6936	4.19	4.48
	6 (APP_{2000})	3	4.2300	0.13000	0.07506	3.9071	4.5529	4.10	4.36
	Total	18	4.2500	0.13029	0.03071	4.1852	4.3148	4.02	4.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 (ต่อ) Descriptive คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหอยหวานในแต่ละสูตร

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Moisture	1 (APP_0)	3	8.1233	0.08083	0.04667	7.9225	8.3241	8.05	8.21
	2 (APP_{50})	3	8.2300	0.14422	0.08327	7.8717	8.5883	8.07	8.35
	3 (APP_{100})	3	8.2667	0.13503	0.07796	7.9312	8.6021	8.13	8.40
	4 (APP_{500})	3	8.3133	0.13204	0.07623	7.9853	8.6413	8.17	8.43
	5 (APP_{1000})	3	8.2467	0.11590	0.06692	7.9587	8.5346	8.14	8.37
	6 (APP_{2000})	3	8.2133	0.15695	0.09062	7.8234	8.6032	8.09	8.39
	Total	18	8.2322	0.12431	0.02930	8.1704	8.2940	8.05	8.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ตาราง ANOVA ของคุณค่าทางโภชนาการของอาหารหอยหวานในแต่ละสูตร

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Protein	Between Groups	0.031	5	0.006	0.168	0.970
	Within Groups	0.448	12	0.037		
	Total	0.479	17			
Lipid	Between Groups	0.153	5	0.031	1.491	0.264
	Within Groups	0.247	12	0.021		
	Total	0.401	17			
Ash	Between Groups	0.078	5	0.016	0.327	0.887
	Within Groups	0.569	12	0.047		
	Total	0.647	17			
Fiber	Between Groups	0.060	5	0.012	0.634	0.678
	Within Groups	0.228	12	0.019		
	Total	0.289	17			
Moisture	Between Groups	0.061	5	0.012	0.719	0.621
	Within Groups	0.202	12	0.017		
	Total	0.263	17			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของโปรตีน

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
3 (APP_{100})	3	37.2767
2 (APP_{50})	3	37.2767
1 (APP_{0})	3	37.3133
4 (APP_{500})	3	37.3133
6 (APP_{2000})	3	37.3667
5 (APP_{1000})	3	37.3867
Sig.		0.537

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 14 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของไขมัน

Diet fprmula	N	Subset for alpha = .05
		1
2 (APP_{50})	3	10.0233
1 (APP_{0})	3	10.0467
4 (APP_{500})	3	10.1833
3 (APP_{100})	3	10.1933
6 (APP_{2000})	3	10.2200
5 (APP_{1000})	3	10.2800
Sig.		0.071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของเถ้า

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
4 (APP_{500})	3	14.2533
2 (APP_{50})	3	14.2767
5 (APP_{1000})	3	14.2933
1 (APP_{0})	3	14.3867
3 (APP_{100})	3	14.3900
6 (APP_{2000})	3	14.4267
Sig.		0.393

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 16 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของเยื่อใย

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
2 (APP_{50})	3	4.1700
1 (APP_{0})	3	4.2067
6 (APP_{2000})	3	4.2300
3 (APP_{100})	3	4.2433
4 (APP_{500})	3	4.3167
5 (APP_{1000})	3	4.3333
Sig.		0.213

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของความชื้น

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	8.1233
6 (APP_{2000})	3	8.2133
2 (APP_{50})	3	8.2300
5 (APP_{1000})	3	8.2467
3 (APP_{100})	3	8.2667
4 (APP_{500})	3	8.3133
Sig.		0.131

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลของการเสริมวิตามินซีในอาหารผสมต่อการเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตาย

ตารางที่ 18 ความยาวเปลือกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Month					
	0	1	2	3	4	5
1 (APP_0)	1.13 ± 0.11	1.48 ± 0.14	1.82 ± 0.18	2.07 ± 0.23	2.34 ± 0.23	2.46 ± 0.28
2 (APP_{50})	1.13 ± 0.11	1.50 ± 0.11	1.89 ± 0.16	2.08 ± 0.25	2.34 ± 0.22	2.50 ± 0.22
3 (APP_{100})	1.13 ± 0.11	1.52 ± 0.12	1.86 ± 0.15	2.09 ± 0.18	2.34 ± 0.24	2.53 ± 0.25
4 (APP_{500})	1.13 ± 0.11	1.49 ± 0.18	1.86 ± 0.21	2.07 ± 0.27	2.37 ± 0.30	2.54 ± 0.30
5 (APP_{1000})	1.13 ± 0.11	1.50 ± 0.14	1.82 ± 0.19	2.06 ± 0.19	2.34 ± 0.28	2.51 ± 0.25
6 (APP_{2000})	1.13 ± 0.11	1.54 ± 0.14	1.88 ± 0.21	2.12 ± 0.25	2.38 ± 0.32	2.57 ± 0.29

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD. จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 19 ร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานเมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 ในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Month				
	1	2	3	4	5
1 (APP_0)	31.56 ± 2.23	61.65 ± 1.02	83.19 ± 1.77	107.67 ± 5.18	117.99 ± 2.85
2 (APP_{50})	33.33 ± 1.84	63.72 ± 2.66	84.66 ± 1.84	107.37 ± 1.84	121.83 ± 5.33
3 (AAP_{100})	34.51 ± 3.54	64.90 ± 2.84	84.96 ± 1.34	107.37 ± 2.56	124.19 ± 7.63
4 (APP_{500})	32.74 ± 3.19	64.90 ± 4.45	83.78 ± 5.90	110.03 ± 4.88	125.66 ± 4.68
5 (APP_{1000})	32.74 ± 5.38	61.36 ± 5.19	82.89 ± 3.35	107.37 ± 4.09	122.71 ± 4.88
6 (APP_{2000})	36.87 ± 0.51	66.96 ± 2.23	88.20 ± 3.35	110.62 ± 2.34	127.73 ± 4.09

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD. จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 20 Descriptive การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Average shell length	1 (APP_0)	3	2.4633	0.03215	0.01856	2.3835	2.5432	2.44	2.50
	2 (APP_{50})	3	2.5067	0.06028	0.03480	2.3569	2.6564	2.45	2.57
	3 (APP_{100})	3	2.5333	0.08622	0.04978	2.3192	2.7475	2.44	2.61
	4 (APP_{500})	3	2.5500	0.05292	0.03055	2.4186	2.6814	2.49	2.59
	5 (APP_{1000})	3	2.5167	0.05508	0.03180	2.3799	2.6535	2.48	2.58
	6 (APP_{2000})	3	2.5733	0.04619	0.02667	2.4586	2.6881	2.52	2.60
	Total	18	2.5239	0.06031	0.01421	2.4939	2.5539	2.44	2.61
Shell length increment	1 (APP_0)	3	1.3333	0.03215	0.01856	1.2535	1.4132	1.31	1.37
	2 (APP_{50})	3	1.3767	0.06028	0.03480	1.2269	1.5264	1.32	1.44
	3 (APP_{100})	3	1.4033	0.08622	0.04978	1.1892	1.6175	1.31	1.48
	4 (APP_{500})	3	1.4200	0.05292	0.03055	1.2886	1.5514	1.36	1.46
	5 (APP_{1000})	3	1.3867	0.05508	0.03180	1.2499	1.5235	1.35	1.45
	6 (APP_{2000})	3	1.4433	0.04619	0.02667	1.3286	1.5581	1.39	1.47
	Total	18	1.3939	0.06031	0.01421	1.3639	1.4239	1.31	1.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 (ต่อ) Descriptive การเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Growth in shell length	1 (APP_0)	3	0.2633	0.00577	0.00333	0.2490	0.2777	0.26	0.27
	2 (APP_{50})	3	0.2733	0.01528	0.00882	0.2354	0.3113	0.26	0.29
	3 (APP_{100})	3	0.2800	0.02000	0.01155	0.2303	0.3297	0.26	0.30
	4 (APP_{500})	3	0.2833	0.01155	0.00667	0.2546	0.3120	0.27	0.29
	5 (APP_{1000})	3	0.2767	0.01155	0.00667	0.2480	0.3054	0.27	0.29
	6 (APP_{2000})	3	0.2867	0.00577	0.00333	0.2723	0.3010	0.28	0.29
	Total	18	0.2772	0.01320	0.00311	0.2707	0.2838	0.26	0.30
Percent shell length increase	1 (APP_0)	3	117.9933	2.84592	1.64309	110.9237	125.0630	115.93	121.24
	2 (APP_{50})	3	121.8267	5.33425	3.07973	108.5757	135.0777	116.81	127.43
	3 (APP_{100})	3	124.1867	7.62748	4.40373	105.2390	143.1344	115.93	130.97
	4 (APP_{500})	3	125.6600	4.68298	2.70372	114.0268	137.2932	120.35	129.20
	5 (APP_{1000})	3	122.7133	4.87541	2.81482	110.6021	134.8245	119.47	128.32
	6 (APP_{2000})	3	127.7300	4.08764	2.36000	117.5757	137.8843	123.01	130.09
	Total	18	123.3517	5.33690	1.25792	120.6977	126.0056	115.93	130.97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ตาราง ANOVA ของการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Average shell length	Between Groups	0.022	5	0.004	1.297	0.328
	Within Groups	0.040	12	0.003		
	Total	0.062	17			
Shell length increment	Between Groups	0.022	5	0.004	1.297	0.328
	Within Groups	0.040	12	0.003		
	Total	0.062	17			
Growth in shell length	Between Groups	0.001	5	0.000	1.276	0.336
	Within Groups	0.002	12	0.000		
	Total	0.003	17			
Percent shell length increase	Between Groups	169.921	5	33.984	1.298	0.328
	Within Groups	314.281	12	26.190		
	Total	484.202	17			

ตารางที่ 22 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของความยาวเปลือกเฉลี่ย

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	2.4633
2 (APP_{50})	3	2.5067
5 (APP_{1000})	3	2.5167
3 (APP_{100})	3	2.5333
4 (APP_{500})	3	2.5500
6 (APP_{2000})	3	2.5733
Sig.		0.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 23 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของค่าการเพิ่มขึ้นโดยความยาวเปลือก

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	1.3333
2 (APP_{50})	3	1.3767
5 (APP_{1000})	3	1.3867
3 (APP_{100})	3	1.4033
4 (APP_{500})	3	1.4200
6 (APP_{2000})	3	1.4433
Sig.		0.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 24 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	0.2633
2 (APP_{50})	3	0.2733
5 (APP_{1000})	3	0.2767
3 (APP_{100})	3	0.2800
4 (APP_{500})	3	0.2833
6 (APP_{2000})	3	0.2867
Sig.		0.065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 25 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของร้อยละของความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	117.9933
2 (APP_{50})	3	121.8267
5 (APP_{1000})	3	122.7133
3 (APP_{100})	3	124.1867
4 (APP_{500})	3	125.6600
6 (APP_{2000})	3	127.7300
Sig.		0.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 26 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Month					
	0	1	2	3	4	5
1 (APP_0)	0.29 ± 0.097	0.59 ± 0.17	1.20 ± 0.35	1.83 ± 0.50	2.72 ± 0.78	3.28 ± 0.97
2 (APP_{50})	0.29 ± 0.097	0.60 ± 0.14	1.23 ± 0.26	1.77 ± 0.47	2.66 ± 0.64	3.36 ± 0.77
3 (AAP_{100})	0.29 ± 0.097	0.63 ± 0.17	1.25 ± 0.30	1.85 ± 0.45	2.67 ± 0.74	3.44 ± 0.89
4 (APP_{500})	0.29 ± 0.097	0.63 ± 0.18	1.25 ± 0.39	1.85 ± 0.55	2.73 ± 0.90	3.53 ± 1.05
5 (APP_{1000})	0.29 ± 0.097	0.63 ± 0.17	1.22 ± 0.31	1.81 ± 0.46	2.60 ± 0.69	3.40 ± 0.86
6 (APP_{2000})	0.29 ± 0.097	0.66 ± 0.19	1.28 ± 0.37	1.89 ± 0.59	2.81 ± 0.97	3.52 ± 1.00

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD. จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 27 ร้อยละของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานเมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 ในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	Month				
	1	2	3	4	5
1 (APP_0)	104.60 ± 17.35	313.79 ± 9.12	529.89 ± 25.88	840.23 ± 65.09	1032.18 ± 62.20
2 (APP_{50})	109.20 ± 7.18	325.29 ± 14.36	512.64 ± 10.54	817.24 ± 11.95	1058.62 ± 52.07
3 (AAP_{100})	116.09 ± 20.79	331.03 ± 30.06	536.78 ± 24.95	821.84 ± 20.21	1085.06 ± 31.29
4 (APP_{500})	116.09 ± 3.98	332.19 ± 38.76	539.08 ± 58.15	841.38 ± 21.54	1103.45 ± 88.65
5 (APP_{1000})	117.24 ± 21.54	322.99 ± 19.00	522.99 ± 21.07	794.25 ± 17.01	1073.56 ± 43.66
6 (APP_{2000})	128.74 ± 1.99	341.38 ± 10.35	551.72 ± 37.30	868.97 ± 19.20	1114.94 ± 66.98

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD. จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 28 Descriptive การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Average weight increase	1 (APP_0)	3	3.2833	0.18037	0.10414	2.8353	3.7314	3.11	3.47
	2 (APP_{50})	3	3.3600	0.15100	0.08718	2.9849	3.7351	3.20	3.50
	3 (APP_{100})	3	3.4367	0.09074	0.05239	3.2113	3.6621	3.34	3.52
	4 (APP_{500})	3	3.4900	0.25710	0.14844	2.8513	4.1287	3.20	3.69
	5 (APP_{1000})	3	3.4033	0.12662	0.07311	3.0888	3.7179	3.29	3.54
	6 (APP_{2000})	3	3.5233	0.19425	0.11215	3.0408	4.0059	3.31	3.69
	Total	18	3.4161	0.16835	0.03968	3.3324	3.4998	3.11	3.69
Weight increment	1 (APP_0)	3	2.9933	0.18037	0.10414	2.5453	3.4414	2.82	3.18
	2 (APP_{50})	3	3.0700	0.15100	0.08718	2.6949	3.4451	2.91	3.21
	3 (APP_{100})	3	3.1467	0.09074	0.05239	2.9213	3.3721	3.05	3.23
	4 (APP_{500})	3	3.2000	0.25710	0.14844	2.5613	3.8387	2.91	3.40
	5 (APP_{1000})	3	3.1133	0.12662	0.07311	2.7988	3.4279	3.00	3.25
	6 (APP_{2000})	3	3.2333	0.19425	0.11215	2.7508	3.7159	3.02	3.40
	Total	18	3.1261	0.16835	0.03968	3.0424	3.2098	2.82	3.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 28 (ต่อ) Descriptive การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และร้อยละ ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน

	Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Growth in weight	1 (APP_0)	3	0.6000	0.04000	0.02309	0.5006	0.6994	0.56	0.64
	2 (APP_{50})	3	0.6133	0.03055	0.01764	0.5374	0.6892	0.58	0.64
	3 (APP_{100})	3	0.6300	0.02000	0.01155	0.5803	0.6797	0.61	0.65
	4 (APP_{500})	3	0.6400	0.05292	0.03055	0.5086	0.7714	0.58	0.68
	5 (APP_{1000})	3	0.6233	0.02517	0.01453	0.5608	0.6858	0.60	0.65
	6 (APP_{2000})	3	0.6467	0.04163	0.02404	0.5432	0.7501	0.60	0.68
	Total	18	0.6256	0.03485	0.00821	0.6082	0.6429	0.56	0.68
Percent weight gain	1 (APP_0)	3	1032.1833	62.19734	35.90965	877.6766	1186.6901	972.41	1096.55
	2 (APP_{50})	3	1058.6233	52.06869	30.06187	929.2775	1187.9691	1003.45	1106.90
	3 (APP_{100})	3	1085.0567	31.29000	18.06529	1007.3280	1162.7853	1051.72	1113.79
	4 (APP_{500})	3	1103.4467	88.65197	51.18324	883.2230	1323.6704	1003.45	1172.41
	5 (APP_{1000})	3	1073.5633	43.66420	25.20954	965.0954	1182.0312	1034.48	1120.69
	6 (APP_{2000})	3	1114.94	66.98045	38.67118	948.5513	1281.3287	1041.38	1172.41
	Total	18	1077.9689	58.05183	13.68295	1049.1004	1106.8374	972.41	1172.41

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางมที่ 29 ตาราง ANOVA ของการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย ค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวาน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Average weight increase	Between Groups	0.115	5	0.023	0.752	0.600
	Within Groups	0.367	12	0.031		
	Total	0.482	17			
Weight increment	Between Groups	0.115	5	0.023	0.752	0.600
	Within Groups	0.367	12	0.031		
	Total	0.482	17			
Growth in weight	Between Groups	0.004	5	0.001	0.658	0.662
	Within Groups	0.016	12	0.001		
	Total	0.021	17			
Percent weight gain	Between Groups	13668.580	5	2733.716	0.752	0.600
	Within Groups	43621.674	12	3635.139		
	Total	57290.254	17			

ตารางที่ 30 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของน้ำหนักเฉลี่ย

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	3.2833
2 (APP_{50})	3	3.3600
5 (APP_{1000})	3	3.4033
3 (APP_{100})	3	3.4367
4 (APP_{500})	3	3.4900
6 (APP_{2000})	3	3.5233
Sig.		0.154

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 31 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของค่าการเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนัก

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	2.9933
2 (APP_{50})	3	3.0700
5 (APP_{1000})	3	3.1133
3 (APP_{100})	3	3.1467
4 (APP_{500})	3	3.2000
6 (APP_{2000})	3	3.2333
Sig.		0.154

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 32 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	0.6000
2 (APP_{50})	3	0.6133
5 (APP_{1000})	3	0.6233
3 (APP_{100})	3	0.6300
4 (APP_{500})	3	0.6400
6 (APP_{2000})	3	0.6467
Sig.		0.184

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 33 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	1032.1833
2 (APP_{50})	3	1058.6233
5 (APP_{1000})	3	1073.5633
3 (APP_{100})	3	1085.0567
4 (APP_{500})	3	1103.4467
6 (APP_{2000})	3	1114.9400
Sig.		0.154

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 34 Descriptive ของอัตราการรอดตายของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 (APP_0)	3	84.4433	1.92835	1.11333	79.6530	89.2336	83.33	86.67
2 (APP_{50})	3	85.5567	1.92258	1.11333	80.7664	90.3470	83.33	86.67
3 (APP_{100})	3	93.3300	0.00000	0.00000	93.3300	93.3300	93.33	93.33
4 (APP_{500})	3	95.5567	1.92835	1.11333	90.7664	100.3470	93.33	96.67
5 (APP_{1000})	3	92.2200	1.92258	1.11000	87.4441	96.9959	90.00	93.33
6 (APP_{2000})	3	92.2200	1.92258	1.11000	87.4441	96.9959	90.00	93.33
Total	18	90.5544	4.46482	1.05237	88.3341	92.7747	83.33	96.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 35 ตาราง ANOVA ของอัตราการรอดตายของหอยหวาน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	301.793	5	60.359	19.525	0.001
Within Groups	37.096	12	3.091		
Total	338.889	17			

ตารางที่ 36 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการรอดตายของหอยหวาน

Diet formula	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1 (APP_0)	3	84.4433	
2 (APP_{50})	3	85.5567	
5 (APP_{1000})	3		92.2200
6 (APP_{2000})	3		92.2200
3 (APP_{100})	3		93.3300
4 (APP_{500})	3		95.5567
Sig.		0.453	0.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 37 Descriptive ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Feed intake	1 (APP_0)	3	153.7333	1.33167	0.76884	150.4253	157.0413	152.20	154.60
	2 (APP_{50})	3	154.1033	0.78360	0.45241	152.1568	156.0499	153.20	154.60
	3 (APP_{100})	3	153.7667	0.70946	0.40961	152.0043	155.5291	153.00	154.40
	4 (APP_{500})	3	152.4667	0.66583	0.38442	150.8126	154.1207	151.90	153.20
	5 (APP_{1000})	3	154.1667	1.01160	0.58405	151.6537	156.6796	153.00	154.80
	6 (APP_{2000})	3	154.0667	0.51316	0.29627	152.7919	155.3414	153.50	154.50
	Total	18	153.7172	0.95057	0.22405	153.2445	154.1899	151.90	154.80
Weight gain	1 (APP_0)	3	89.8000	5.41110	3.12410	76.3581	103.2419	84.60	95.40
	2 (APP_{50})	3	92.1000	4.52990	2.61534	80.8471	103.3529	87.30	96.30
	3 (APP_{100})	3	94.4000	2.72213	1.57162	87.6379	101.1621	91.50	96.90
	4 (APP_{500})	3	96.0000	7.71298	4.45309	76.8399	115.1601	87.30	102.00
	5 (APP_{1000})	3	93.4000	3.79868	2.19317	83.9636	102.8365	90.00	97.50
	6 (APP_{2000})	3	97.0000	5.82752	3.36452	82.5236	111.4764	90.60	102.00
	Total	18	93.7833	5.05060	1.19043	91.2717	96.2949	84.60	102.00
Feed Conversion Ratio	1 (APP_0)	3	1.7167	0.10599	0.06119	1.4534	1.9800	1.62	1.83
	2 (APP_{50})	3	1.6733	0.07506	0.04333	1.4869	1.8598	1.60	1.75
	3 (APP_{100})	3	1.6300	0.05000	0.02887	1.5058	1.7542	1.58	1.68
	4 (APP_{500})	3	1.5933	0.13796	0.07965	1.2506	1.9360	1.49	1.75
	5 (APP_{1000})	3	1.6533	0.05686	0.03281	1.5121	1.7946	1.59	1.70
	6 (APP_{2000})	3	1.5900	0.09849	0.05686	1.3453	1.8347	1.51	1.70
	Total	18	1.6428	0.09022	0.02126	1.5979	1.6876	1.49	1.83

ตารางที่ 38 ตาราง ANOVA ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Feed intake	Between Groups	6.119	5	1.224	1.589	0.236
	Within Groups	9.241	12	0.770		
	Total	15.361	17			
Weight gain	Between Groups	103.465	5	20.693	0.752	0.600
	Within Groups	330.180	12	27.515		
	Total	433.645	17			
Feed Conversion Ratio	Between Groups	0.036	5	0.007	0.834	0.550
	Within Groups	0.103	12	0.009		
	Total	0.138	17			

ตารางที่ 39 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของน้ำหนักอาหารรวมที่หอยหวานกินตลอดการทดลอง

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
4 (APP_{500})	3	152.4667
1 (APP_{0})	3	153.7333
3 (AAP_{100})	3	153.7667
6 (APP_{2000})	3	154.0667
2 (APP_{50})	3	154.1033
5 (APP_{1000})	3	154.1667
Sig.		0.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 40 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของน้ำหนักตัวของหอยหวานที่เพิ่มขึ้น

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	3	89.8000
2 (APP_{50})	3	92.1000
5 (APP_{1000})	3	93.4000
3 (AAP_{100})	3	94.4000
4 (APP_{500})	3	96.0000
6 (APP_{2000})	3	97.0000
Sig.		0.154

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 41 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
6 (APP_{2000})	3	1.5900
4 (APP_{500})	3	1.5933
3 (APP_{100})	3	1.6300
5 (APP_{1000})	3	1.6533
2 (APP_{50})	3	1.6733
1 (APP_0)	3	1.7167
Sig.		0.155

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 42 Descriptive ของผลผลิตรวมของหอยหวานในแต่ละชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน

Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 (APP_0)	3	83.8500	4.22700	2.44046	73.3496	94.3504	79.00	86.75
2 (APP_{50})	3	86.2333	4.17892	2.41270	75.8523	96.6143	83.20	91.00
3 (APP_{100})	3	96.2267	2.54066	1.46685	89.9153	102.5380	93.52	98.56
4 (APP_{500})	3	101.1767	5.42598	3.13269	87.6978	114.6555	96.28	107.01
5 (APP_{1000})	3	94.1967	5.15931	2.97873	81.3802	107.0131	88.83	99.12
6 (APP_{2000})	3	97.4233	4.11116	2.37358	87.2106	107.6360	92.68	99.96
Total	18	93.1844	7.32527	1.72659	89.5417	96.8272	79.00	107.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 43 ตาราง ANOVA ของผลผลิตรวมของหอยหวาน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	682.720	5	136.544	7.140	0.003
Within Groups	229.494	12	19.125		
Total	912.214	17			

ตารางที่ 44 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของผลผลิตรวมของหอยหวาน

Diet formula	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1 (APP_0)	3	83.8500	
2 (APP_{50})	3	86.2333	
5 (APP_{1000})	3		94.1967
3 (APP_{100})	3		96.2267
6 (APP_{2000})	3		97.3333
4 (APP_{500})	3		101.1767
Sig.		0.517	0.094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ความสามารถในการทนทานต่อความเค็มต่ำ

ตารางที่ 45 Descriptive อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 (APP_0)	2	80.0000	0.00000	0.00000	80.0000	80.0000	80.00	80.00
2 (APP_{50})	2	90.0000	14.14214	10.00000	-37.0620	217.0620	80.00	100.00
3 (AAP_{100})	2	90.0000	14.14214	10.00000	-37.0620	217.0620	80.00	100.00
4 (APP_{500})	2	90.0000	14.14214	10.00000	-37.0620	217.0620	80.00	100.00
5 (APP_{1000})	2	90.0000	14.14214	10.00000	-37.0620	217.0620	80.00	100.00
6 (APP_{2000})	2	90.0000	14.14214	10.00000	-37.0620	217.0620	80.00	100.00
Total	12	88.3333	10.29857	2.97294	81.7899	94.8767	80.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 46 ตาราง ANOVA อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	166.667	5	33.333	0.200	0.951
Within Groups	1000.000	6	166.667		
Total	1166.667	11			

ตารางที่ 47 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 1

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	2	80.0000
2 (APP_{50})	2	90.0000
3 (AAP_{100})	2	90.0000
4 (APP_{500})	2	90.0000
5 (APP_{1000})	2	90.0000
6 (APP_{2000})	2	90.0000
Sig.		0.481

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 48 Descriptive อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 5

Diet formula	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 (APP_0)	2	90.0000	14.14214	10.00000	-37.0620	217.0620	80.00	100.00
2 (APP_{50})	2	100.0000	0.00000	0.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
3 (APP_{100})	2	100.0000	0.00000	0.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
4 (APP_{500})	2	100.0000	0.00000	0.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
5 (APP_{1000})	2	100.0000	0.00000	0.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
6 (APP_{2000})	2	100.0000	0.00000	0.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	12	98.3333	5.77350	1.66667	94.6650	102.0016	80.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 49 ตาราง ANOVA อัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 5

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	166.667	5	33.333	1.000	0.489
Within Groups	200.000	6	33.333		
Total	366.667	11			

ตารางที่ 50 ตาราง Duncan's New Multiple Range Test ของอัตราการรอดของหอยหวานในการทนทานต่อความเค็มต่ำ (20 ppt) ในเดือนที่ 5

Diet formula	N	Subset for alpha = .05
		1
1 (APP_0)	2	90.0000
2 (APP_{50})	2	100.0000
3 (APP_{100})	2	100.0000
4 (APP_{500})	2	100.0000
5 (APP_{1000})	2	100.0000
6 (APP_{2000})	2	100.0000
Sig.		0.151

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธิติภพ สุขุมาลชาติ เกิดเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2527 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจาก ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อระดับ ปริญญามหาบัณฑิตที่ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 โดยในระหว่างการศึกษาได้มีการนำเสนอผลงานดังนี้

- นำเสนอผลงานทางวิชาการ (Oral presentation) เรื่อง ผลของการเสริมวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดตาย และความต้านทานต่อความเค็มต่ำของหอยหวาน *Babylonia areolata* ในการประชุมเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2 ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในวันศุกร์ที่ 26 พฤศจิกายน 2553 ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย