ผลของการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นในอาหารสูตรผสมต่อการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของหอยหวาน *Babylonia areolata*

นายพรรณเทพ เขียนดวง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

EFFECTS OF FISH MEAL REPLACEMENT WITH POULTRY MEAL IN FORMULATED FEED ON GROWTH AND NUTRITIONAL VALUES OF SPOTTED BABYLON, *Babylonia areolata*

Mr. Panthep Keanduang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science
Department of Marine Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นในอาหารสูตรผสมต่อการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของหอยหวาน *Babylonia areolata*
โดย	นายพรรณเทพ เขียนดวง
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติธรรมยง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรุษา กฤษณะพันธุ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พรรณเทพ เขียนดวง : ผลของการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นในอาหารสูตรผสมต่อการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของหอยหวาน *Babylonia areolata*. (EFFECTS OF FISH MEAL REPLACEMENT WITH POULTRY MEAL IN FORMULATED FEED ON GROWTH AND NUTRITIONAL VALUES OF SPOTTED BABYLON, *Babylonia areolata*) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 81 หน้า.

ศึกษาผลของการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยไก่ป่นในอาหารผสมต่อการเติบโต การตาย อัตราการแลกเนื้อ และคุณค่าทางโภชนาการของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น (น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.11±0.01 เซนติเมตร) ภายใต้บ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอดเป็นเวลา 165 วัน โดยอาหารทดลองมีระดับโปรตีน 40.62-43.20% และไขมัน 15.08-15.22% ซึ่งประกอบด้วยการทดแทนจากปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) โดยมีอาหารทดลองที่ใช้ปลาป่น 100% เป็นการทดลองควบคุม ผลการศึกษาพบว่า หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีนจากไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีอัตราการเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าสูงกว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไก่ป่น 100% และอาหารการทดลองควบคุมที่ใช้ปลาป่น 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอัตราการรอดตายสุดท้ายของหอยหวานในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไก่ป่น 50% มีองค์ประกอบกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวที่มีความสำคัญทางโภชนาการสูงกว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไก่ป่น 25%, 75%, 100% และอาหารควบคุมที่ใช้ปลาป่น 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารผสมที่ใช้ไก่ป่น 25%, 50% และ 75% สามารถทดแทนการใช้ปลาป่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถส่งเสริมการเติบโตและคุณค่าทางอาหารของหอยหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา	2556	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5472214623 : MAJOR MARINE SCIENCE
KEYWORDS: BABYLONIA AREOLATA / POULTRY MEAL / FISH MEAL / FORMULATED FEED / GROWTH / SURVIVAL / FEED CONVERSION RATIO / NUTRITIONAL ANALYSIS

PANTHEP KEANDUANG: EFFECTS OF FISH MEAL REPLACEMENT WITH POULTRY MEAL IN FORMULATED FEED ON GROWTH AND NUTRITIONAL VALUES OF SPOTTED BABYLON, *Babylonia areolata*. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D., CO-ADVISOR: NILNAJ CHAITANAWISUIT, Ph.D., 81 pp.

Effects of fish meal replacement with poultry meal in formulated feed on growth rate, survival, feed conversion ratio and nutritional value of juvenile spotted babylon (*Babylonia areolata*) with average body weight of 0.11+0.01 g were studied under hatchery conditions using flow-through seawater system for 165 days. The basic formulated diet contained 40.62-43.20% and 15.08-15.22% of crude protein and fat, respectively. The experimental diets contained 5 levels of poultry meal (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) and basal diet contained 100% of fishmeal was used as control. Results showed that *B. areolata* fed on experimental diet containing 25%, 50% and 75% poultry meal had no significant differences in growth rate, feed conversion ratio and protein efficiency ratio ($P>o.05$) but significantly higher than those of *B. areolata* fed on experimental diet containing poultry meal 100% diet and control diet containing 100% fishmeal ($P<0.05$). However, there were no significantly different in final survival rate for all treatments ($P>0.05$), At the end of the experiment, the whole meat of *B. areolata* fed on experimental diet of 50% poultry meal contained significantly higher unsaturated fatty acid than those of *B. areolata* fed on experimental diets of 25%, 75% and 100% poultry meal as well as control diet of 100% fishmeal ($P<0.05$). This study showed that replacement of fishmeal with poultry meal of 25%, 50% and 75% provided efficiently better growth and nutritional quality of juvenile *B. areolata* as well as lower cost of feed.

Department:	Marine Science	Student's Signature	.....
Field of Study:	Marine Science	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2013	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรุษา กฤษณะพันธุ์ ที่คอยให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอนและช่วยเหลือในด้านการเรียนและการวิจัยในครั้งนี้เสมอมา รวมถึงการได้รับการสนับสนุนวัสดุและสนับสนุนด้านวิเคราะห์ในการวิจัยรวมถึงช่วยตรวจทานแก้ไขในการเขียนวิจัยครั้งนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล ช่วยเหลือในด้านการเรียนและการวิจัยในครั้งนี้เสมอมาและรวมถึงช่วยตรวจทานแก้ไขในการเขียนวิจัยครั้งนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ และรองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง สำหรับร่วมเป็นประธานและกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงคำแนะนำและร่วมช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณสถานที่ทำวิจัย ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำบลท่าเทวงษ์ อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

ขอขอบคุณ คุณเสรี ดอนเหนือ เจ้าหน้าที่ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำในด้านการทำอาหารทดลอง

ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ และเพื่อน ทั้งปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก ทุกๆคนที่คอยให้กำลังใจ คอยช่วยเหลือในด้านการเรียนและการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วย

ขอขอบคุณสัตว์ทดลองทุกตัว ที่เสียสละชีวิตเพื่อการทดลองครั้งนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามประสงค์

สุดท้ายขอขอบคุณ นายฉลอง เขียนดวง (บิดา) นางชนิกานต์ เขียนดวง (มารดา) นางอรไทย พูลสวัสดิ์(น้า) ที่คอยสนับสนุนด้านการศึกษา คอยให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์เรื่อยมาและขอบคุณพี่ชายน้องชายที่เป็นกำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 4

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ชีววิทยาหอยหวาน 4

2.2 โภชนศาสตร์ของสัตว์น้ำ 7

2.3 แหล่งโปรตีนที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ 10

2.4 การให้อาหาร 11

บทที่ 3 15

วิธีการดำเนินงานวิจัย 15

3.1 สถานที่ทำการวิจัย (Study sites) 15

3.2 การวางแผนการทดลอง (Experimental designs) 15

3.3 การเตรียมอาหารทดลอง (Experimental diets) 15

3.4 ระบบบ่อทดลอง (Rearing ponds) 16

3.5 การเตรียมสัตว์ทดลอง (Experimental animals) 16

3.6 การเลี้ยงหอยหวาน (Rearing method) 19

3.7 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (Nutritional analysis) 20

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical analysis) 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

บทที่ 4 22
ผลการทดลอง 22
4.1 พารามิเตอร์การเติบโต (Growth performance) 22
4.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio และ protein efficiency ratio) 23
4.3 คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional quality) 27
4.4 องค์ประกอบกรดไขมัน (Fatty acid profile) 28
4.4 ต้นทุนการผลิตอาหารผสม 29
4-5 คุณภาพน้ำทะเล 30
บทที่ 5 37
วิจารณ์ 37
บทที่ 6 43
สรุป 43
ข้อเสนอแนะ 46
รายการอ้างอิง 47
ภาคผนวก 50
ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 51
ภาคผนวก ข. ข้อมูลการทดลอง 55
ภาคผนวก ค. วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ 75
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายงานการเลี้ยงหอยหวานด้วยอาหารผสมที่ระดับโปรตีนและแหล่งวัตถุดิบต่างกัน 13

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางโภชนาการของวัตถุดิบของอาหารสัตว์ที่ได้จากสัตว์บกและปลาป่น 14

ตารางที่ 3 องค์ประกอบและคุณค่าทางอาหารของอาหารทดลอง 5 สูตร 17

ตารางที่ 4 การเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ และอัตราการรอดสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 26

ตารางที่ 5 คุณค่าทางอาหารของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....31

ตารางที่ 6 องค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....32

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ 36

ตารางที่ 8 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงหอยหวานระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด 37

ตารางที่ 9 การเติบโตโดยน้ำหนัก(กรัม/ตัว) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 165 วัน 55

ตารางที่ 10 การกินอาหารของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....56

ตารางที่ 11 การกินอาหาร (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 57

ตารางที่ 12 การตาย (ตัว) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 การเติบโตโดยน้ำหนัก (กรัมต่อตัว) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 74

ตารางที่ 14 วิเคราะห์การกิน (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....75

ตารางที่ 15 วิเคราะห์อัตราการตาย (%) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....76

ตารางที่ 16 วิเคราะห์น้ำหนักสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....77

ตารางที่ 17 วิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, % day^{-1}) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน.....78

ตารางที่ 18 วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 79

ตารางที่ 19 วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ (PER) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1: หอยหวาน (*Babylonia areolata*) 5

ภาพที่ 2: ลักษณะภายนอกของหอยหวาน 6

ภาพที่ 3: การกินอาหารของหอยหวานโดยการยื่นโพรบอสซิส (Proboscis) เพื่อดูดกินอาหาร 6

ภาพที่ 4: ระบบทางเดินอาหารหอยหวาน 7

ภาพที่ 5: บ่อทดลองเลี้ยงหอยหวาน 18

ภาพที่ 6: ระบบทดลองเลี้ยงแบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด (Flow – through system) 18

ภาพที่ 7: ลูกพันธุ์หอยหวานความยาวเปลือก 0.5 เซนติเมตรและน้ำหนักตัวเริ่มต้น 0.11กรัม 19

ภาพที่ 8: การเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 24

ภาพที่ 9: การรอดของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 24

ภาพที่ 10: การกินอาหารของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกันต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หอยหวาน (*Babylonia areolata*) เป็นหอยทะเลฝาเดียวอาศัยอยู่บริเวณพื้นทรายหรือทรายปนโคลนระดับความลึกประมาณ 5-30 เมตร โดยพบแพร่กระจายอยู่บริเวณฝั่งอ่าวไทย หอยหวานมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและต่างประเทศในภูมิภาคเอเชีย โดยหอยหวานมีความต้องการสูงทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันหอยหวานมีราคารับซื้อจากฟาร์ม (Farm gate) ประมาณ 250-350 บาทต่อกิโลกรัม และผลผลิตหอยหวานจากแหล่งประมงในธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ จากภาวะวิกฤติการลดลงของประชากรหอยหวานในธรรมชาติดังกล่าว นำไปสู่โอกาสในการพัฒนาอาชีพการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย เพื่อตอบสนองปริมาณความต้องการของตลาดหอยหวานทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงหอยหวานได้ใช้ปลาเป็ด (Trash fish) เป็นอาหารของหอยหวาน ซึ่งต้องจัดหาปลาเป็ดเป็นระยะเวลานานประมาณ 7-8 เดือนต่อรอบการผลิต และต้องจัดหาปลาเป็ดในปริมาณมากเพียงพอและต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยประเด็นปัญหาที่สำคัญของการใช้ปลาเป็ดในการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดในขณะนี้ คือปริมาณปลาเป็ดไม่เพียงพอต่อความต้องการ รวมทั้งไม่ต่อเนื่องและแปรตามฤดูกาลและเทศกาล ชนิดและคุณภาพของปลาเป็ดไม่แน่นอนทั้งด้านความสดและชนิดของปลา สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (การแช่เย็น) คุณค่าทางอาหารของปลาเป็ดไม่แน่นอนและไม่สามารถควบคุมคุณค่าทางอาหารของปลาเป็ดตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ทั้งนี้เพราะคุณภาพปลาเป็ดขึ้นกับความหลากหลายของชนิดปลา) ปลาเป็ดสามารถเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคที่ปนเปื้อนมาด้วย การใช้ปลาเป็ดจำเป็นต้องสิ้นเปลืองเวลาและบุคลากรในการเตรียมอาหาร (การล้างและสับปลา) และประการสุดท้ายคือ ปัญหาการแก่งแย่งปลาเป็ดระหว่างฟาร์มเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นในพื้นที่ อาทิ ปลากะพงขาว ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ปีก (เป็ดและไก่) ฟาร์มเลี้ยงปูม้า นอกจากนี้การใช้ปลาเป็ดยังมีค่าใช้จ่ายด้านการเก็บรักษา (ค่าน้ำแข็งและตู้เย็นขนาดใหญ่) ทั้งนี้เพื่อให้ปลาเป็ดมีคุณภาพและความสดอยู่เสมอตลอดการใช้งาน

ดังนั้นการใช้อาหารผสม/อาหารสำเร็จรูป (Artificial diets) แทนอาหารธรรมชาติจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากอาหารผสมมีข้อดีหลายประการต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในเชิงพาณิชย์ คือ 1) สามารถควบคุมคุณภาพทางอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ 2) สามารถเพิ่มเติมแร่ธาตุและสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญของสัตว์น้ำ 3) สามารถควบคุมปริมาณการผลิตได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี 4) ง่ายต่อการเก็บรักษาและสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 5) สะดวกต่อ

การให้อาหาร 6) สามารถใช้วัตถุดิบที่หาง่ายและมีราคาถูกในท้องถิ่น 7) สามารถพัฒนาเป็นอาชีพต่อเนื่องของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ และ 8) สามารถผลิตอาหารผสมที่มีรูปแบบและปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมตรงตามความต้องการของสัตว์น้ำ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นจนถึงขนาดตลาดด้วยอาหารผสมในประเทศไทยมีการศึกษาน้อยมาก นอกจากนี้ยังไม่มีการใช้อาหารผสมเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยกำหนดที่สำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดให้มีความเข้มแข็งมั่นคงและยั่งยืนในเชิงอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำในอนาคต ดังเช่นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ อาทิเช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งก้ามกราม ปลาดุก ปลากะพงขาว ดังนั้นการปรับปรุงกลยุทธ์ในการเลี้ยงหอยหวานจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ การพัฒนาอาหารผสม/อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงหอยหวานให้มีการเติบโตที่ดีและใช้ระยะเวลาเลี้ยงสั้น อีกทั้งทำให้ลดต้นทุนการเลี้ยงด้านต่างๆ (ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าอาหาร) ลดต่ำลง ดังนั้นการผลิตอาหารผสม/อาหารสำเร็จรูปของหอยหวานระยะต่างๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดของประเทศไทยในอนาคต อย่างไรก็ตามการผลิตอาหารผสมยังมีปัญหาในเรื่องปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักของการผลิตอาหารสัตว์ที่มีราคาแพงและปลาป่นยังเป็นวัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบหลักที่ใช้ปริมาณมากที่สุดในการผลิตอาหารสัตว์ จึงจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงการลดปริมาณการใช้ปลาป่นและให้ความสำคัญกับโปรตีนจากสัตว์อื่นที่ไม่ใช้สัตว์ทะเล (Non-marine animal proteins) การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษา ผลของการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นในอาหารสูตรผสมต่อการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของหอยหวาน เพื่อให้เป็นแนวทางการพัฒนาอาหารผสมที่มีโปรตีนหลักจากไก่ป่นเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับในการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ในประเทศไทยในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- ศึกษาผลของการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารผสมด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับต่อการเติบโต การรอด และอัตราการแลกเนื้อของหอยหวาน (*B. areolata*)

- ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตหอยหวาน (*B. areolata*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโดยการใช้ไก่ป่นทดแทนปลาป่นในระดับต่างกัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้สูตรอาหารสำเร็จรูปต้นแบบราคาถูกที่สามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนปลาเป็ด (Trash fish) ความผันแปรด้านคุณภาพของปลาเป็ด และลดการใช้ปลาเป็ดในการเลี้ยงหอยหวานเชิงการค้า

- ได้สูตรอาหารสำเร็จรูปต้นแบบราคาถูกที่สามารถเร่งการเจริญเติบโตของหอยหวาน ลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลง และลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง

- ได้สูตรอาหารสำเร็จรูปต้นแบบราคาถูกที่สามารถลดการใช้ปลาป่น (Fish meal) ในการผลิตอาหาร

- หอยหวานมีการเติบโตสูง ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลง มีอัตราการแลกเนื้อต่ำ และมีอัตราการรอดตายสูงกว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติแบบดั้งเดิม (ปลาเป็ด)

- ได้ผลผลิตหอยหวานที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าเลี้ยงด้วยปลาเป็ด โดยเฉพาะโปรตีนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 เพื่อเป็นจุดขายของผลผลิตอาหารสุขภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาหอยหวาน

หอยหวาน มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นว่าหอยตุ๊กแกหรือหอยเทพรส และมีชื่อสามัญว่า Areolata Babylon, spotted Babylon และ maculated Ivory Shell แสดงในภาพที่ 1 หอยหวานสามารถจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานได้ดังนี้ Phylum Mollusca, Class Gastropoda, Order Neogastroproda, Family Buccinidae, Genus Babylonia, Species *Babylonia areolata* (Link, 1807) หอยหวานเป็นหอยทะเลฝาเดียวมีลักษณะเป็นทรงไข่และมีเปลือกเรียบค่อนข้างหนามีสีขาวและแต้มสี่เหลี่ยมสีน้ำตาลเรียงต่อกันเป็นแถวบริเวณผิวเปลือก ปลายสุดส่วนหัวจะมีลักษณะแหลมและเป็นขดรูปเกลียว (Spire) มีร่องบริเวณเปลือกไม่ลึก มีแผ่นบางรูปทรงไข่เป็นฝาปิด (Operculum) และสามารถปิดลำตัวได้อย่างสนิทพอดี แสดงในภาพที่ 2 (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ 2545) หอยหวานพบอาศัยอยู่บริเวณทรายหรือทรายปนโคลนระดับความลึกประมาณ 5-30 เมตร โดยจะพบแพร่กระจายบริเวณทั่วไปในทะเลฝั่งอ่าวไทย เช่น สมุทรปราการ สมุทรสงคราม นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี จันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ตราด ระยอง (Chaitanawisuti N and Kritsanapuntu S 1999) อาหารและลักษณะการกินของหอยหวานสามารถแบ่งได้จากพฤติกรรมการกินและช่วงอายุของหอยหวานได้ 2 แบบ คือ 1) การกรองกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร (Filter feeder) โดยลูกหอยหวานจะดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน (Plankton) อาศัยและหาอาหารอยู่ในมวลน้ำ ซึ่งเรียกลูกหอยหวานระยะนี้ว่าลูกหอยระยะวัยอ่อน (Veliger larvae) และ 2) การกินซากเนื้อเป็นอาหาร (Scavenger) ลูกหอยหวานจะเข้าสู่ระยะลงพื้น (Early juvenile) จนถึงระยะตัวเต็มวัย (Adult) และกินซากสัตว์เป็นอาหารทั้งที่อยู่ในสภาพสดและไม่สด (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ 2545) โดยจะมีต่อมน้ำลายเพื่อผลิตน้ำย่อยโปรตีนออกมาทางโพรบอสซิส (Proboscis) และดูดกินอาหารเข้าไปในร่างกาย

วงจรชีวิตของหอยหวานเริ่มจากการปฏิสนธิของหอยหวานเพศผู้และเพศเมียที่มีความสมบูรณ์เพศ โดยหอยหวานจะไม่สามารถสังเกตจากการแยกเพศได้จากรูปร่างลักษณะภายนอกของเปลือกหอย แต่สามารถแยกได้จากเพศผู้จะมีอวัยวะสืบพันธุ์เหลืองอ่อนรูปร่างคล้ายใบไม้ เป็นติ่งติดอยู่ใกล้ๆ บริเวณโคนหนวดหรือเรียกว่า Penis โดยหอยหวานที่สามารถเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้นั้นต้องมีอายุมากกว่า 6 เดือน น้ำหนักตัวมากกว่า 30 กรัม และมีขนาดความยาวเปลือกมากกว่า 5 เซนติเมตรโดยประมาณ หลังจากหอยหวานพ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์กันแล้ว หอยหวานเพศเมียจะทำการวางไข่ที่มีลักษณะเป็นฝักติดอยู่กับพื้นทราย หลังจากนั้นฝักไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิที่สมบูรณ์และพัฒนาจะอยู่ในระยะ

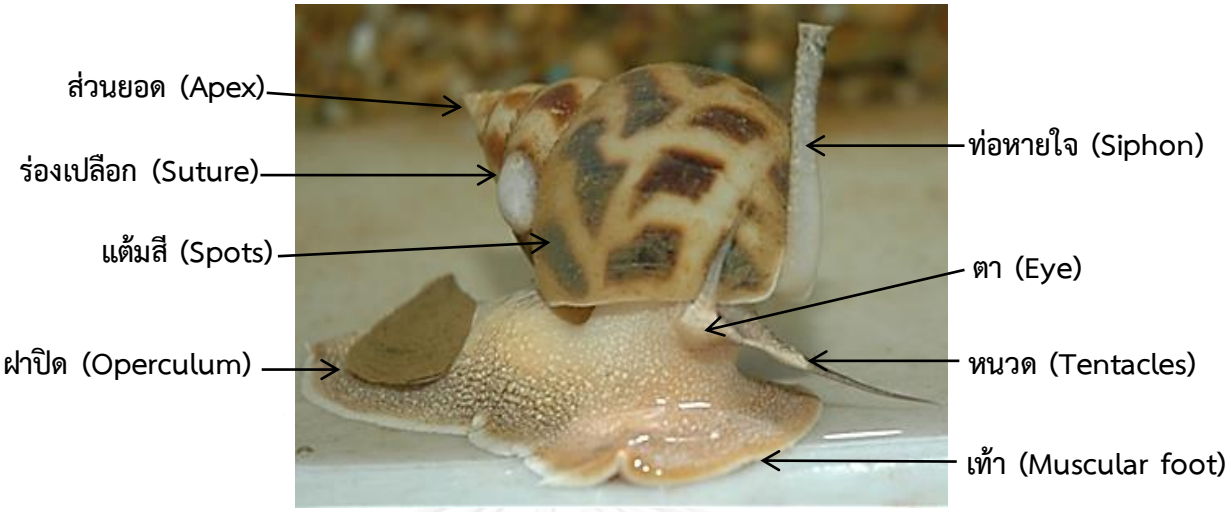
Trochophore หลังจากนั้น 24 ชั่วโมง ลูกหอยหวานพัฒนาให้เข้าสู่ระยะ Veliger เป็นแพลงก์ตอนมีลักษณะเหมือนผีเสื้อล่องลอยอาศัยและกินอาหารอยู่ในมวลน้ำเป็นเวลาประมาณ 14-16 วัน จึงพัฒนาเข้าสู่ระยะ Settled juveniles หรือเรียกว่า ระยะลงเกาะ ระยะนี้หอยหวานจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับพ่อแม่พันธุ์ทุกประการ โดยมีการดำรงชีพและคืบคลานหาอาหารบริเวณพื้นทราย หอยหวานพร้อมผสมพันธุ์จะมีขนาดเปลือกประมาณ 5 เซนติเมตรหรืออายุมากกว่า 6 เดือน (Chaitanawisuti N and Kritsanapuntu S 1999)

หอยหวานมีการกินอาหารโดยการยื่นโพรบอสซิส (Proboscis) เจาะเข้าไปในอาหารและปล่อยน้ำย่อยออกมาย่อยอาหาร หลังจากนั้นจึงดูดกลับเข้าไปในระบบทางเดินอาหาร แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งทางเดินอาหารของหอยหวานระยะเต็มวัยประกอบด้วยปาก หลอดอาหาร กระเพาะ ลำไส้ และทวารหนัก แสดงในภาพที่ 4 (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ 2545)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 1: หอยหวาน (*Babylonia areolata*)

ที่มา: (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ 2545)

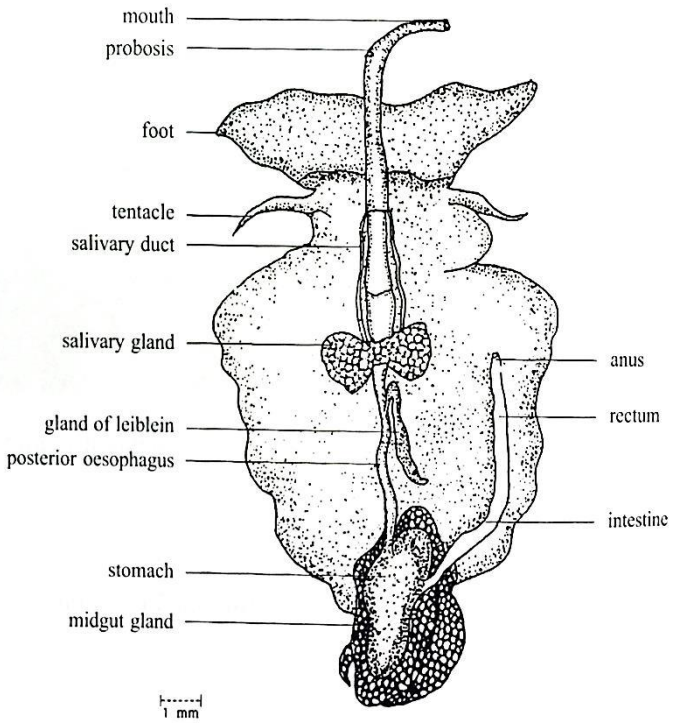


ภาพที่ 2: ลักษณะภายนอกของหอยหวาน

ที่มา: (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ 2556)

ภาพที่ 3: การกินอาหารของหอยหวานโดยการยื่นโพรบอสซิส (Proboscis) เพื่อดูดกินอาหาร

ที่มา: (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ 2556)



ภาพที่ 4: ระบบทางเดินอาหารหอยหวาน

ที่มา: (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ 2556)

2.2 โภชนศาสตร์ของสัตว์น้ำ

โภชนศาสตร์ของสัตว์น้ำเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเมื่อสัตว์น้ำกินอาหารเข้าไปแล้วอาหารจะถูกย่อยเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายเพื่อที่จะใช้ในการดำรงชีวิต เจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และพัฒนาทางด้านร่างกายในส่วนของระบบการสืบพันธุ์ให้มีความสมบูรณ์ อาหารที่ดีประกอบด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายซึ่งมี 5 ชนิด ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ โดยแต่ละส่วนของสารอาหารจะต้องมีความเหมาะสมต่อสัตว์น้ำที่กินเข้าไป (เวียง เชื้อโพธิ์หัก 2542); (วุฒิพร พรหมขุนทอง 2541) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำเพื่อที่จะให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตเต็มประสิทธิภาพเมื่อได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยอาหารที่สัตว์น้ำได้รับเข้าสู่ร่างกายจะต้องมีประโยชน์มากที่สุด หลังจากที่สัตว์น้ำได้ย่อยสารอาหารออกมาเป็นโมเลกุลขนาดเล็กและสามารถขนส่งไปยังเซลล์ภายในร่างกาย เพื่อใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ สัตว์น้ำมีความต้องการสารอาหาร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (เวียง เชื้อโพธิ์หัก 2542) คือ สารอาหารหลักได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต และ สารอาหารรอง ได้แก่ แร่ธาตุ และวิตามิน

- โปรตีน เป็นองค์ประกอบหลักที่อยู่ในเซลล์ร่างกายของสัตว์ ซึ่งมีหน้าที่ในการพัฒนาการเจริญเติบโตและซ่อมแซมเซลล์ในร่างกายให้สามารถพัฒนากลับมาใช้ได้ตามปกติ โปรตีนจึงเป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างร่างกายที่มีความจำเป็น โปรตีนจึงมีความสำคัญมากและจัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ที่สุดที่พบในสิ่งมีชีวิตซึ่งโมเลกุลของโปรตีนจะประกอบไปด้วยอะตอมหลักทั้ง 4 คือ ไฮโดรเจน ออกซิเจน คาร์บอน ไนโตรเจน และส่วนประกอบสำคัญของโปรตีนทางเคมีจะพบกรดอะมิโน (Amino acid) จำนวนหลายโมเลกุลจับกันด้วยพันธะเปปไทด์ กรดอะมิโนเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกทำการเปลี่ยนแปลงและถ่ายทอดไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อให้ร่ายกายนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ จากการศึกษาโดย (วุฒิพร พรหมขุนทอง 2541) พบว่าสัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสารอาหารชนิดอื่นและจะต้องได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอเพื่อที่จะทำให้การเจริญเติบโตที่ดีที่สุด โปรตีนยังมีการเสริมและสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกายรวมถึงการพัฒนาการเจริญเติบโตโดยตรง จากการศึกษาของ (เวียง เชื้อโพธิ์หัก 2542) พบว่าโปรตีนในเลือดยังทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลในร่ายกายโดยจะควบคุมในส่วนของการออสโมติกของเหลวภายในเซลล์ร่างกาย รักษาสมดุลความเป็นกรด-เบส ในร่ายกายโดยจะรักษาให้ความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้เซลล์ต่างๆ สามารถทำงานได้ตามปกติ รักษาภูมิคุ้มกันโดยที่โปรตีนในเลือดจะมีส่วนสร้างแอนติบอดีเพื่อที่จะสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นมา และช่วยในการเมแทบอลิซึม ซึ่งเป็นหน้าที่ที่สำคัญในการช่วยในการย่อยอาหารและดูดซึมอาหารในร่างกายอีกทั้งยังควบคุมปฏิกิริยาต่างๆ ที่ฮอร์โมนทำหน้าที่จากการศึกษาของ (Zhou J 2007) พบว่าในการเลี้ยงหอยหวาน (*B. areolata*) ระดับโปรตีนในการทดลองที่ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดคือ 36.47% และ (ขนิษฐา แสงงาม 2540) ทำการศึกษาผลของโปรตีนและไขมันในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่มีต่อการเติบโตของหอยหวาน โดยใช้อาหารทดลองสูตรที่มีระดับสัดส่วนโปรตีนต่อไขมัน 40 : 10% พบว่าหอยหวานมีอัตราการเติบโตด้านน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 0.84 กรัมต่อเดือน

- ไขมัน เป็นองค์ประกอบที่ให้พลังงานแก่ร่างกายมากที่สุดเมื่อเทียบกับสารอาหารหลักโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ไขมันสามารถสะสมได้ภายในร่างกายซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของผนังเซลล์และฮอร์โมนเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียสารอาหารภายในเซลล์ ไขมันที่เพียงพอยังสามารถลดการซึมผ่านสารอาหารผ่านทางเซลล์ และยังช่วยในการละลายวิตามินบางชนิดที่ละลายได้ดีในไขมันเพื่อเอาไปใช้ในร่างกายและการให้กรดไขมันบางชนิดที่ร่างกายต้องการ อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นฉนวนให้แก่ร่างกายของสัตว์น้ำรวมถึงการสร้างสมดุลให้ร่างกายเพื่อลดการสูญเสียความร้อน ในการใช้พลังงานในร่างกายให้มีประสิทธิภาพต้องอาศัยการได้รับไขมันในอาหารที่เพียงพอซึ่งจะทำให้โปรตีนบางส่วนไม่ต้องทำหน้าที่ให้พลังงานแต่จะทำหน้าที่หลักคือการซ่อมแซมและสร้างการเจริญเติบโตให้ร่างกายได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น (เดือนนภา เอ่งฉ้วน 2553) จากการศึกษาของ (ชิดชนก รอดเรือง 2551) พบว่า

หอยหวาน (*B. areolata*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีสัดส่วนโปรตีนต่อไขมันโปรตีน 38.4:15% มีการเติบโตดีที่สุด

- คาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบหนึ่งในสารอาหารหลักที่มีหน้าที่ในการเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ และมีหน้าที่ในการให้พลังงานแก่ร่างกายซึ่งมีความจำเป็น เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ โดยคาร์โบไฮเดรตยังสามารถสะสมมาใช้ในร่างกายเมื่อเกิดการขาดพลังงานในรูปของน้ำตาลเพนโตส จากการศึกษาของ (สุกัญญา จันทร์งาม 2550)พบว่าหอยหวาน (*B. areolata*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต 25 % มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

- วิตามิน เป็นองค์ประกอบหนึ่งในสารอาหารรองซึ่งร่างกายมีความต้องการในปริมาณไม่มาก แต่เป็นสิ่งจำเป็นที่ร่างกายต้องการ เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ โดยสามารถแบ่งประเภทวิตามินได้จากการละลายได้เป็น 2 ประเภทคือ วิตามินที่ละลายในไขมันและวิตามินที่ละลายในน้ำ ซึ่งวิตามินมีหน้าที่เสริมสร้างภูมิคุ้มกันและทำให้ร่างกายมีการทำหน้าที่ได้ตามปกติ จากการศึกษาของ (ธิติภพ สุขุมาล 2553) พบว่าหอยหวาน (*B. areolata*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซีในอัตราส่วน 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีอัตราการรอดสูงสุด

- เกลือแร่ เป็นองค์ประกอบหนึ่งในสารอาหารรอง ซึ่งร่างกายมีความต้องการในปริมาณไม่มากแต่เป็นสิ่งจำเป็นที่ร่างกายต้องการ เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ หน้าที่ของเกลือแร่คือการสร้างความสมดุลในร่างกาย ควบคุมความเป็นกรด-ด่าง เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวใจ การทำงานของระบบเลือด การทำงานของระบบกล้ามเนื้อและมีความเกี่ยวข้องในร่างกายทางชีวเคมีด้วย

อาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อาหารธรรมชาติ (Natural Feeds) และอาหารสำเร็จรูป (Artificial Feeds)

- อาหารธรรมชาติ (Natural Feeds) คืออาหารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยอยู่ในมวลน้ำหรือมีอยู่ในบ่อเลี้ยง ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์น้ำวัยอ่อนรวมถึงสัตว์น้ำขนาดเล็กเป็นต้น ซึ่งในการเลี้ยงหอยหวานโดยให้อาหารธรรมชาติจะเป็นจำพวกปลาสด ปลาเป็ด หมึกและสัตว์ทะเลชนิดอื่นๆ ซึ่งข้อเสียในการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยอาหารธรรมชาติคือ จำเป็นต้องจัดหาอาหารให้เพียงพอต่อรอบการผลิตและต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยปัญหาที่สำคัญของการใช้อาหารธรรมชาติในการเลี้ยงหอยหวานคือ ปริมาณปลาเป็ดไม่เพียงพอต่อความต้องการ (ทศพล สังข์ศิริทร์ 2550) เนื่องจากการแปรตามฤดูกาล ชนิดและคุณภาพของปลาเป็ดไม่แน่นอน ทั้งด้านความสดและชนิดของปลา อีกทั้งปลาเป็ดยังสามารถเป็นแหล่งแพร่ระบาดของโรคที่ปนเปื้อนมากับปลาเป็ดได้ ถึงแม้ว่าต้นทุนของอาหารธรรมชาติจะต่ำ แต่ก็จะมีต้นทุนเพิ่มในส่วนของค่าแรงในการจัดหา การจัดเตรียมอาหาร การเก็บรักษา จึงทำให้ต้นทุนของอาหารธรรมชาติสูงขึ้น

- อาหารสำเร็จรูป (Artificial Feeds) คืออาหารสำเร็จรูปที่ถูกจัดเตรียมขึ้นเพื่อทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลผลิตคุณภาพสูงขึ้น ลดค่าใช้จ่ายเนื่องจากการเลี้ยงที่สั้นลง (วุฒิพร พรหมขุนทอง 2541) อีกทั้งยังสามารถทดแทนอาหารจากธรรมชาติได้เป็นอย่างดี เนื่องจากอาหารผสมที่จัดเตรียมขึ้นเมื่อสัตว์น้ำกินจะได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนตามความต้องการ ซึ่งอาหารสำเร็จรูปมีข้อดีเนื่องจาก สามารถรักษาระดับคุณภาพของอาหารให้ตรงตามความต้องการของสัตว์น้ำได้ ขนส่งสะดวก หาที่จัดเก็บง่าย (Boonyaratpalin, 1991) อาหารสำเร็จรูปหรืออาหารผสมได้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง จากอดีตที่เป็นอาหารสำเร็จรูปที่ไม่มีคุณภาพ สารอาหารไม่ครบถ้วน วัตถุดิบที่ไม่มีคุณภาพ และไม่มีการเสริมสารอาหารต่างๆ จึงทำให้สัตว์น้ำที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปในอดีตไม่มีความแข็งแรงหรือมีการเจริญเติบโตที่ช้า (วุฒิพร พรหมขุนทอง 2541) ทำให้เกิดการศึกษาทางด้านโภชนศาสตร์ของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งทางด้านวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การเสริมสารอาหาร รวมถึงความต้องการสารอาหารหลักและสารอาหารรองของสัตว์น้ำแต่ละชนิด ส่งผลให้ปัจจุบันลักษณะของอาหารสำเร็จรูปเป็นอาหารที่มีคุณภาพครบถ้วนทั้งสารอาหารหลักและสารอาหารรองตรงตามความต้องการของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ รวมถึงการเสริมสารอาหารต่างๆ เพื่อการเจริญเติบโตที่ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงสั้นและสร้างภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ อีกทั้งยังสามารถควบคุมการผลิตอาหารสัตว์น้ำให้ได้คุณภาพตรงตามการคำนวณที่ถูกวิธีโดยผู้ชำนาญการโดยตรง (เดือนนภา เอ่งฉ้วน 2553) ทั้งนี้การศึกษาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้อาหารสำเร็จรูปมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังเช่นการศึกษาการเลี้ยงหอยหวานด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ระดับโปรตีนและแหล่งวัตถุดิบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

2.3 แหล่งโปรตีนที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ

- ปลาป่น (Fish meal) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เพราะมีสารอาหารทางโภชนาการที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำที่ไม่พบในพืช ประเทศไทยทำการผลิตปลาป่นโดยการนำเอาผลผลิตจากปลาในธรรมชาติที่มีลักษณะไม่ต้องการของตลาดรวมถึงปลาขนาดเล็กและเศษปลาที่ได้จากการแปรรูปในโรงงานอาหารกระป๋องนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นออกและป่น จะได้เป็นผงหยาบ สีน้ำตาล มีกลิ่น ซึ่งปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักของการผลิตอาหารสัตว์ ดังนั้นปริมาณปลาป่นจะสามารถกำหนดต้นทุนอาหารสำเร็จรูป โดยในปี พ.ศ. 2547 – 2551 มีความต้องการใช้ปลาป่นในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 5.33 ต่อปีและยังมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามการขยายตัวเพิ่มขึ้นของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลผลิตปลาป่นที่ได้จากการแปรรูปปลาสด มีปริมาณลดลงเนื่องจากสาเหตุทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมลง (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร 2555) จึงจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงการลดปริมาณการใช้ปลาป่นเนื่องจากปลาป่นเป็นวัตถุดิบหลักและใช้ในปริมาณมากที่สุดในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ อีกทั้งยังมีราคาที่แพง คุณภาพไม่สม่ำเสมอ มีการปลอมปนสูง และยังเป็นการสนับสนุนการทำลาย

ทรัพยากรธรรมชาติทางทะเล ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับโปรตีนจากสัตว์อื่นที่ไม่ใช่สัตว์ทะเล (Non-marine animal proteins) (Chaitanawisuti 2011) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่มีระดับสัดส่วนโปรตีนต่อไขมัน 38.4 : 15 มีอัตราการเติบโตสูงสุดเท่ากับ 0.7 กรัมต่อเดือน

- ไก่ป่น (Poultry meal) เป็นผลิตผลพลอยได้ (By product) จากกระบวนการผลิตเนื้อไก่ชำแหละ โดยไก่ป่นเป็นเศษเนื้อไก่ที่ได้จากการชำแหละ นำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นออกและป่นจะได้เป็นผงหยาบ สีน้ำตาล ลักษณะคล้ายปลาป่น โดยไก่ป่นมีโปรตีนอยู่ประมาณ 65.5% (Meeker DL 2006) และมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนใกล้เคียงกับปลาป่นมากที่สุด เมื่อเทียบกับโปรตีนทดแทนชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางโภชนาการ(%) ของโปรตีนจากสัตว์บกและปลาป่นที่ถูกใช้ในการทดลองความสามารถในการย่อยและอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Meeker DL 2006) ศึกษาส่วนประกอบทางโภชนาการ (%) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากสัตว์บกและปลาป่น (Meat and bone meal, Poultry meal, Hydrolyzed feather meal, Blood meal, Red Blood Cells) และปลาป่น (Fish meal) พบว่าไก่ป่นมีองค์ประกอบทางโภชนาการและความสามารถในการยอมรับของสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกับปลาป่นมากที่สุด โดยไก่ป่นและปลาป่นมีโปรตีน (Crude protein) อยู่ที่ระดับ 65.6 และ 62.9% ตามลำดับ จากการศึกษาของ (Fowler 1991) พบว่าการทดทนโปรตีนจากปลาป่นโดยการใช้โปรตีนจากไก่ป่นในการเลี้ยงปลาแซลมอน (*Oncorhynchus tshawytscha*) โดยทำอาหารที่มีโปรตีนทดแทนจากไก่ป่น 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเป็นเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าปลาแซลมอนมีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทุกระดับอาหารทดลอง จากการศึกษาของ (Rossita shapawi 2007) พบว่าการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นโดยการใช้โปรตีนจากไก่ป่นในการเลี้ยงปลากระรัง (*Cromileptes altivelis*) ทดลองเลี้ยง 8 สัปดาห์ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง โดยทำอาหารโปรตีนจากไก่ป่นแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 3 ระดับ คือ 50, 75 และ 100% พบว่าปลาที่ได้รับอาหารทดแทนปลาป่นโดยไก่ป่นมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน อีกทั้งผลการศึกษาในครั้งนี้ยังบอกถึงความสำเร็จในการแทนที่ปลาป่นโดยใช้ไก่ป่นได้มากกว่าครึ่ง

2.4 การให้อาหาร

ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติสัตว์น้ำจะได้รับอาหารผ่านทางห่วงโซ่อาหารตามลำดับขั้น ซึ่งอาจทำให้สัตว์น้ำได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต แต่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถควบคุมปริมาณในการให้อาหาร คุณภาพอาหาร และสารอาหารเสริมได้ กล่าวคือการให้ปริมาณอาหารที่เพียงพอและสารอาหารที่สัตว์น้ำชนิดนั้นต้องการครบถ้วนสามารถทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้เต็มที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การให้อาหารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ 1) การให้กิน

อาหารแบบจำกัด (Limiting feeding) คือการให้อาหารโดยการคำนวณปริมาณอาหารที่สัตว์สามารถเจริญเติบโตได้เต็มประสิทธิภาพ และไม่มีการเพิ่มเติมปริมาณอาหารให้สัตว์น้ำอีกจากที่คำนวณไว้ ซึ่งเป็นวิธีที่ลดการสะสมของอาหารที่เหลือจากการกินของสัตว์น้ำตกค้างในบ่อเพาะเลี้ยง 2) การให้กินอาหารแบบกินจนอิ่ม (Satiation feeding) คือการให้อาหารโดยการสังเกตพฤติกรรมการกินของสัตว์น้ำชนิดนั้น โดยอาจมีการเพิ่มปริมาณอาหารเมื่อสังเกตเห็นสัตว์น้ำมีการกินอาหารจนหมด ซึ่งทำให้สัตว์น้ำได้รับอาหารเพียงพอต่อความต้องการและทำให้สัตว์น้ำสามารถเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การให้อาหารวิธีนี้มีผลดีในด้านของการลดปัญหาในการสะสมของอาหารตกค้างในบ่อเพาะเลี้ยงและสามารถทราบถึงปริมาณของการกินอาหารของสัตว์น้ำที่แท้จริง อีกทั้งยังสามารถสังเกตได้ถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการกินของสัตว์น้ำเมื่อเกิดปัญหาทางด้านสภาพแวดล้อมภายนอก ระบบการเลี้ยง และเรื่องโรคได้ และ 3) การให้กินอาหารแบบเกินพอ (Over feeding) คือการให้อาหารในปริมาณที่มากเกินกว่าที่สัตว์น้ำจะกินเข้าไปในครั้งเดียว เนื่องจากยากต่อการเก็บอาหารที่เหลือภายในน้ำได้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านคุณภาพน้ำจากการสะสมของปริมาณอาหารเหลือตกค้าง อาจทำให้พื้นภายในบ่อเพาะเลี้ยงสะสมแบคทีเรียซึ่งก่อให้เกิดโรคสัตว์น้ำและปัญหาคุณภาพน้ำได้ จากการศึกษาของ **(**สมพิศ แย้มเกษม และศรัญญา เกตุมณี **2551)** พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยการให้อาหาร 1 ครั้งต่อวันและ 2 ครั้งต่อวันมีการเจริญเติบโตดีกว่าการให้อาหาร 1 ครั้งต่อ 2 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 รายงานการเลี้ยงหอยหวานด้วยอาหารผสมที่ระดับโปรตีนและแหล่งวัตถุดิบต่างกัน

โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	แหล่งโปรตีน	แหล่งไขมัน	สารอาหารเสริม	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อเดือน)	ผู้วิจัย
35.08	10	ปลาป่น	น้ำมันปลาทูน่า	แคลเซียม, ฟอสฟอรัส	0.34	ทศพล (2550)
36	10	ปลาป่น, กุ้งป่น	น้ำมันปลาทูน่า	-	0.34	สุกัญญา (2550)
38.4	10	ปลาป่น, กุ้งป่น	น้ำมันปลาทูน่า	-	0.74	ชิดชนก (2551)
40.34	9.33	ปลาป่น, กุ้งป่น	น้ำมันปลาทูน่า	บริเวอร์ยีสต์, นิวคลีโอไทด์	0.90	ชัชรียา (2552)
37	10	ปลาป่น, กุ้งป่น	น้ำมันปลาทูน่า	วิตามินซี	0.65	ธิติภพ (2553)
40	10	ปลาป่น, กุ้งป่น	น้ำมันปลาทูน่า, น้ำมันข้าวโพด	แอสตาแซนทิน	0.75	เดือนนภา (2553)
45	7.69	Fish meal, casein and gelatin	Pollock liver oil	-	0.27	Zhou (2007)
43	6.54	Fish meal, casein and gelatin	Fish oil	-	0.36	Zhou (2007)

ที่มา: ดัดแปลงจาก (เดือนนภา เอ่งฉ้วน 2553)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางโภชนาการของวัตถุดิบของอาหารสัตว์ที่ได้จากสัตว์บกและปลาป่น

องค์ประกอบ (%)	MBM[1]	PM[2]	FeM[3]	BM[4]	BC[5]	FM[6]
Dry matter	96.6	97.5	97.2	92	92	92.6
Crude protein	54	65.6	80.0	89	92	62.9
Crude fat	12.7	12.5	6.0	1.3	1.5	11.1
Essential Amino Acids						
Arginine	3.33	4.01	5.73	3.69	3.77	3.20
Histidine	1.43	1.72	0.69	5.30	6.99	1.61
Isoleucine	1.93	2.69	3.84	1.30	0.49	2.4
Leucine	3.66	4.85	6.80	10.81	12.70	4.41
Lysine	3.27	4.42	2.40	7.45	7.51	4.41
Methionine	1.29	1.59	0.67	0.99	0.81	1.60
Phenylalanine	2.07	2.70	4.30	5.81	6.69	2.66
Threonine	2.10	2.71	3.80	3.78	3.38	2.50
Valine	2.44	3.13	5.87	7.03	8.50	2.63
Cystine	0.61	0.74	4.16	1.04	0.61	0.59
Tryptophan	1.39	1.92	2.73	2.71	2.14	1.91

[1] Meat and Bone Meal [2] Poultry Meal [3] Hydrolyzed Feather Meal

[4] Blood Meal [5] Red Blood Cells [6] Fish Meal

ที่มา: (Meeker DL 2006)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการวิจัย (Study sites)

1. การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นในโรงเพาะฟัก ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

2. การวิเคราะห์ทางโภชนาการของอาหารผสมและเนื้อหอย ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การวางแผนการทดลอง (Experimental designs)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD (Completely Randomized Designs) โดยการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง (Treatments) และแต่ละชุดการทดลองทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารสูตรผสมปลาป่น 100%

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารสูตรผสมไก่ป่น 50%

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75%

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารสูตรผสมไก่ป่น 100%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การเตรียมอาหารทดลอง (Experimental diets)

การศึกษาครั้งนี้ใช้อาหารทดลองเป็นอาหารผสมแบบกึ่งเปียก (Semi-moisture feed) ดัดแปลงจาก (ชิดชนก รอดเรือง 2551) โดยแต่ละชุดการทดลองได้ทดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่นด้วยไก่ป่น ต่างกัน 5 ระดับคือ 0% (สูตร 1), 25% (สูตร 2), 50% (สูตร 3), 75% (สูตร 4) และ 100% (สูตร 5) โดยปลาป่นและไก่ป่นมีระดับโปรตีน 54.08% และ 60.23% ตามลำดับ โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารผสม ทั้ง5 สูตรประกอบด้วยปลาป่น (Fish meal) ไก่ป่น (Poultry meal) น้ำมันปลาทูน่า (Tuna oil) กากถั่วเหลืองป่น (Soybean meal) แป้งสาลี (Wheat flour) วิตามินรวม (Vitamin premix) และแร่ธาตุรวม (Mineral premix) โดยมีวีทกลูเทน (Wheat gluten) และเซลลูโลส (Cellulose) เป็นตัวประสานอาหาร แสดงในตารางที่ 3 วัตถุดิบหลักทั้งหมดที่มีความหยาบ

จะถูกนำมาทำให้ละเอียดโดยการบดและร่อนด้วยตะแกรง หลังจากนั้นนำมาชั่งตามสัดส่วนของอาหารทดลองแต่ละสูตร โดยทำการผสมวัตถุดิบที่มีปริมาณมากที่สุดเป็นตัวตั้งต้นและนำมาผสมกับวัตถุดิบที่มีปริมาณน้อยลงมา ทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และนำมาผสมน้ำในอัตราส่วน 40% ของน้ำหนักอาหาร หลังจากนั้นนำอาหารทั้งหมดเก็บไว้ในกล่องพลาสติกทึบแสงและใส่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารผสมที่ใช้ในการทดลอง

3.4 ระบบบ่อทดลอง (Rearing ponds)

การศึกษาครั้งนี้ใช้บ่อทดลองเป็นถังไฟเบอร์ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.1 เมตร และความสูง 0.9 เมตร โดยมีพื้นที่ก้นบ่อ 0.95 ตารางเมตร แสดงในภาพที่ 5 ปูพื้นบ่อทดลองด้วยทรายละเอียดหนาประมาณ 3 เซนติเมตรสำหรับการฝังตัวของหอยหวาน ระดับน้ำทะเลในบ่อทดลองสูงประมาณ 40 เซนติเมตร การศึกษาครั้งนี้ใช้บ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด (Flow – through system) แสดงในภาพที่ 6 มีอัตราการไหลของน้ำทะเล (Flow rate) ประมาณ 656.6 ลิตรต่อวัน ให้อากาศแรงปานกลางตลอดเวลาด้วยการใช้หัวทรายขนาดใหญ่บ่อละ 1 หัว ทำความสะอาดพื้นทรายเป็นประจำทุก 15 วัน โดยการกวนทรายในบ่อเลี้ยงจนน้ำขุ่นมากที่สุดและปล่อยน้ำทิ้งจนหมดบ่อ หลังจากนั้นทำการฉีดน้ำล้างทรายอีก 1-2 ครั้งและเติมน้ำทะเลใหม่ที่มีอุณหภูมิและความเค็มเท่ากับก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

3.5 การเตรียมสัตว์ทดลอง (Experimental animals)

การศึกษาครั้งนี้ใช้ลูกพันธุ์หอยหวาน (*B. areolata*) ที่ผลิตจากโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจังหวัดระยองจำนวน 6,000 ตัว ใช้ลูกพันธุ์หอยหวานที่มาจากชุดการผลิตเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อการหยุดชะงักการเติบโตของหอยหวาน (Growth retardation) โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ลูกพันธุ์หอยหวานมีขนาดความยาวเริ่มต้นประมาณ 0.5 เซนติเมตรและน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 0.11 ± 0.01 กรัม แสดงในภาพที่ 7 อัตราปล่อยลูกหอยประมาณ 300 ตัวต่อตารางเมตร หรือบ่อทดลองละ 300 ตัว

ตารางที่ 3 องค์ประกอบและคุณค่าทางอาหารของอาหารทดลอง 5 สูตร

สูตรอาหารทดลอง (กรัม/100 กรัม)					
ส่วนประกอบ (%)	**ปลาป่น 100%**	**ไก่ป่น 25%**	**ไก่ป่น 50%**	**ไก่ป่น 75%**	**ไก่ป่น 100%**
Fish meal	64.5	48.37	32.25	16.12	0
Poultry meal	0	14.5	29	43.5	58
Soybean meal	5	5	5	5	5
Wheat flour	3	3	3	3	3
Wheat gluten	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77
Tuna oil	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54
Vitamin premix.[a]	4	4	4	4	4
Mineral premix.[b]	4	4	4	4	4
Cellulose	3.19	4.82	6.44	8.07	9.69
คุณค่าทางโภชนาการ					
โปรตีน (%)	43.2	41.82	41.94	40.76	40.62
ไขมัน (%)	15.08	15.11	15.14	15.18	15.22
ความชื้น (%)	12.22	12.27	12.25	12.28	12.26
เถ้า (%)	14.32	14.42	14.26	14.38	14.35

[a] วิตามินรวม (mg kg^{-1} or IU): vitamin A, 10000000 IU; vitamin D3, 1000000 IU; vitamin E, 10000 mg kg^{-1}; vitamin K3, 1000 mg kg^{-1}; vitamin B1, 500 mg kg^{-1}; vitamin B2, 5000 mg kg^{-1}; vitamin B6, 1500 mg kg^{-1}; vitamin C, 10000 mg kg^{-1}; folate, 1000 mg kg^{-1}; dealmethionine, 16038 mg kg^{-1}

[b] แร่ธาตุรวม (mg kg^{-1}): Ca, 147 g kg^{-1}; P, 147 g kg^{-1}; Fe, 2010 mg kg^{-1}; Cu, 3621 mg kg^{-1}; Zn, 6424 mg kg^{-1}; Mn, 10062 mg kg^{-1}; Co, 105 mg kg^{-1}; I, 1000 mg kg^{-1}; Se, 60 mg kg^{-1}

ภาพที่ 5: บ่อทดลองเลี้ยงหอยหวาน

ภาพที่ 6: ระบบทดลองเลี้ยงแบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด (Flow – through system)

ภาพที่ 7: ลูกพันธุ์หอยหวานความยาวเปลือก 0.5 เซนติเมตรและน้ำหนักตัวเริ่มต้น 0.11กรัม

3.6 การเลี้ยงหอยหวาน (Rearing method)

การศึกษาครั้งนี้ได้ให้อาหารสำเร็จรูปแบบกึ่งเปียกแก่หอยหวานแบบให้หอยกินอาหารจนอิ่ม (Satiation feeding) วันละ 1 ครั้งในเวลาเช้าประมาณ 10.00 น. โดยการให้อาหารแก่ลูกหอยหวานในลักษณะให้อาหารทีละน้อยจนกระทั่งหอยหยุดกินอาหาร (เพื่อให้มีเศษอาหารเหลือน้อยที่สุด) บันทึกปริมาณอาหารที่หอยหวานกินเป็นประจำทุกวัน เพื่อคำนวณปริมาณอาหารที่หอยกินในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีการคัดขนาดและไม่ใช้สารปฏิชีวนะหรือสารเคมีใดๆ โดยทำการสุ่มตัวอย่างหอยหวานในแต่ละบ่อทดลองประมาณ 200 ตัวเพื่อชั่งน้ำหนักหอยทั้งตัว (Total body weight) เป็นรายตัว (Individually) และนับจำนวนหอยทั้งหมดในแต่ละบ่อทดลองเพื่อประเมินอัตราการเติบโตและการตายของหอยหวานเป็นประจำทุก 15 วัน โดยการศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองเลี้ยงหอยหวานเป็นระยะเวลา 165 วัน สำหรับการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลโดยทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเป็นประจำทุก 15 วันประกอบด้วยอุณหภูมิน้ำทะเลโดยใช้ เทอร์มอมิเตอร์แบบปรอท (Thermometer) ความเค็มโดยใช้เครื่องวัดความเค็มชนิดกล้อง (Salinity refractometer) และความเป็นกรด-ด่างโดยใช้มัลติโพรบ (Multi prove)

การศึกษาพารามิเตอร์การเติบโตของหอยหวานประกอบด้วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตสมบูรณ์ อัตราการเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ และอัตราการรอดสุดท้าย ตามวิธีการของ (Tan 2000) และ (Yang Y 2004) ดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain)

= Final weight (g) - Initial weight (g)

2. อัตราการเจริญเติบโตสมบูรณ์ (Absolute growth rate)

= (Final weight (g) - Initial weight) (g) / time (month)

3. อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate)

= (100(ln (final weight) - ln (initial weight))) / time (days)

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio)

= Total feed (g) / Total weight gain (g)

5. อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ (Protein efficiency ratio)

= Wet weight gain (g) / Protein fed (g)

6. อัตราการรอดสุดท้าย (Final survival)

= (100(Initial survival (%) – Final survival (%)) / Initial survival (%)

3.7 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (Nutritional analysis)

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของอาหารทดลองแต่ละสูตรเมื่อเริ่มต้นการทดลองและวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเนื้อหอย (whole body) ในแต่ละการทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองตามวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานของ (AOAC 2012) ประกอบด้วยโปรตีน (Crude protein) ไขมัน (Total lipid) เถ้า (Ash) ความชื้น (Moisture) และองค์ประกอบกรดไขมัน (Fatty acid profile) สำหรับคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ใช้วิธีทดสอบ Compendium of Methods for Food Analysis

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical analysis)

นำพารามิเตอร์การเติบโตของหอยหวานมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว One-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตที่ความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 พารามิเตอร์การเติบโต (Growth performance)

การเติบโตโดยน้ำหนักและการรอดสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นแตกต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) เป็นเวลา 165 วัน แสดงในภาพที่ 8 ถึง 9 ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain) อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (Absolute growth rate) และอัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตรทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อัตราการเติบโตของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% และอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงในตารางที่ 4 ดังนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีค่าสูงสุด (4.43±0.01 กรัม, 4.39±0.04 กรัม และ 4.61±0.01 กรัมตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (3.83 ±0.09กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (3.42±0.04 กรัม)

อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีค่าสูงสุด (0.80±0.02 กรัมต่อเดือน, 0.81±0.01 กรัมต่อเดือน และ 0.84±0.01กรัมต่อเดือน ตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (0.70±0.04 กรัมต่อเดือน) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (0.62±0.02 กรัมต่อเดือน)

อัตราการเติบโตจำเพาะของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีค่าสูงสุด (2.25±0.01%ต่อวัน, 2.25±0.00%ต่อวัน และ 2.28±0.00%ต่อวัน ตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (2.17±0.03%ต่อวัน) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (2.10±0.01%ต่อวัน)

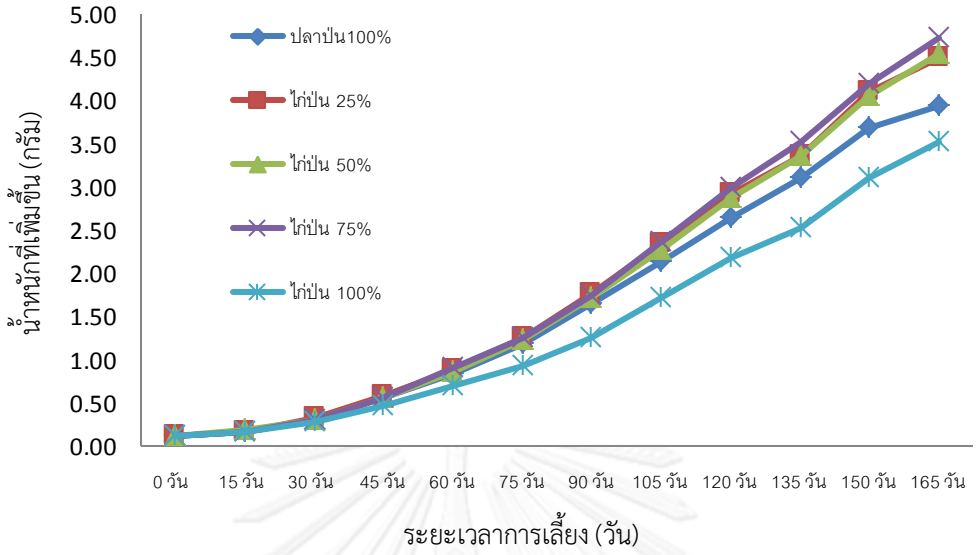
อัตราการรอดสุดท้ายของหอยหวานในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอัตราการรอดสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% 50% 75% และ100% และอาหารควบคุมปลาป่น 100% มีอัตราการรอดสุดท้าย 94.33 %, 92.33 %, 94.89 %, 95.00 % และ 91.56 % ตามลำดับ

4.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio และ protein efficiency ratio)

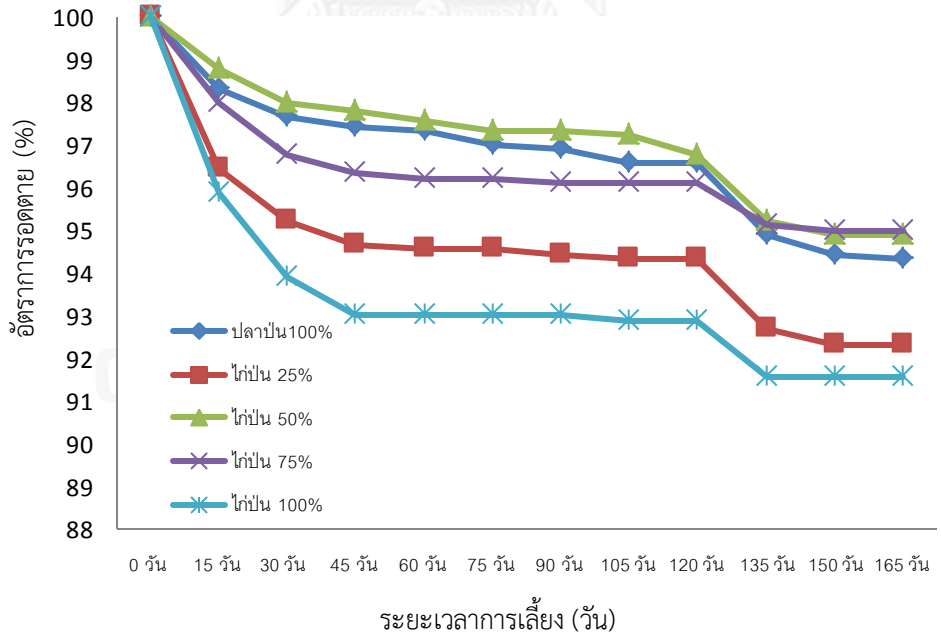
การกินอาหารรวมของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นแตกต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) เป็นเวลา 165 วันได้แสดงในภาพที่ 10 โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมทุกสูตรมีปริมาณการกินอาหารรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมทุกสูตรการทดลองมีการกินรวมอยู่ในช่วง (1323.03±0.45 - 1393.97±0.38 กรัม)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) เป็นเวลา 165 วัน แสดงในตารางที่ 4 ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อของของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตรทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% และอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีค่าต่ำสุด (1.14±0.03, 1.11±0.05 และ 1.09±0.02 ตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (1.24±0.05) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (1.44±0.03) และอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีค่าต่ำสุด (0.48±0.02, 0.45±0.01 และ 0.44±0.01 ตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (0.53±0.03) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (0.59±0.02)

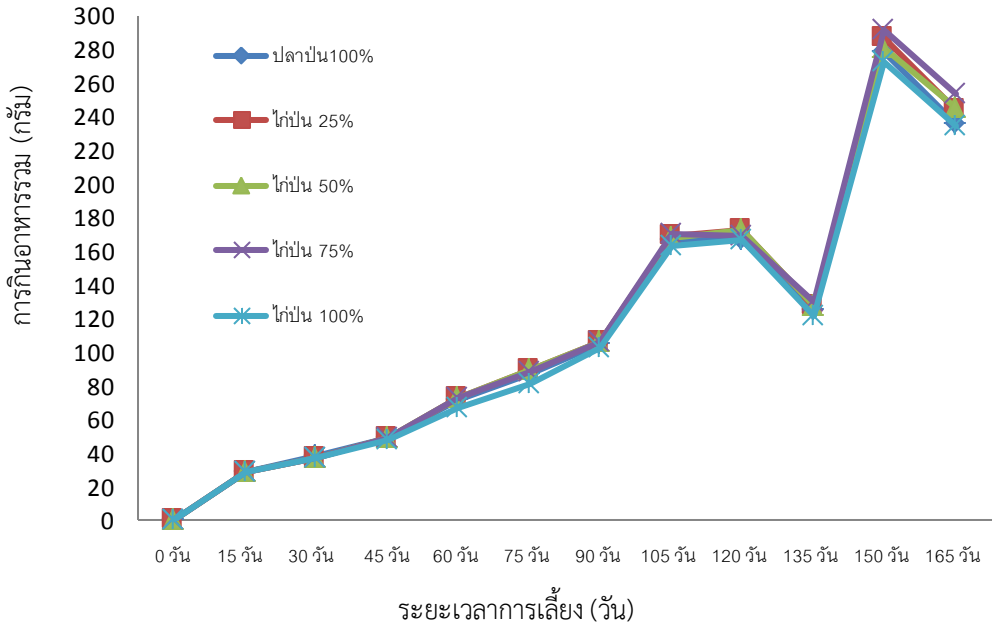
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 8: การเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน



ภาพที่ 9: การรอดของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน



ภาพที่ 10: การกินอาหารของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกันต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 การเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ และอัตราการรอดสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน (Mean±SE)

ชุดอาหารทดลอง	ปลาป่น 100%	ไก่ป่น 25%	ไก่ป่น 50%	ไก่ป่น 75%	ไก่ป่น 100%
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	3.94^{b}±0.09	4.50^{a}±0.04	4.54^{a}±0.01	4.72^{a}±0.01	3.53^{c}±0.04
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	3.83^{b}±0.09	4.39^{a}±0.04	4.43^{a}±0.01	4.61^{a}±0.01	3.42^{c}±0.04
อัตราการเติบโตโดยสมบูรณ์ (กรัม/เดือน)	0.70^{b}±0.04	0.80^{a}±0.02	0.81^{a}±0.01	0.84^{a}±0.01	0.62^{c}±0.02
อัตราการเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	2.17^{b}±0.03	2.25^{a}±0.01	2.25^{a}±0.00	2.28^{a}±0.00	2.10^{c}±0.01
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.24^{b}±0.05	1.14^{c}±0.03	1.11^{c}±0.05	1.09^{c}±0.02	1.44^{a}±0.03
อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ	0.53^{b}±0.03	0.48^{c}±0.02	0.45^{c}±0.01	0.44^{c}±0.01	0.59^{a}±0.02
อัตราการรอดสุดท้าย (%)	94.33+1.12	92.33+0.73	94.89+0.90	95+1.11	91.56+1.09

หมายเหตุ: ตัวกลางเลขคณิตที่มีอักษรตัวยกเหมือนกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

4.3 คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional quality)

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) เป็นเวลา 165 วัน แสดงในตารางที่ 5 ผลการศึกษาพบว่าคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อหอยหวาน (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้าความชื้น และคอเลสเตอรอล) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนี้

ปริมาณโปรตีนของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (19.32%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และ อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (17.02% และ17.41% ตามลำดับ) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (16.81%) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (15.29%) ตามลำดับ

ปริมาณไขมันของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (6.29%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (5.05%) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (4.83%, 4.68% และ 4.76% ตามลำดับ)

ปริมาณคอเลสเตอรอลของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และ 50% มีค่าสูงสุด (163.38, 163.42 และ 160.01 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (135.65 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (130.32 มิลลิกรัม/100กรัม) ตามลำดับ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% มีค่าสูงสุด (7.90%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (6.74%) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (6.06%) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (5.70%) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% (3.07%) ตามลำดับ

ปริมาณเถ้าของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% มีค่าสูงสุด (3.24%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% 50% และ 75% (2.78%, 2.77%, 2.70% และ 2.73% ตามลำดับ)

ความชื้นของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% มีค่าสูงสุด (69.93%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (69.08% และ 68.97%ตามลำดับ) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% และ 100% (68.62% และ 68.52% ตามลำดับ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4 องค์ประกอบกรดไขมัน (Fatty acid profile)

องค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นแตกต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) เป็นเวลา 165 วัน แสดงในตารางที่ 6 ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบกรดไขมันอิ่มตัวรวม องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวรวม องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่รวม องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม กรดโอเมก้า 3 และ 6 ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมทุกการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยองค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสม 50% มีค่าสูงกว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนี้

องค์ประกอบกรดไขมันอิ่มตัวรวม (∑ Saturated fatty acid) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (2282.20 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100 % (1751.26 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (1746.77 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (1685.25 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (1662.26 มิลลิกรัม/100กรัม)

องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่รวม (∑ Polyunsaturated fatty acid) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (2034.05 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 100 % (1673.47 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (1667.50 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (1608.35 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (1598.90 มิลลิกรัม/100กรัม)

องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวรวม (∑ Monounsaturated fatty acid) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (1616.30 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 100 % (1389.24 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (1338.79 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (1164.20 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (1115.21 มิลลิกรัม/100กรัม)

องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม (∑ Unsaturated fatty acid) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (3680.37 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 100 % (3062.71 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (2937.69 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (2782.71 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (2772.55 มิลลิกรัม/100กรัม)

กรดอะราชิโนดิก (Arachidonic acid, C20:4n6) ของของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% มีค่าสูงสุด (203.44 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 50 % (197.26 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (177.66 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (137.97 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (131.58 มิลลิกรัม/100กรัม)

Eicosopentaenoic (EPA; C20:5n3) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (274.31 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100 % (252.23 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (229.64 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (201.39 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (184.05 มิลลิกรัม/100กรัม)

Docosahexaenoic (DHA; C22:6n3) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (733.81 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100 % (651.12 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (605.53 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (499.04 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (478.91 มิลลิกรัม/100กรัม)

โอเมก้า 6 รวม (∑ n-6 PUFA) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (935.09 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 100 % (848.31 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมโปรตีนจากไก่ป่น 75% (819.89 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (681.60 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (673.29 มิลลิกรัม/100กรัม)

โอเมก้า 3 รวม (∑ n-3 PUFA) ของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (1093.49 มิลลิกรัม/100กรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100 % (966.00 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมจากไก่ป่น 25% (897.82 มิลลิกรัม/100กรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (787.60 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (748.10 มิลลิกรัม/100กรัม)

4.4 ต้นทุนการผลิตอาหารผสม

ต้นทุนการผลิตอาหารผสมของหอยหวานที่มีระดับไก่ป่นแตกต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) แสดงในตารางที่ 7 ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนการผลิตอาหารผสมของหอยหวานทั้ง 5 สูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% มีค่าต้นทุนการผลิตอาหารผสมสูงสุด (80.64 บาท/กิโลกรัม) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% (79.49 บาท/กิโลกรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% (78.31 บาท/กิโลกรัม) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (77.16 บาท/กิโลกรัม) และอาหารสูตรไก่ป่น 100% (75.98 บาท/กิโลกรัม) ตามลำดับ

4-5 คุณภาพน้ำทะเล

การศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในบ่อทดลองเลี้ยงหอยหวานระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอดเป็นเวลา 165 วันพบว่าคุณภาพน้ำทะเล (อุณหภูมิน้ำทะเล ความเค็มและความเป็นกรดด่าง) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดระยะเวลาการทดลองและคุณภาพน้ำทะเลในพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 8 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (http://marinegiscenter.dmcr.go.th) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง 2012) ดังนี้อุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยในช่วง 25.2 – 28.8 องศาเซลเซียส ความเค็มในช่วง 30.2 – 25.2 ส่วนในพันส่วนและความเป็นกรดด่างในช่วง 7.88 -8.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 คุณค่าทางอาหารของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

พารามิเตอร์	ปลาป่น 100%	ไก่ป่น 25%	ไก่ป่น 50%	ไก่ป่น 75%	ไก่ป่น 100%
โปรตีน (%)	17.02^{b} ±0.02	17.41^{b} ±0.02	19.32^{a} ±0.03	16.81^{c} ±0.03	15.29^{d} ±0.02
ไขมัน (%)	4.76^{c} ±0.0.3	4.68^{c} ±0.02	6.29^{a} ±0.03	4.83^{c} ±0.03	5.05^{b} ±0.01
คาร์โบไฮเดรต (%)	6.74^{b} ±0.03	6.06^{c} ±0.01	3.07^{e} ±0.02	5.70^{d} ±0.01	7.90^{a} ±0.02
เถ้า (%)	2.78^{b} ±0.03	2.77^{b} ±0.02	2.70^{b} ±0.01	2.73^{b} ±0.02	3.24^{a} ±0.01
ความชื้น (%)	68.97^{b} ±0.01	69.08^{b} ±0.02	68.62^{c} ±0.02	69.93^{a} ±0.01	68.52^{c} ±0.02
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/100 กรัม)	163.38^{a} ±0.01	163.42^{a} ±0.03	160.01^{a} ±0.02	135.65^{b} ±0.01	130.32^{c} ±0.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 องค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

Fatty acid (mg/100g)	ปลาป่น 100%	ไก่ป่น 25%	ไก่ป่น 50%	ไก่ป่น 75%	ไก่ป่น 100%
C12:0	5.39	8.68	82.40	9.11	7.24
C13:0	2.31	20.6	2.41	1.56	1.65
C14:0	169.75	155.12	220.84	134.85	136.19
C15:0	41.94	36.55	43.24	26.43	25.66
C16:0	1048.59	1011.14	1325.99	988.39	1042.28
C17:0	67.12	59.78	69.95	48.80	48.52
C18:0	341.74	337.25	448.78	383.29	418.33
C20:0	21.10	20.98	26.05	21.30	21.22
C21:0	4.76	5.00	6.47	5.15	4.98
C22:0	14.76	15.12	18.79	17.90	18.26
C23:0	7.39	4.94	4.69	4.75	4.20
C24:0	26.41	28.63	32.59	20.73	18.24
∑ Saturated fatty acid	**1751.26**^{b}	**1685.25**^{d}	**2282.20**^{a}	**1662.26**^{e}	**1746.77**^{c}
C14:1	1.70	1.51	2.25	1.62	2.00
C16:1n7	237.09	211.51	256.84	164.03	165.84
C18:1n9t	36.89	38.57	50.91	36.88	36.35
C18:1n9c	725.60	798.26	1146.26	1006.18	1036.13
C20:1n11	86.04	87.54	118.48	104.20	124.07
C22:1n9	9.59	9.48	11.54	8.15	8.29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

C24:1n9	18.30	17.33	30.04	17.73	16.56
∑ Monounsaturated fatty acid	1115.21^{e}	1164.20^{d}	1616.3^{a}	1338.79^{c}	1389.24^{b}
C18:2n6	457.67	492.19	724.49	678.52	700.06
C18:3n6	4.14	3.82	4.64	3.10	3.37
C18:3n3	54.43	54.76	76.91	77.89	79.91
C20:2	28.21	29.02	35.47	30.91	37.50
C20:3n6	8.04	7.93	8.67	6.69	6.73
C20:3n3	8.22	7.89	8.46	7.25	7.26
C20:4n6	203.44^{a}	177.66^{c}	197.29^{b}	131.58^{e}	137.97^{d}
C20:5n3	252.23^{b}	229.64^{c}	274.31^{a}	184.05^{e}	201.39^{d}
C22:6n3	651.12^{b}	605.53^{c}	733.81^{a}	478.91^{e}	499.04^{d}
∑ n-6 PUFA	673.29^{e}	681.60^{d}	935.09^{a}	819.89^{c}	848.13^{b}
∑ n-3 PUFA	966.00^{b}	897.82^{c}	1093.49^{a}	748.10^{e}	787.60^{d}
∑ Polyunsaturated fatty acid	1667.50^{c}	1608.35^{d}	2064.05^{a}	1598.90^{e}	1673.47^{b}
∑ Unsaturated fatty acid	2782.71^{d}	2772.55^{e}	3680.37^{a}	2937.69^{c}	3062.71^{b}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ

สูตรอาหาร		ปลาป่น100%		ไก่ป่น 25%		ไก่ป่น 50%		ไก่ป่น 75%		ไก่ป่น 100%	
วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กก)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)
ปลาป่น[1]	61.91	645.00	39.93	483.70	29.95	322.50	19.97	161.20	9.98	0.00	0.00
ไก่ป่น[2]	27.2	0.00	0.00	145.00	3.94	290.00	7.89	435.00	11.83	580.00	15.78
กากถั่วเหลือง[1]	19.88	50.00	0.99	50.00	0.99	50.00	0.99	50.00	0.99	50.00	0.99
แป้งสาลี[1]	16.33	30.00	0.49	30.00	0.49	30.00	0.49	30.00	0.49	30.00	0.49
เวทกลูเทน[1]	57.25	47.70	2.73	47.70	2.73	47.70	2.73	47.70	2.73	47.70	2.73
น้ำมันปลาทูน่า[1]	60	115.40	6.92	115.40	6.92	115.40	6.92	115.40	6.92	115.40	6.92
วิตามินรวม[3]	250	40.00	10.00	40.00	10.00	40.00	10.00	40.00	10.00	40.00	10.00
แร่ธาตุรวม[3]	250	40.00	10.00	40.00	10.00	40.00	10.00	40.00	10.00	40.00	10.00
เซลลูโลส[3]	300	31.90	9.57	48.20	14.46	64.40	19.32	80.70	24.21	96.90	29.07
รวม		**1000.00**	**80.64**	**1000.00**	**79.49**	**1000.00**	**78.31**	**1000.00**	**77.16**	**1000.00**	**75.98**

ที่มา : [1]สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย (เมษายน 2557) [2]บริษัท ฟีด มาร์ท จำกัด (เมษายน 2557) [3]บริษัท เคมีภัณฑ์ (มิถุนายน 2557

ตารางที่ 8 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงหอยหวานระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด

ระยะเวลา(วัน)	อุณหภูมิน้ำทะเล (องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ความเป็นกรด-ด่าง
15	28.8±0.05	29.8±0.05	8.30±0.01
30	28.7±0.11	30.0±0.00	8.24±0.04
45	28.7±0.05	29.8±0.05	8.27±0.03
60	28.7±0.05	30.2±0.05	8.33±0.04
75	28.3±0.11	30.0±0.00	8.31±0.02
90	28.0±0.00	30.2±0.05	8.20±0.02
105	28.3±0.11	30.0±0.00	8.19±0.05
120	28.2±0.05	30.0±0.00	8.26±0.02
135	25.2±0.05	26.2±0.06	7.89±0.01
150	25.2±0.06	25.2±0.06	7.88±0.02
165	28.2±0.05	29.7±0.05	8.28±0.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
วิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีนจากไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีอัตราการเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อสูงกว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไก่ป่น 100% และอาหารการทดลองควบคุมที่ใช้ปลาป่น 100% อัตราการรอดตายสุดท้ายของหอยหวานในทุกชุดการทดลองมีค่าสูงมากกว่า 90% เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไก่ป่น 50% มีองค์ประกอบกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวสูงกว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไก่ป่น 25%, 75%, 100% และอาหารควบคุมที่ใช้ปลาป่น 100% อย่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารผสมที่ใช้ไก่ป่น 25%, 50% และ 75% สามารถทดแทนการใช้ปลาป่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาหารผสมไก่ป่นในช่วง 25-75% สามารถส่งเสริมการเติบโตและคุณค่าทางอาหารของหอยหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงมีต้นทุนการผลิตอาหารที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Meeker DL 2006) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากเนื้อและกระดูกป่น (Meat and bone meal) ไก่ป่น (Poultry meal) เลือด (Blood meal) และปลาป่น (Fish meal) พบว่าไก่ป่นมีองค์ประกอบทางโภชนาการและมีความสามารถในการยอมรับของสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกับปลาป่นมากที่สุด นอกจากนี้การศึกษาของ (ชัชรียา เชยชม 2552) และ (เดือนนภา เอ่งฉ้วน 2553) พบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่ใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักและมีระดับโปรตีน 40% มีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 0.90 และ 0.75 กรัมต่อเดือนตามลำดับ (Chaitanawisuti N and Kritsanapuntu S 1999) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเมื่อให้เนื้อปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) เป็นอาหาร หอยหวานมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.68 นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นในอาหารผสมสำหรับการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดสามารถทำให้การเติบโต การรอดและคุณค่าทางโภชนาของผลผลิตหอยหวานดีขึ้นเช่นเดียวกับการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ จากการศึกษาของ (Yang Y 2004) พบว่าการนำไก่ป่นทดแทนปลาป่นในการเลี้ยงกุ้งขาวไวนาไม (*Litopenaeus vannamei*) สามารถใช้อาหารทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นถึง 80% และมีการเติบโตและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน (90.0 - 97.5%) จากการศึกษาของ (Rossita shapawi 2007) พบว่าการเลี้ยงปลากระรัง (*Cromileptes altivelis*) ที่ใช้อาหารผสมที่ทดแทนการใช้ปลาป่นด้วยไก่ป่น 3 ระดับ (25, 50 และ 75%) มีการเติบโตไม่แตกต่างกันและสามารถการทดแทนการใช้ปลาป่นด้วยไก่ป่นได้มากกว่า 50% และ (วรพรรณ มณีอินทร์ 2555) ได้เลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calacrifer*) โดยใช้อาหารผสมที่

ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับ พบว่าสามารถใช้ไก่ป่นทดแทนปลาป่นได้ถึง 50% และปลากะพงขาวมีอัตราการเติบโตที่ไม่แตกต่างกันกับอาหารชุดควบคุม โดย (Creezo 2008) รายงานว่าความแตกต่างของการเติบโตของหมึกสาย (Octopus vulgaris) ที่เลี้ยงด้วยอาหาผสมแบบกึ่งเปียกอาจเกิดจากปริมาณการกินอาหารผสมน้อยว่าอาหารธรรมชาติ โดยรวมถึงกลิ่นและรสชาติของอาหารผสม

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) เป็นเวลา 165 วันพบว่าคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อหอยหวาน (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ความชื้น และคอเลสเตอรอล) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณโปรตีนของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด (19.32%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และ อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% ตามลำดับ ส่วนปริมาณไขมันของเนื้อหอยหวานพบว่าหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีค่าสูงสุด รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% อาหารผสมไก่ป่น 75% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และปลาป่น 100% ตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลของเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และ 50% มีค่าสูงสุด รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (นรารัตน์ 2546) พบว่าเนื้อหอยหวานธรรมชาติมีปริมาณโปรตีน 18.03 % ไขมัน 2.39% และคอเลสเตอรอล (130.32 มิลลิกรัม/100กรัม) (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ 2556) พบว่าหอยหวานขนาดเล็ก (100-150 ตัว/กิโลกรัม) จากธรรมชาติมีค่าคอเลสเตอรอล 134 มิลลิกรัม/100กรัม นอกจากนี้การศึกษาของ (สราวุธ แสงสว่างโชติ 2552) พบว่าเนื้อของพ่อแม่พันธุ์หอยหวานที่กินอาหารผสมทุกสูตรการทดลองมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่ โอเมก้า 6 และ โอเมก้า 3 ในช่วง 5915.9 - 2260.8, 3005.3 – 1260.1, 1540.5 – 647.1, 841.9 – 161.2 และ 624.6 – 363.9 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ

บทที่ 6

สรุป

การศึกษาผลของการทดแทนการใช้ปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) ในอาหารผสมสำหรับเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นเป็นเวลา 165 วันสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. หอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25%, 50% และ 75% มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (0.80 - 0.84±0.01กรัมต่อเดือน) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (0.70±0.04 กรัมต่อเดือน) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (0.62±0.02 กรัมต่อเดือน)

2. อัตราการรอดสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% อาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% 50% 75% และ100% และอาหารควบคุมปลาป่น 100% มีอัตราการรอดสุดท้ายสูง (91.56 - 95.00 %)

3. เนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีปริมาณโปรตีนสูงสุด (19.32%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และ อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% (17.02% และ17.41%ตามลำดับ) อาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (16.81%) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (15.29%) ตามลำดับ

4. เนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% มีปริมาณไขมันสูงสุด (6.29%) รองลงมาคือเนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (5.05%) อาหารผสมไก่ป่น 75% (4.83%) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และปลาป่น 100% มีปริมาณไขมันต่ำสุด (4.68% และ 4.76%ตามลำดับ)

5. เนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมปลาป่น 100% และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 25% และ 50% มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงสุด (163.38, 163.42 และ 160.01 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ) รองลงมาคืออาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% (135.65 มิลลิกรัม/100กรัม) และอาหารสูตรผสมไก่ป่น 100% (130.32 มิลลิกรัม/100กรัม) ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. เนื้อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่ทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 50% มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่รวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม Eicosopentaenoic (EPA) และ Docosahexaenoic (DHA) กรดโอเมก้า 3 และกรดโอเมก้า 6 สูงที่สุด

7. อาหารสูตรผสมปลาป่น 100% มีค่าต้นทุนการผลิตสูงสุด (80.64 บาท/กิโลกรัม) รองลงมาคืออาหารผสมไก่ป่น 25% (79.49 บาท/กิโลกรัม) อาหารผสมไก่ป่น 50% (78.31 บาท/กิโลกรัม) อาหารผสมไก่ป่น 75% (77.16 บาท/กิโลกรัม) และอาหารผสมไก่ป่น 100% (75.98 บาท/กิโลกรัม) ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาผลของการทดแทนการใช้ปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ (0%, 25%, 50%, 75% และ 100%) ในอาหารผสมสำหรับเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะประกอบการพิจารณาใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยดังนี้

1. เมื่อคำนึงถึงการเติบโตและการรอดของหอยหวาน ผู้วิจัยเสนอแนะการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตและการรอดสูงสุด รวมถึงมีต้นทุนการผลิตอาหารสูตรผสมนี้มีราคาต่ำที่สุด (77.16 บาท/กิโลกรัม)

2. เมื่อคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตหอยหวาน ผู้วิจัยเสนอแนะการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นด้วยอาหารสูตรผสมไก่ป่น 50% เนื่องจากเนื้อหอยหวานมีคุณภาพทางโภชนาการได้แก่ ปริมาณโปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่รวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม Eicosopentaenoic (EPA) และ Docosahexaenoic (DHA) กรดโอเมก้า 3 รวม (∑ n-3 PUFA) และกรดโอเมก้า 6 รวม (∑ n-6 PUFA) มีค่าสูงที่สุด รวมถึงอาหารสูตรผสมนี้มีต้นทุนการผลิตอาหารผสมสูงกว่าอาหารสูตรผสมไก่ป่น 75% เพียง 1.15 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2012). "มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง." from (http://marinegiscenter.dmcr.go.th)

ขนิษฐา แสงงาม (2540). ผลของโปรตีนและไขมันในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่มีต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน *Babylonia areolata*, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัชรียา เชยชม (2552). ผลของบริเวอร์ยีสต์และนิวคลีโอไทด์ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของหอยหวาน *Babylonia areolata*. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชิดชนก รอดเรือง (2551). สัดส่วนโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เดือนนภา เอ่งฉ้วน (2553). ปริมาณน้ำมันปลาทูน่าและแอสตาแซนทินที่เหมาะสมในอาหารต่อการเติบโตและอัตรารอดของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทศพล สังข์ศิริทร์ (2550). ผลของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารผสมต่อการเติบโตและอัตราการรอดของหอยหวาน *Babylonia areolata* ในระบบการเลี้ยงแบบน้ำทะเลหมุนเวียนตลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธิติภพ สุขุมาล (2553). ผลของการเสริมวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดชีวิต และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยหวาน *Babylonia areolata*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ (2545). คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน หลักการและแนวการปฏิบัติ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, ศ. ก., วรรณณี แสนทวีสุข, สากล โพธิ์เพชร, (2556). การทำฟาร์มเพาะและเลี้ยงหอยหวานเชิงการค้าของประเทศไทย. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรพรรณ มณีอินทร์ (2555). การทดแทนปลาป่นด้วยเศษไก่ป่นในอาหารสำหรับปลากะพงขาว *Lates culcarifer*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วุฒิพร พรหมขุนทอง (2541). โภชนาศาสตร์สัตว์น้ำ (Aquatic Animal Nutrition), ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินท.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก (2542). โภชนาศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

.สมพิศ แย้มเกษม และศรัญญา เกตุมณี (2551). ความถี่ของการให้อาหารและการเจริญเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link,1807). เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2551. ศูนย์วิจัยและพัฒนาชายฝั่งระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง: 24

สราวุธ แสงสว่างโชติ (2552). การปรับปรุงคุณภาพพ่อแม่พันธ์หอยหวาน *Babylonia areolata* ด้วยอาหารเสริมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2555). การศึกษาเศรษฐกิจการผลิตการตลาดปลาป่นระบบประกันคุณภาพ. เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: 113.

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

AOAC (2012). Methods of Official Analysis Chemists. Arlington, VA, USA.

Chaitanawisuti N and Kritsanapuntu S (1999). "Effects of different feeding regimes growth, survival and feed conversion of hatchery-reared juveniles of the spotted Babylon, babylonia areolata Link 1807, in flow-through culture system." Aquaculture: 589-593.

Chaitanawisuti, N. C., C. and Piyatiratitivorakul, S. (2011). "Effects of dietary partial replacement of tuna oil by corn oil in formuted diet for growth

performance and proximate composition of juvennile spotted babylon (*Babylonia areorlaya*)." Research of Biology.

Fowler, L. G. (1991). "Poultry by-product meal as a diietary protein source in fall chinook salmon diets." Aquaculture: 309-321.

Meeker DL (2006). Essential Rendering: All About The Animal By-Products Industry. National Renderers Association**:** 95-110.

Rossita shapawi (2007). Replacement of fish meal with poultry by – product meal in diets formulated for the humpback grouper. Cromileptes altivelis. Aquaculture 273.

Yang Y , X. S., Zhu W and Yang Y, (2004). "Effect of replacemant of fish meal by mea and bone meal and poultry by-product meal in diets on the groeth and immune response of *Macrobrachium nipponense*." Fish and shellfish Immunology: 105-114.

Zhou J, Z. Q., Chi S , Yang Q, and Liu C, (2007). "Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization and digestive enzyme of juvenile ivory shell, *Babylonia areolate*." Aquaculture: 272.

Zhou J, Z. Q., Chi S , Yang Q, and Liu C, (2007). Optimal dietary protein requirement for juvenile ivory shell, *Babylonia areolata*. Aquaculture.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1) การวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl (AOAC 2012)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% (H_2SO_4)
2. สารเร่งรวม (catalyst mixture)
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร
4. สารละลาย bromocresol green
5. สารละลาย methyl red
6. สารละลาย mixed indicator
7. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่กระดาษกรองแก้ว 0.5 กรัม
2. นำตัวอย่างใส่ขวดสำหรับวิเคราะห์โปรตีน
3. เติมสารเร่งรวม (catalyst mixture) 10 กรัม
4. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% ปริมาณ 12 มิลลิลิตร
5. นำตัวอย่างเข้าเครื่องวิเคราะห์โปรตีน
6. บันทึกปริมาณโปรตีน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การวิเคราะห์ไขมันด้วยวิธี ether extract (AOAC 2012)

สารเคมี 1. สารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์

วิธีการ 1. เตรียมขวดแก้วโดยการนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง จากนั้นนำขวดแก้วเข้าโถดูดความชื้นและ ทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนักขวดแก้วแต่ล่ะอัน

2. นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างเข้าโถดูดความชื้นและ ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม

3. ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในไส้กรอง (thimble)

4. นำไส้กรองที่มีตัวอย่างใส่ในขวดวิเคราะห์

5. ใส่สารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ให้ท่วมตัวอย่าง

6. นำขวดวิเคราะห์ตัวอย่างเข้าเครื่องวิเคราะห์ (sotex system) ใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง

7. เปิดน้ำหล่อเย็นขณะเครื่องกำลังทำงาน

8. เมื่อครบกำหนดเวลา อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง

9. นำตัวอย่างที่อบแล้ว เข้าโถดูดความชื้นและทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนัก

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(W_3 - W_1)}{W_2} \times 100$$

เมื่อ : W_1 = น้ำหนักขวดวิเคราะห์พร้อมลูกแล้ว

W_2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W_3 = น้ำหนักขวดวิเคราะห์พร้อมลูกแล้วและน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การวิเคราะห์ความชื้นด้วยตู้อบความร้อน(hot air oven) (AOAC 2012)

<u>วิธีการ</u>

1. เตรียม plate โดยการนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง จากนั้นนำ plate เข้าโถดูดความชื้นและ ทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนัก plate แต่ล่ะอัน

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม พร้อมทั้งจดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างรวมกับน้ำหนัก plate

3. นำ plate ที่มีตัวอย่างเข้าตู้อบความร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

4. นำตัวอย่างที่อบแล้ว เข้าโถดูดความชื้นและทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนัก

5. ทำการทดลองซ้ำ จากข้อ 3-4 จนได้น้ำหนักที่คงที่

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(a - b)}{W} \times 100$$

เมื่อ : a = น้ำหนักอาหารก่อนอบ

b = น้ำหนักอาหารหลังอบ

w =น้ำหนักอาหารก่อนอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าด้วยวิธี muffle furnace combustion (AOAC 2012)

<u>วิธีการ</u>

1. เตรียมถ้วยกระเบื้อง โดยการนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องเข้าโถดูดความชื้น และทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนักถ้วยกระเบื้องแต่ละอัน
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม พร้อมทั้งจดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างรวมกับน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง
3. นำถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างเข้าเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 7 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างที่เผาแล้ว เข้าโถดูดความชื้นและทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนัก

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(a - b)}{W} \times 100$$

เมื่อ : a = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

b = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

w = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ 9 การเติบโตโดยน้ำหนัก(กรัม/ตัว) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับ เป็นเวลา 165 วัน (Mean±SE)

สูตรอาหาร	ปลาป่น 100%	ไก่ป่น 25%	ไก่ป่น 50%	ไก่ป่น 75%	ไก่ป่น 100%
น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม)	0.11±0.00	0.11±0.00	0.11±0.00	0.11±0.00	0.11±0.00
15 วัน (กรัม)	0.17±0.00	0.17±0.01	0.18±0.02	0.17±0.02	0.17±0.00
30 วัน (กรัม)	0.31±0.05	0.32±0.05	0.30±0.03	0.30±0.04	0.28±0.00
45 วัน (กรัม)	0.55±0.05	0.58±0.04	0.56±0.04	0.56±0.04	0.46±0.01
60 วัน (กรัม)	0.84±0.06	0.89±0.02	0.87±0.03	0.91±0.04	0.69±0.03
75 วัน (กรัม)	1.18±0.08	1.26±0.03	1.23±0.04	1.25±0.04	0.93±0.04
90 วัน (กรัม)	1.64±0.08	1.75±0.03	1.71±0.02	1.73±0.03	1.25±0.03
105 วัน (กรัม)	2.13±0.06	2.33±0.01	2.28±0.03	2.37±0.02	1.71±0.05
120 วัน (กรัม)	2.64±0.04	2.92±0.02	2.88±0.02	3.00±0.02	2.18±0.07
135 วัน (กรัม)	3.11±0.10	3.36±0.02	3.36±0.07	3.51±0.03	2.52±0.06
150 วัน (กรัม)	3.69±0.13	4.09±0.09	4.05±0.11	4.19±0.03	3.10±0.05
165 วัน (กรัม)	3.94±0.09	4.50±0.04	4.54±0.01	4.72±0.01	3.53±0.04

ตารางที่ 10 การกินอาหารของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่นต่างกัน 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

เวลา (วัน)	ปลาป่น100%	ไก่ป่น 25%	ไก่ป่น 50%	ไก่ป่น 75%	ไก่ป่น 100%
15	28.40±0.00	28.40±0.00	28.40±0.00	28.40±0.00	28.40±0.00
30	37.70±0.07	37.67±0.01	37.57±0.08	37.50±0.02	37.20±0.08
45	48.40±0.08	48.90±0.02	48.60±0.05	48.70±0.04	48.00±0.06
60	71.03±0.06	72.20±0.07	72.37±0.02	72.43±0.03	66.60±0.03
75	87.47±0.14	89.17±0.07	89.07±0.03	88.80±0.05	81.00±0.12
90	105.20±0.05	105.53±0.03	105.77±0.01	105.57±0.04	102.63±0.01
105	166.20±0.26	168.83±0.02	168.07±0.07	169.80±0.06	163.47±0.36
120	166.93±0.23	172.33±0.05	172.30±0.04	168.93±0.55	166.47±0.09
135	124.70±0.12	127.00±0.04	127.43±0.13	129.43±0.09	121.60±0.07
150	278.27±0.88	286.20±0.36	280.27±1.05	291.33±0.12	272.67±0.16
165	236.10±0.46	244.40±0.25	244.97±0.29	253.07±0.47	235.00±0.53
รวม	1350.40±0.93	1380.63±1.44	1374.80±1.63	1393.97±0.38	1323.03±0.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11 การกินอาหาร (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่น ด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน (3 ซ้ำ)

วันที่	ปลาป่น100%			ไก่ป่น 25%			ไก่ป่น 50%			ไก่ป่น 75%			ไก่ป่น 100%		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3
1	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
4	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
6	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

16	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1
17	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2
18	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	2.2
19	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3
20	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3
21	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.3	2.5	2.4
22	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5
23	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5
24	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6
25	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
26	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7
27	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7
28	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
29	2.7	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
30	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7
31	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.7
32	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.8	2.7	2.8	2.7
33	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8
34	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.8	3	2.9	2.9	3	2.9	2.8	2.9	2.8
35	3	3	2.9	3	3	3	2.9	3	3.1	3	3.1	3	2.9	3	3
36	3	3.1	3	3.1	3.1	3	3	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3	3.1	3.1

37	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.1
38	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
39	3.2	3.2	3.2	3.3	3.4	3.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
40	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4
41	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5
42	3.5	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.5	3.6	3.5	3.5	3.5	3.6	3.5	3.5
43	3.5	3.7	3.5	3.6	3.7	3.7	3.6	3.7	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6
44	3.7	3.8	3.6	3.8	3.8	3.7	3.7	3.8	3.7	3.6	3.8	3.8	3.6	3.7	3.7
45	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7
46	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
47	4	3.9	3.9	4	4	3.9	4	4	4	4	4	4	3.9	3.8	3.8
48	4	4	4.1	4.2	4.2	4	4	4.2	4	4.2	4.2	4.1	3.9	3.8	3.9
49	4.2	4	4.1	4.3	4.2	4.1	4.2	4.2	4.1	4.2	4.2	4.2	3.9	3.8	3.9
50	4.2	4.2	4.1	4.3	4.3	4.3	4.2	4.4	4.3	4.4	4.3	4.3	3.9	4	3.9
51	4.3	4.2	4.2	4.5	4.4	4.4	4.5	4.4	4.3	4.4	4.3	4.4	4	4	4
52	4.3	4.2	4.2	4.5	4.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.5	4.4	4.4	4	4.1	4
53	4.5	4.4	4.4	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.5	4.6	4.5	4.1	4.1	4.1
54	4.5	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.1	4.1	4.1
55	4.7	4.5	4.5	4.7	4.7	4.6	4.7	4.6	4.7	4.6	4.7	4.7	4.2	4.3	4.2
56	4.7	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.7	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.3	4.3	4.3
57	4.8	4.8	4.7	4.8	4.8	4.7	4.7	4.8	4.8	4.7	4.9	4.8	4.3	4.4	4.3

58	4.8	4.8	4.7	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	4.5	4.4	4.5
59	4.9	4.8	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9	4.9	5	4.8	5	4.9	4.5	4.6	4.5
60	4.9	5	5	5	5	4.9	5	5	5	5	5	5	4.5	4.7	4.6
61	5	5	5.1	5	5	5	5.1	5	5.2	5	5.1	5	4.5	4.7	4.6
62	5.3	5.3	5.4	5.4	5.5	5.4	5.4	5.5	5.4	5.4	5.3	5.4	5	5.1	5.1
63	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.5	5	5.1	5.1
64	5.3	5.6	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5	5.6	5.5	5.6	5.5	5.5	5.1	5.2	5.3
65	5.4	5.6	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.7	5.6	5.7	5.1	5.2	5.3
66	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6	5.7	5.1	5.2	5.3
67	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	5.8	5.8	5.7	5.8	5.8	5.7	5.1	5.4	5.4
68	5.7	5.8	5.7	5.8	5.9	5.9	5.8	5.9	5.8	5.8	5.8	5.9	5.1	5.3	5.4
69	5.8	5.9	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.3	5.4	5.4
70	5.8	6	5.8	5.8	6.1	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.3	5.4	5.4
71	6	6.1	5.8	6.1	6.2	6	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6	5.5	5.6	5.6
72	6	6.3	5.9	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.2	6	5.5	5.6	5.6
73	6.1	6.3	6	6.2	6.4	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.2	5.5	5.6	5.6
74	6.1	6.3	6.1	6.4	6.4	6.4	6.3	6.4	6.4	6.4	6.3	6.3	5.7	5.7	5.7
75	6.3	6.5	6.2	6.4	6.5	6.4	6.5	6.4	6.4	6.5	6.5	6.3	5.7	5.7	5.7
76	6.3	6.5	6.4	6.4	6.5	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	5.8	5.9	5.9
77	6.3	6.5	6.4	6.4	6.5	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	5.8	5.9	5.9
78	6.5	6.6	6.6	6.5	6.7	6.5	6.5	6.7	6.7	6.7	6.7	6.6	6.3	6.3	6.3

79	6.8	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.8	6.8	6.9	6.8	6.8	6.7	6.5	6.6	6.7
80	7	7	7.1	7	7.1	7.1	7	7.1	7.1	7	7.1	7	6.8	6.9	6.9
81	7.2	7.2	7.2	7.3	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3	7.2	7.2	7.3	7	7.1	7.1
82	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2
83	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.5	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4	7.4
84	7.6	7.7	7.7	7.6	7.7	7.6	7.7	7.7	7.6	7.8	7.7	7.6	7.6	7.6	7.5
85	7.7	7.8	7.8	7.8	7.7	7.8	7.8	7.8	7.7	7.8	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7
86	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7
87	8.1	8	8	8	8.1	8.1	8	8.1	8	8.1	8	8.1	7.9	7.8	7.9
88	8.2	8.3	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	8.1	8.1	8
89	8.3	8.4	8.4	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3	8.4	8.4	8.1	8.2	8.1
90	8.4	8.4	8.5	8.6	8.6	8.5	8.6	8.5	8.6	8.5	8.5	8.4	8.2	8.2	8.2
91	8.5	8.5	8.6	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7	8.6	8.5	8.5	8.5
92	8.6	8.6	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8	8.7	8.6	8.9	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7
93	8.7	8.7	8.7	8.8	8.9	8.9	9	8.9	8.7	8.9	8.8	8.9	8.7	8.7	8.8
94	8.8	8.9	8.9	9	9.1	9.1	9.1	9	8.9	9.2	9	9.1	8.9	8.9	9
95	9	9.1	9.2	9.2	9.3	9.3	9.2	9.3	9.1	9.3	9.3	9.3	9.1	9.1	9.2
96	9.2	9.3	9.3	9.4	9.5	9.5	9.4	9.4	9.3	9.5	9.5	9.5	9.3	9.2	9.4
97	9.3	9.4	9.6	9.5	9.6	9.6	9.6	9.6	9.5	9.7	9.5	9.7	9.4	9.5	9.6
98	9.3	9.4	9.7	9.6	9.6	9.7	9.6	9.6	9.5	9.8	9.5	9.8	9.4	9.6	9.7
99	9.5	9.6	9.9	9.8	9.8	9.9	9.7	9.7	9.7	9.9	9.7	9.9	9.7	9.7	9.9

100	9.7	9.8	10.2	10	10	10.2	9.9	9.9	9.9	10.1	9.9	10.2	9.7	9.9	10.2
101	9.9	10	10.3	10.2	10.2	10.3	10.1	10.2	10.1	10.3	10.3	10.4	9.9	10.2	10.4
102	10.2	10.3	10.5	10.4	10.4	10.3	10.5	10.4	10.3	10.5	10.5	10.6	10.2	10.3	10.4
103	10.3	10.4	10.7	10.6	10.6	10.6	10.5	10.6	10.5	10.7	10.7	10.8	10.4	10.5	10..6
104	10.5	10.6	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.7	10.9	10.9	10.9	10.6	10.6	10.7
105	10.6	10.7	11	11	10.9	10.9	11	11	11	11.1	11.1	11	10.8	10.9	11
106	10.9	10.9	11.3	11.3	11.3	11.2	11.2	11.2	11.3	11.4	11.3	11.3	11	11.1	11.3
107	11.2	11.3	11.5	11.5	11.4	11.4	11.5	11.4	11.5	11.5	11.5	11.4	11.3	11.3	11.4
108	11.6	11.5	11.7	11.8	11.7	11.7	11.8	11.7	11.8	11.8	11.8	11.8	11.5	11.5	11.6
109	11.8	11.7	11.9	12	11.9	11.9	12	11.9	12	12	12	12	11.7	11.7	11.8
110	12	11.9	12.1	12.2	12.1	12.2	12.2	12.1	12.3	12.2	12.3	12.2	11.9	11.9	12
111	12.3	12.1	12.4	12.5	12.4	12.5	12.5	12.4	12.6	12.5	12.6	12.5	12.2	12.3	12.3
112	12.6	12.5	12.7	12.8	12.7	12.8	12.8	12.7	12.9	12..8	12.9	12.8	12.5	12.5	12.6
113	12.7	12.7	13	13.2	13	13	13.1	13	13.1	13.1	13.2	13.1	12.8	12.8	12.8
114	12.9	12.9	13.2	13.5	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.4	13.5	13.4	13	13.1	13.2
115	13.1	13	13.4	13.7	13.6	13.6	13.6	13.7	13.6	13.7	13.7	13.6	13.2	13.2	13.3
116	13.2	13.1	13.6	13.9	13.9	13.9	13.8	13.9	13.9	14	14	14	13.2	13.3	13.5
117	13.3	13.2	13.7	14.1	14.1	14.1	14	14	14	14.2	14.1	14.2	13.3	13.4	13.6
118	13.5	13.4	13.8	14.4	14.3	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.3	14.4	13.3	13.5	13.6
119	13.5	13.4	13.8	14.4	14.3	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.3	14.4	13.3	13.5	13.6
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

121	13.7	13.8	14.1	14.6	14.5	14.5	14.5	14.5	14.6	14.8	14.6	14.6	13.5	13.6	13.8
122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
123	17.3	17.6	17.4	17.8	17.8	17.7	17.7	18.1	17.7	18	18.3	18.1	16.8	17	17
124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	17.5	17.8	17.6	18	18	17.9	17.9	18.3	17.9	18.2	18.5	18.3	17	17.2	17.2
126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
127	17.6	17.9	17.6	18.1	18	17.9	18	18.4	18	18.3	18.5	18.4	17.1	17.4	17.3
128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
129	17.7	18	17.8	18.2	18.2	18.1	18.1	18.5	18.1	18.4	18.7	18.5	17.2	17.5	17.4
130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
131	17.8	18.2	18	18.4	18.4	18.3	18.1	18.5	18.2	18.5	18.7	18.5	17.3	17.5	17.5
132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
133	17.9	18.2	18	18.4	18.4	18.3	18.3	18.7	18.3	18.6	18.9	18.7	17.5	17.7	17.7
134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135	17.9	18.2	18.1	18.4	18.4	18.3	18.4	18.7	18.4	18.6	18.9	18.7	17.8	17.8	17.9
136	17.2	17.9	17.6	18	18.1	17.9	18.6	17.3	17.5	18.3	18.3	18.4	17.1	17.4	17.3
137	17.7	18	17.8	18.2	18.2	18.1	18.8	17.6	17.5	18.4	18.5	18.5	17.2	17.5	17.4
138	15.3	15.6	15.4	15.8	15.9	15.7	16	14.2	15.7	16	16.2	16.1	15	15	15
139	15.3	15.8	15.5	15.9	16.1	15.8	16.3	14.3	15.7	16	16.3	16.2	15.2	15.2	15.2
140	15.3	16	15.7	16	16.3	15.8	16.5	14.5	15.8	16.2	16.4	16.4	15.3	15.2	15.4
141	15.5	16.2	15.9	16.2	16.5	16	16.8	14.6	16	16.4	16.6	16.6	15.5	15.2	15.6

142	15.5	16.4	15.9	16.2	16.7	16.1	17.1	14.7	16.1	16.4	16.7	16.6	15.5	15.2	15.6
143	15.5	16.5	16	16.3	16.9	16.1	17.2	14.8	16.1	16.5	16.7	16.7	15.6	15.2	15.7
144	15.6	16.7	16.1	16.4	17	16.3	17.4	15.1	16.2	16.6	16.8	16.8	15.8	15.3	15.8
145	15.8	16.7	16.2	16.5	17.2	16.3	17.6	15.1	16.3	16.7	16.9	16.9	15.8	15.3	15.9
146	15.8	16.8	16.2	16.5	17.4	16.3	17.8	15.1	16.4	16.8	17.1	16.9	15.9	15.4	15.9
147	15.9	17	16.3	16.7	17.6	16.5	17.8	15.3	16.5	17	17.3	17.1	16.3	15.8	16.1
148	15.9	17.2	16.3	16.9	17.7	16.6	17.9	15.5	16.7	17.2	17.5	17.3	16.5	16	16.2
149	15.9	17.3	16.5	16.9	17.8	16.8	17.9	15.7	16.9	17.4	17.7	17.5	16.7	16.2	16.4
150	16	17.5	16.5	17.1	17.8	16.9	18.1	15.9	16.9	17.6	17.9	17.7	16.8	16.4	16.6
151	16	17.5	16.8	17.3	17.9	17	18.1	16.1	17.1	17.8	18	17.9	17	16.6	16.8
152	16.1	17.7	17	17.5	17.9	17	18.3	16.3	17.1	17.9	18.2	18.1	17.2	16.8	17
153	16.6	17.7	17.1	17.6	17.9	17.3	18.3	16.6	17.2	17.9	18.2	18.1	17.2	17	17
154	16.9	17.7	17.3	17.8	18	17.6	18.3	17	17.6	18.2	18.3	18.4	17.4	17.3	17.1
155	17.2	17.7	17.5	18	18.1	17.9	18.3	17.4	17.9	18.5	18.4	18.7	17.7	17.6	17.2
156	17.5	17.7	17.7	18.2	18.2	18.2	18.4	17.8	18.2	18.8	18.5	19	17.7	17.9	17.3
157	17.8	17.7	17.9	18.4	18.3	18.5	18.4	18.2	18.5	19.1	18.6	19.3	17.8	18.2	17.4
158	18.1	17.8	18.1	18.6	18.4	18.8	18.4	18.6	18.8	19.4	18.7	19.6	17.8	18.5	17.5
159	18.4	17.8	18.3	18.8	18.5	19.1	18.4	19	19.1	19.7	18.8	19.9	17.9	18.8	17.6
160	18.7	17.8	18.5	19	18.6	19.4	18.5	19.4	19.4	20	18.9	20.2	17.9	19.1	17.7
161	19	17.8	18.7	19.2	18.7	19.7	18.5	19.8	19.7	20.3	19	20.5	18	19.4	17.8
162	19.3	17.8	18.9	19.4	18.8	20	18.5	20.2	20	20.6	19.1	20.8	18	19.7	17.9

163	19.6	17.9	19.1	19.6	18.9	20.3	18.5	20.6	20.3	20.9	19.2	21.1	18	20	18
164	19.9	17.9	19.3	19.8	19	20.6	18.6	21	20.6	21.2	19.3	21.4	18.2	20.3	18.1
165	20.2	17.9	19.5	20	19.1	20.9	18.6	21.4	20.9	21.5	19.4	21.7	18.2	20.6	18.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 การตาย (ตัว) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน (3 ซ้ำ)

วันที่	ปลาป่น100%			ไก่ป่น 25%			ไก่ป่น 50%			ไก่ป่น 75%			ไก่ป่น 100%		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3	ซ้ำ 1	ซ้ำ R2	ซ้ำ R3
1	2	1	-	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2
2	-	2	1	-	2	-	-	-	-	1	2	-	1	2	2
3	1	1	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1
4	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	2
5	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
6	-	-	-	1		1	-	1	-	-	1	-	-	1	-
7	1	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	2	-	1	-
8	-	1	-	1	1	1	-	2	-	-	1	1	-	2	2
9	1	-	-	1	-	2	-	-	-	1	-	-	1	-	1
10	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	1	-
11	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2
12	-	-	-	2	-	1	1	-	-	1	-	1	-	1	1
13	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-
14	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
15	-	-	-		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
16	1	1	-	1	-	1	-	-	-	2	-	1	2	-	1
17	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-	1	1	-
18	-	-	1	-	-	-	1	-	-	2	1	1	-	2	-

19	-	-	-	-	-	-	-	1		2	-	-	1	-	1
20	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	1	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	1
22	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	2	2	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	2	-	1	-
24	-	1	-	1	-	-	-	1	-	2	-	-	2	2	1
25	1	-	-	-	-	-	-	-	1		-	-	1	1	-
26	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-
27	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1
29	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
30	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
31	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	1	2	1	1
32	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-
33	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
34	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
35	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	-	-	1	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-
47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
126	2	1	1	1	-	1	-	-	-	1	-	1	2	-	2
127	1	1	1	-	2	-	-	2	-	1	2	1	-	-	-
128	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
129	1	-	-	-	-	2	1	2	-	-	-	1	1	1	-
130	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2	2	1	-	-
131	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
132	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
133	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

134	-	1	-	-	-	1	-	1	2	-	-	-	-	1	-
135	1	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
136	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	2	1
137	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
138	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-
139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
142	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
144	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
145	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
149	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
151	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
154	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
159	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
161	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
164	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 การเติบโตโดยน้ำหนัก (กรัมต่อตัว) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน (3 ซ้ำ)

ข้อมูลการเจริญเติบโต	ปลาป่น100%			ไก่ป่น 25%			ไก่ป่น 50%			ไก่ป่น 75%			ไก่ป่น 100%		
	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
15 วัน (กรัม)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
30 วัน (กรัม)	0.29	0.35	0.29	0.29	0.34	0.33	0.29	0.32	0.30	0.28	0.32	0.31	0.28	0.28	0.28
45 วัน (กรัม)	0.53	0.59	0.52	0.54	0.60	0.59	0.55	0.60	0.53	0.53	0.57	0.59	0.45	0.47	0.45
60 วัน (กรัม)	0.85	0.89	0.78	0.87	0.92	0.89	0.84	0.90	0.86	0.86	0.93	0.93	0.66	0.70	0.71
75 วัน (กรัม)	1.16	1.28	1.11	1.23	1.30	1.24	1.20	1.28	1.22	1.23	1.30	1.23	0.88	0.95	0.95
90 วัน (กรัม)	1.63	1.75	1.54	1.71	1.79	1.75	1.67	1.73	1.71	1.69	1.77	1.74	1.22	1.26	1.28
105 วัน (กรัม)	2.08	2.24	2.08	2.33	2.36	2.32	2.29	2.31	2.23	2.34	2.40	2.36	1.65	1.71	1.78
120 วัน (กรัม)	2.57	2.71	2.62	2.95	2.92	2.88	2.90	2.89	2.84	2.98	3.03	2.99	2.08	2.16	2.28
135 วัน (กรัม)	3.00	3.32	3.02	3.37	3.38	3.32	3.26	3.51	3.29	3.47	3.57	3.49	2.41	2.57	2.58
150 วัน (กรัม)	3.50	3.97	3.58	4.21	4.18	3.89	4.31	3.94	3.90	4.15	4.27	4.15	3.01	3.10	3.18
165 วัน (กรัม)	3.81	4.15	3.85	4.54	4.56	4.40	4.52	4.57	4.52	4.70	4.75	4.70	3.46	3.59	3.54

ภาคผนวก ค. วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 14 วิเคราะห์การกิน (กรัม) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	859.890	4	214.973	.033	.998
Within Groups	1048914.342	160	6555.715		
Total	1049774.232	164			

Duncan

สูตรอาหาร	N	Subset for alpha = 0.05
		1
ไก่ป่น 100%	33	120.2758
ปลาป่น 100%	33	122.7636
ไก่ป่น 50%	33	124.9818
ไก่ป่น 25%	33	125.5121
ไก่ป่น 75%	33	126.7242
Sig.		.779

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 15 วิเคราะห์อัตราการตาย (%) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24.400	4	6.100	.790	.533
Within Groups	1235.394	160	7.721		
Total	1259.794	164			

Duncan

สูตรอาหาร	N	Subset for alpha = 0.05
		1
ไก่ป่น 75%	33	1.3636
ไก่ป่น 50%	33	1.3939
ปลาป่น 100%	33	1.5455
ไก่ป่น 25%	33	2.0909
ไก่ป่น 100%	33	2.3030
Sig.		.228

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 วิเคราะห์น้ำหนักสุดท้ายของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.937	4	.734	76.314	.000
Within Groups	.096	10	.010		
Total	3.033	14			

Duncan

TR	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
ไก่ป่น 100%	3	3.5300			
ปลาป่น 100%	3		3.9367		
ไก่ป่น 25%	3			4.5000	
ไก่ป่น 50%	3			4.5367	
ไก่ป่น 75%	3				4.7167
Sig.		1.000	1.000	.657	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 17 วิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, % day^{-1}) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.067	4	.017	78.594	.000
Within Groups	.002	10	.000		
Total	.069	14			

Duncan

TR	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
ไก่ป่น 100%	3	2.1000			
ปลาป่น 100%	3		2.1667		
ไก่ป่น 25%	3			2.2500	
ไก่ป่น 50%	3			2.2533	
ไก่ป่น 75%	3				2.2800
Sig.		1.000	1.000	.786	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 18 วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.248	4	.062	35.161	.000
Within Groups	.018	10	.002		
Total	.265	14			

Duncan

สูตรอาหาร	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ไก่ป่น 75%	3	1.0900		
ไก่ป่น 50%	3	1.1133		
ไก่ป่น 25%	3	1.1367		
ปลาป่น 100%	3		1.2367	
ไก่ป่น 100%	3			1.4400
Sig.		.222	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ตารางที่ 19 วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อ (PER) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไก่ป่น 5 ระดับเป็นเวลา 165 วัน

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.041	4	.010	41.784	.000
Within Groups	.002	10	.000		
Total	.044	14			

Duncan

สูตรอาหาร	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
ไก่ป่น 75%	3	.4433			
ไก่ป่น 50%	3	.4533	.4533		
ไก่ป่น 25%	3		.4767		
ปลาป่น 100%	3			.5300	
ไก่ป่น 100%	3				.5833
Sig.		.454	.099	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพรรณเทพ เขียนดวง เกิดเมื่อ 13 เมษายน 2531 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลาย แผนการเรียน วิทย์-คณิต โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2549 สำเร็จระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และการจัดการ สาขาผลิตกรรมชีวภาพทางน้ำ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาศึกษาต่อระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554

นำเสนอผลงานและตีพิมพ์งานวิจัยฉบับเต็ม การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 4 “วิทยาการในโลกของทะเลสีคราม: Blue Ocean Scienceระหว่างวันที่ ๑๐-๑๒ มิถุนายน ๒๕๕๗ ณ. ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ ๖๐ ปี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University