ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus,1758 ในระบบทดลองทางโภชนาการ

นายมนตรี อินทร์นวล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMUM PROTEIN LEVEL OF ABALONE *Haliotis asinina* Linnaeus, 1758 READY MADE DIETS IN NUTRITIONAL EXPERIMENTAL SYSTEM

Mr. Montree Ainnoun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus, 1758 ในระบบทดลองทางโภชนาการ
โดย	นายมนตรี อินทร์นวล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. พอจำ อรัณยกานนท์

คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร. พอจำ อรัณยกานนท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. บรรจง เทียนส่งรัศมี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มนตรี อินทร์นวล : ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus, 1758 ในระบบทดลองทางโภชนาการ (OPTIMUM PROTEIN LEVEL OF ABALONE *Haliotis asinina* Linnaeus, 1758 READY MADE DIETS IN NUTRITIONAL EXPERIMENTAL SYSTEM) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. พอจำ อรัณยกานนท์, 116 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus ในระบบทดลองทางโภชนาการ โดยขั้นต้นได้ศึกษาผลของความเข้มแสง 5 ระดับคือ 400, 200, 100, 50 และ 0 ลักซ์ ต่อการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* เมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จ พบว่า ระดับความเข้มแสง 400 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อจะไม่ออกจากที่หลบซ่อนไม่ว่าจะมีอาหารสำเร็จหรือไม่ก็ตาม และที่ระดับความเข้มแสง 200 ลักซ์และ100 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อในรางที่มีอาหารออกจากที่หลบซ่อนมากกว่ารางที่ไม่มีอาหาร ที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อจะออกจากที่หลบซ่อนไม่ว่าจะมีอาหารหรือไม่มีอาหารสำเร็จและที่ระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์ (มืดสนิท) หอยเป๋าฮื้อจะออกจากที่หลบซ่อนมากที่สุด ดังนั้นระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์ เป็นระดับความเข้มแสงที่ดีที่สุดในการกระตุ้นหอยเป๋าฮื้อให้ออกจากที่หลบซ่อน ต่อมาศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรชนิดของสารดึงดูด 4 ชนิด คือ ถั่วเหลืองป่น รำป่น สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) และปลาป่น เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่ใส่สารดึงดูด) พบว่าปลาป่นเป็นสารดึงดูดที่ดีที่สุด ต่อมาศึกษาหน่วยทดลองของระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาด 2.40±0.16 cm. น้ำหนัก 3.00±0.63 g. ในภาชนะพลาสติกทรงกลมทึบแสง พลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสง พลาสติกทรงกลมโปร่งแสง และพลาสติกทรงเหลี่ยมโปร่งแสง เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ผลที่ได้คือ หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสง มีอัตราการเติบโตดีที่สุด การทดลองสุดท้ายทำการศึกษา ระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อที่มีขนาดความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 2.04±0.03 cm. น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.70±0.09 g. ในภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสง ความหนาแน่น 1 ตัวต่อหน่วยการทดลอง เป็นเวลา 24 สัปดาห์ ระดับโปรตีนในอาหารทดลองมี 5 ระดับคือ 35%, 30%, 25%, 20% และ 15% และระดับไขมันมี 2 ระดับ คือ 0% และ 5% ผลการทดลองพบว่าอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 30% ไขมัน 0% พลังงานรวม 396 kcal/100g และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน 13:1 ให้ผลการเติบโตดีที่สุด

ภาควิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต มนตรี อินทร์นวล

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

4972437423 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORDS : ABALONE/ READY MADE DIETS /LIGHT INTENSITY/ ATTRACTANT/ PROTEIN AND LIPID LEVEL/NUTRIENT REQUIREMENT

MONTREE AINNOUN : OPTIMUM PROTEIN LEVEL OF ABALONE *HALIOTIS ASININA* Linnaeus, 1758 READY MADE DIETS IN NUTRITIONAL EXPERIMENTAL SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D., THESIS COADVISOR :PORCHAM ARANYAKANANDA, Ph.D. , 116 pp.

The objective of this research was to study the suitable protein level in the artificial diet for abalone *Haliotis asinina* Linnaeus in a nutritional requirement experimental system. The first experiment was designed to study the effect of 5 different levels of light intensity which were 400, 200, 100, 50 and 0 lux on shelter leaving behavior of abalone in the presence and absence of formulated diet. At 400 lux, no abalone was seen outside the shelter in the presence or absence of compound diet. More abalone left the shelter in the presence of diet than in the absence of diet at 200 and 100 lux. At 50 lux, abalone left the shelter no matter what the diet was presented or absented. Most of the abalone left the shelter when it was totally dark (0 lux). The second experiment was conducted to select the best attractant in the diet for abalone. Soybean meal, rice bran, spirulina and fish meal were chosen as attractants and compared to control diet (shrimp feed). The result revealed that fish meal was the best attractant for abalone diet. The third experiment was conducted to select the suitable shape and transparency of the experimental unit. Four different patterns of experimental unit were transparent rectangular shape, transparent cylindrical shape, opaque rectangular shape and opaque cylindrical shape. The result showed that the opaque rectangular shape was the most suitable pattern for the experimental unit. The last experiment was conducted to obtain the optimal protein level of the compound diet for abalone. Five different protein levels (35, 30, 25, 20 and 15%) and 2 lipid levels (0 and 5%) were assigned to formulate 10 test diets with a control diet (shrimp feed). The result revealed that the diet contained 30% protein and 0% lipid with gross energy of 396 kcal/100g and E/P ratio of 13:1 was the suitable diet for abalone *Haliotis asinina* under the experimental condition.

Field of Study : Biotechnology

Academic Year : 2009

Student's Signature Montree Ainnoun

Advisor's Signature R. Sanguandeekul

Co-Advisor's Signature P. Aydl

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง และร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. พอจำ อรัณยกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้การดูแลและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณดร. บรรจง เทียนส่งรัศมี ที่ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งกรุณาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา ที่ร่วมเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งกรุณาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีวิจัยการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการไปทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณนักวิจัยและอาจารย์ทุกท่านของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์ ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดจนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อน ๆ ปริญญาโททุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจกันมาตลอดการวิจัย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน คำแนะนำ และให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์..... 3

หอยเป๋าฮื้อ 3

ความต้องการทางโภชนาการ..... 9

3 วิธีการทดลอง..... 22

สัตว์ทดลอง 22

วัตถุดิบเตรียมอาหารทดลอง..... 22

สารเคมี..... 22

อุปกรณ์..... 23

4 ผลการทดลอง..... 34

5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 63

6 สรุปผลการทดลอง..... 75

ข้อเสนอแนะ..... 77

รายการอ้างอิง..... 78

ภาคผนวก..... 83

ภาคผนวก ก 84

ภาคผนวก ข..... 93

ภาคผนวก ค..... 95

ภาคผนวก ง..... 97

ภาคผนวก จ..... 101

ภาคผนวก ฉ..... 106

หน้า

ภาคผนวก ช..... 115
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..……..……..…….. 116

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะของหอยเป๋าฮื้อไทย……..……..	7
2.2	ชนิดกรดอะมิโนที่จำเป็น (Indispensable Amino Acid) และไม่จำเป็น (Dispensable Amino Acid) สำหรับสัตว์น้ำ ……	11
2.3	อัตราส่วนของกรดอะมิโนแต่ละตัวในเนื้อหอยเป๋าฮื้อ……..	12
2.4	ชนิดของสารดึงดูดที่ใช้ในอาหารหอยเป๋าฮื้อ ……..	20
2.5	งานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ในประเทศไทย……..……..	21
3.1	ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาสารดึงดูดที่เหมาะสม (กรัม/100กรัมอาหาร)…….....	26
3.2	ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสม ทั้ง 10 สูตร.....	31
4.1	ความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของสารดึงดูดเมื่อเวลาครบ 180 นาที.....	37
4.2	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรที่ใส่รำเป็นสารดึงดูดเป็นเวลา 180 นาที.....	38
4.3	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรอาหารที่ใส่การถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูดเป็นเวลา 180 นาที.....	39
4.4	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองกับสูตรอาหารที่ใส่สาหร่ายเป็นสารดึงดูดเป็นเวลา 180 นาที……...	39
4.5	จำนวนหอยเป๋าฮื้อรวม (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ใส่สาหร่ายเกลียวทองเป็นสารดึงดูดกับปลาป่นเป็นสารดึงดูด 180 นาที.....	40
4.6	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูดกับอาหารสูตรมาตรฐาน (อาหารกุ้ง) เป็นเวลา 180 นาที……..	41
4.7	อัตราความหนาแน่น น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อสัปดาห์ต่างๆ เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง (mean±SD)……..	43

ตารางที่		หน้า
4.8	ตาราง ANOVA วิเคราะห์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) รูปทรงของภาชนะพลาสติก (กลม, เหลี่ยม) กับ ความโปร่งแสง (ทึบ, โปร่งแสง)……..	44
4.9	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(%ต่อวัน) ของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในภาชนะพลาสติกที่แตกกัน 4 แบบ เป็นเวลา 16 สัปดาห์ (mean±SD)……..	44
4.10	อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยรูปทรงภาชนะที่แตกต่างกัน 4 แบบด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน เป็นเวลา 16 สัปดาห์……..	45
4.11	ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความเปลือกหอยเป๋าฮื้อ วิเคราะห์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ระหว่างระดับโปรตีนกับระดับไขมัน……	46
4.12	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test แสดงความต่างหรือเหมือนกันของระดับโปรตีนต่างๆ……..	46
4.13	สรุปค่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ได้ดังนี้……	47
4.14	น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 (mean±SD)……..	47
4.15	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ (mean±SD)……..	48
4.16	ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นเวลา24 สัปดาห์ (mean±SD)……	49
4.17	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ (mean±SD)……	49
4.18	อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์……	50

ตารางที่		หน้า
4.19	สรุป น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม) น้ำหนักสุดท้าย(กรัม) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของน้ำหนัก SGR (% ต่อวัน) ความยาวเริ่มต้น (ซม.) ความยาวสุดท้าย (ซม.) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาว SGR (% ต่อวัน) อัตราการรอดตาย(%) และอัตราการเนื้อ (FCR) ของ เปลี่ยนอาหารเป็นหอยเป๋าฮื้อที่นำมาทดลองอาหารทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	51
4.20	สมการเอกซ์โพเนนเชียลและค่า R-squared ที่ได้จากกราฟแนวโน้มของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย.....	52
4.21	สมการเอกซ์โพเนนเชียลและค่า R-squared ที่ได้จากกราฟแนวโน้มของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(กรัม).....	53
4.22	สภาวะเจริญพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร	54
4.23	สภาวะเจริญพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร.....	54
4.24	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่แสดงสภาวะเจริญพันธุ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร.....	55
4.25	ความยาว (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กรัม) และจำนวนวันที่หอยอยู่ได้หลังจากอดอาหาร.....	57
4.26	น้ำหนักเฉลี่ยส่วนต่างๆของหอยเป๋าฮื้อ(กรัม)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	59
4.27	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเฉพาะส่วนที่เป็นเท้าไม่รวมลำไส้ เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	60
4.28	องค์ประกอบทางเคมี ระดับพลังงาน และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนในอาหารสำเร็จ 11 สูตร.....	61
4.29	คุณภาพน้ำในขณะทำการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ.....	62
5.1	องค์ประกอบทางเคมีของสารดึงดูดทั้ง 5 ชนิดเปรียบเทียบกับกรดอะมิโนในเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	64
5.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองการศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*.....	71
ง.1	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาทีตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 ไม่มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 1.....	97

ตารางที่		หน้า
ง.2	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาที ตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 1.....	98
ง.3	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาที ตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 ไม่มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 2.....	99
ง.4	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาที ตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 2.....	100
จ.1	ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะเหลี่ยมโปร่งแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552).....	102
จ.2	ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะเหลี่ยมทึบแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552).....	103
จ.3	ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะกลมโปร่งแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552).....	104
จ.4	ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะกลมทึบแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552).....	105
ฉ.1	ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อเริ่มต้นการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 0 (เดือนสิงหาคม2552).....	107
ฉ.2	ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 8 (เดือนตุลาคม2552).....	109
ฉ.3	ความยาว (ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 16 (เดือนธันวาคม2552).....	111

ตารางที่		หน้า
ฉ.4	ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลอง ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 24 (เดือนกุมภาพันธ์ 2553).....	113
ช.1	ราคาสูตรอาหาร สูตร 2 (โปรตีน 30% ไขมัน 0%)……....	115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	หอยเป๋าฮื้อพันธุ์ไทยชนิด *Haliotis asinina*…….……	4
2.2	เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิดที่พบในประเทศไทย……..	4
2.3	ลักษณะอวัยวะภายในที่อยู่ใต้เปลือกของหอยเป๋าฮื้อ……..	5
2.4	อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเพศผู้และเพศเมีย.....	6
2.5	วงจรชีวิตหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina*……...	6
2.6	เปรียบเทียบผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด ในช่วงปี 1970-1980 กับ ปี 2002…….	8
2.7	เปรียบเทียบผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั้งหมดของแต่ละประเทศ ในช่วงปี 1970-1980 กับ ปี 2002……	8
3.1	ระบบทดลองการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จรูป.....	24
3.2	ระบบที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*……	27
3.3	ขั้นตอนการทำอาหารทดลองสำหรับใช้ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด……..	28
3.4	การทำอาหารทดลองสำหรับใช้ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด……...	28
3.5	ภาชนะที่ใช้ในการศึกษาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับหอยเป๋าฮื้อ……..	29
3.6	ระบบที่ใช้ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ……	31
4.1	หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 400 ลักซ์……..	34
4.2	หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 200 ลักซ์.....	35
4.3	หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 100 ลักซ์……..	35
4.4	หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์……	36
4.5	หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์……...	36
	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรอาหารที่ใส่รำเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที……	37
4.6	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรอาหารที่ใส่รำเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที.....	37

รูปที่		หน้า
4.7	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูด กับสูตรอาหารที่ใส่กากถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที.....	38
4.8	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่กากถั่วเหลือง กับสูตรอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) เป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที.....	39
4.9	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่สาหร่าย เกลียวทอง (*Spirulina* sp.)กับสูตรอาหารที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที.....	40
4.10	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่ปลาป่นกับ อาหารสูตรมาตรฐาน (อาหารกุ้ง) ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที.....	41
4.11	สรุปจำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลองที่ใส่สารดึงดูดชนิดต่างๆ.....	42
4.12	แนวโน้มของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(เซนติเมตร)ที่เลี้ยง ด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์.....	52
4.13	แนวโน้มของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(กรัม)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์.....	53
4.14	สรุปสัดส่วนเพศของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	55
4.15	ความยาวเปลือก (ซม.) ของหอยเป๋าฮื้อแต่ละสัปดาห์ที่ศึกษา สารอาหารที่ปนมาภายในระบบ.....	56
4.16	น้ำหนัก (กรัม) ของหอยเป๋าฮื้อแต่ละสัปดาห์ที่ศึกษาสารอาหาร ที่ปนมาภายในระบบ.....	
ข.1	อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนเมษายน 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553.....	93
ข.2	ความเค็มของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนเมษายน 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553.....	94
ค.1	หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ใช้เป็นสัตว์ทดลองในงานวิจัย.....	95

รูปที่		หน้า
ค.2	ตัวอย่างอาหารทดลองที่ใช้ในงานวิจัย สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*	96
ค.3	อาหารสำเร็จ(อาหารกุ้ง)ที่ใช้สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี.....	96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ที่มีศักยภาพทางการตลาดสูง เนื่องจากเป็นชนิดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในกลุ่มหอยเป๋าฮื้อในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งมีสัดส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักตัวสูงถึง 85% และมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างเร็ว เมื่ออายุครบ 1 ปี มีความยาวเปลือก 42.7 มิลลิเมตร ดังนั้นการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้จึงมีความเป็นไปได้เชิงธุรกิจค่อนข้างสูง เพราะตลาดต่างประเทศนิยมโดยมีประเทศออสเตรเลีย อเมริกา และประเทศในเอเชียเป็นผู้รับซื้อแล้วแปรรูปบรรจุกระป๋องส่งออกอีกทีหนึ่ง (ลิลา เรืองแป้น, 2543)

ปริมาณหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากธรรมชาติลดลงอย่างมากดังจะเห็นได้จากข้อมูลว่า เมื่อปี 2532 ปริมาณการจับหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกเท่ากับ 14,830 ตัน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากประเทศออสเตรเลียและญี่ปุ่น ปริมาณการจับหอยเป๋าฮื้อลดลงเหลือเพียง 10,150 ตันในปี 2542 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากหอยเป๋าฮื้ออาศัยอยู่ในเขตน้ำค่อนข้างตื้น มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ปริมาณการจับที่มากเกินไป การลักลอบจับแบบผิดกฎหมาย ศัตรูทางธรรมชาติ การแย่งอาหารและที่อยู่อาศัยกับสัตว์น้ำชนิดอื่นส่งผลให้ ปริมาณของหอยเป๋าฮื้อจากธรรมชาติลดลงเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดแนวคิดในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อซึ่งได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง (มะลิ บุญยรัตผลิน และคณะ, 2546)

ปัญหาที่สำคัญของการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้ออยู่ที่การผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อ หอยเป๋าฮื้อต้องการสาหร่ายเป็นอาหารประมาณ 10-20% ของน้ำหนักตัวต่อวันเพื่อให้เจริญเติบโตในอัตราที่เหมาะ ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2532) รายงานว่า หอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ขณะโตเต็มวัยกินสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria* spp. ถึงวันละ 13 กรัมต่อวันต่อน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย 80 กรัม แต่เนื่องจากสาหร่ายมีมากเป็นช่วงฤดูเท่านั้น ไม่สามารถป้อนเข้าสู่ระบบได้อย่างต่อเนื่องและเพียงพอจึงมีผลกระทบกับการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้ออันจะทำให้หอยเป๋าฮื้อโตช้า มนทกานติ ท้ามติ้น และคณะ (2551) ทดลองเปรียบเทียบอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อระหว่างสาหร่ายกับอาหารสำเร็จพบว่า หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเรื่องอาหารสำเร็จ (ready made diet) ที่มีคุณค่าอาหารที่เหมาะสำหรับการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

การวิจัยและพัฒนาอาหารสำเร็จสำหรับการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อแบบครบวงจร จึงมีความสำคัญในการทำให้ธุรกิจการผลิตหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการวิจัยด้านโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานด้านต่างๆ เช่น พฤติกรรมการกินอาหารและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในการที่จะทำให้หอยเป๋าฮื้อกินอาหารสำเร็จรูป โดยทั่วไปเป็นที่ทราบกันว่า หอยเป๋าฮื้อจะออกหากินเวลากลางคืน (nocturnal) แต่ยังไม่มีรายงานว่า ความเข้มแสงที่ระดับใดที่กระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อออกหากินและความเข้มแสงระดับใดทำให้หอยเป๋าฮื้อกลับเข้าที่หลบซ่อนและปริมาณอาหารที่หอยเป๋าฮื้อกินจะมากหรือน้อยมีหลายปัจจัยด้วยกันแต่ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกินของหอยเป๋าฮื้อคือสารดึงดูดในอาหารสำเร็จซึ่งจะกระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อกินอาหารมากขึ้น

ระบบทดลองศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อรายตัวโดยทั่วไปแล้วจะติดเครื่องหมายบ่งชี้หรือสัญลักษณ์ที่ตัวหอยเป๋าฮื้อซึ่งบางครั้งเป็นสาเหตุการตายของหอยเป๋าฮื้อและการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อรวมกันก็จะมีปัญหาต่างๆเช่น การแก่งแย่งอาหาร การติดเชื้อ การดูแลทำความสะอาด เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบระบบการเลี้ยงที่ดีจะสามารถติดตามข้อมูลได้อย่างถูกต้องแม่นยำและยังสามารถลดต้นทุนของการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อได้อีกด้วย

โปรตีนเป็นสารอาหารหลักในอาหารสัตว์น้ำ และโดยทั่วไปจัดเป็นต้นทุนหลัก เพราะมีราคาสูงและใช้ในปริมาณมาก โปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและอัตรารอด ถ้ามีปริมาณน้อยหรือสัดส่วนน้อยไปจะมีผลทำให้หอยเติบโตช้า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงและอัตรารอดต่ำ(อภิชา แย้มเกสร, 2539) จึงจำเป็นต้องหาความต้องการโปรตีนที่พอเหมาะ (optimal requirement) เพื่อให้โปรตีนถูกใช้ไปเพื่อการเติบโตไม่ใช่เพื่อเป็นพลังงานในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นอัตราส่วนของโปรตีนที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญในการพัฒนาสูตรอาหาร วัตถุดิบที่มักใช้เป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ ปลาป่น กากกุ้งป่น กากถั่วเหลือง เป็นต้น

นอกจากโปรตีนที่เป็นสารอาหารหลักแล้วไขมันก็มีความจำเป็นคือเป็นแหล่งพลังงานที่มีคุณภาพสูง (De silva และ Anderson, 1995) อีกทั้งไขมันยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต การดำรงชีวิต การสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ ดังนั้นการให้อาหารที่ไม่มีไขมันหรือมีน้อยเกินไป ขาดกรดไขมันที่จำเป็นล้วนส่งผลต่อสัตว์น้ำโดยจะลดการเจริญเติบโตหรืออาจทำให้สัตว์น้ำบางชนิดมีอาการผิดปกติของร่างกาย (ฐิติมา โชคชัยไพศาล, 2539)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ในระบบทดลองทางโภชนาการ ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาระบบการทดลองความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการปรับปรุงและพัฒนาการผลิตหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ต่อไป

บทที่2

วารสารปริทัศน์

1. หอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อหรือหอยโข่งทะเลเป็นหอยทะเลฝาเดียวชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันในหลายประเทศทั้งในเอเชีย ยุโรป และอเมริกา เนื่องจากมีรสชาติดี มีราคาสูง ผู้บริโภคบางกลุ่มเชื่อว่าหอยเป๋าฮื้อมีสรรพคุณในทางบำรุงร่างกาย (tonic effect) นอกจากนี้เปลือกของหอยเป๋าฮื้อสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องประดับและตกแต่งเฟอร์นิเจอร์ได้อย่างสวยงามและมีราคาแพง หอยเป๋าฮื้อในประเทศไทยเป็นหอยเป๋าฮื้อในเขตร้อน มีขนาดเล็ก (4-8 เซนติเมตร) อาศัยตามโขดหินชายทะเลหรือเกาะอยู่ตามปะการังที่อยู่ใต้น้ำ กินตะไคร่ตามโขดหินและปะการังเป็นอาหาร หอยเป๋าฮื้อที่ค้นพบในประเทศไทย มีอย่างน้อย 3 ชนิด พบทั้งฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย *ได้แก่ Haliotis ovina , H. asinina , H. varia* (ฐิติมา โชคชัยไพศาล, 2539) โดยที่ชนิด *H. asinina* เป็นชนิดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีอัตราส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือกสูง สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย เจริญเติบโตเร็วและมีศักยภาพสูงในการพัฒนาให้เป็นการเพาะเลี้ยงในระดับเชิงพาณิชย์

ชีววิทยาของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อ หรืออะบาโลน (abalone) จัดเป็นหอยทะเลฝาเดียวอยู่ในสกุล Haliotis และมีชื่อเรียกสามัญแตกต่างกันไปตามสถานที่เช่น หอยโข่งทะเล หอยร้อยรู หรือหอยตัวผู้ เป็นต้น หอยเป๋าฮื้อจัดอยู่ใน

อาณาจักร (Phylum) Mollusca

ชั้น (Class) Gastropoda,

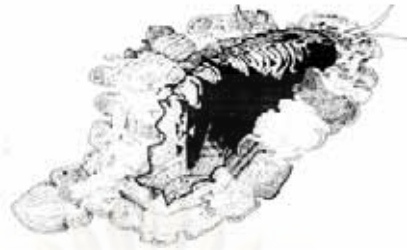
ชั้นย่อย (Subclass) Pseudobranchia,

อันดับ (Order) Archaeogastropoda,

ครอบครัว (Family) Haliotidae,

สกุล (Genus) Haliotis (วันทนา อยู่สุข, 2528)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 หอยเป๋าฮื้อพันธุ์ไทยชนิด *Haliotis asinina*
ที่มา: Fallu (1991)

ชนิดและการแพร่กระจาย

หอยเป๋าฮื้อที่พบทั้งหมดในโลกมีประมาณ 70-80 ชนิด แต่ชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีประมาณ 22 ชนิด ดังนี้

อเมริกาเหนือ : *Haliotis rufescens, H. fulgens, H. corrugate, H. sorrenseni, H. asimilis H. cracherodii, H. walallensis, H. kamtschatkana*

ญี่ปุ่น : *H. discus hannai, H. discus, H. diversicolor supertexta, H. gigantea, H. sieboldii, H. asinina*

ออสเตรเลีย : *H. rubber, H. laevigata, H. roei*

นิวซีแลนด์ : *H. iris, H. australis, H. virginia*

ฝรั่งเศส : *H. tuberculata*

แอฟริกาใต้ : *H. midae* (Hahn,1989)

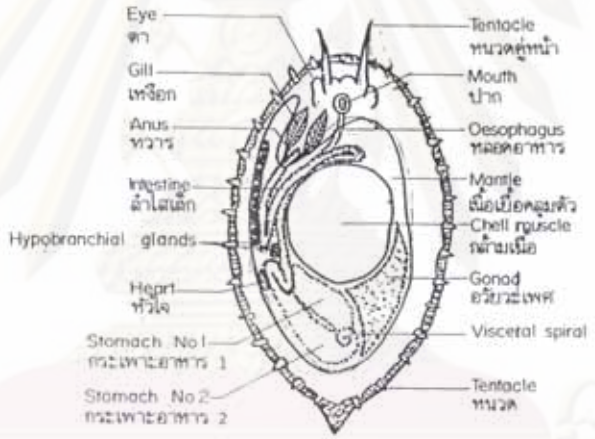
ในประเทศไทยจากการสำรวจของ อนุวัติ นทีวัฒนา และ ยอร์น ฮิลลิแบรก (2529) พบว่ามีหอยเป๋าฮื้ออยู่ 3 ชนิด ได้แก่ *Haliotis asinina, H. ovina* และ *H. varia* (รูปที่ 2.2)

H. asinina *H. ovina* *H. varia*

รูปที่ 2.2 เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิดที่พบในประเทศไทย
ที่มา: FAO (1998)

สรีระวิทยาของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อมีลักษณะเด่นคือมีเปลือกติดกับกล้ามเนื้อเท้าขนาดใหญ่แข็งแรง ไม่มีฝาปิดเปลือก (operculum) เปลือกมีลักษณะสัณฐานแบน รูปยาวรี ยอดเตี้ย ลักษณะคล้ายจานรี มีสีเขียวเข้ม น้ำตาลหรือแดงคล้ำ ตามขอบเปลือกมีรูเล็กๆ เรียงเป็นแถวยาวไปจนถึงขอบปาก รูบนเปลือกของหอย จะสร้างเพิ่มขึ้นตลอดเวลาเมื่อหอยโตขึ้น ส่วนรูเก่าจะถูกปิดไปเหลือจำนวนระหว่าง 5-9 รู ขึ้นกับชนิด ของหอยเป๋าฮื้อ ส่วนอวัยวะภายในมีเหงือกเป็นคู่อยู่ในแอ่งด้านซ้ายของตัว มีปากและอวัยวะรับสัมผัส อยู่ส่วนหน้าของตัว ใต้บริเวณที่เป็นรูบนเปลือกจะเป็นร่องแมนเทิล (mantle) มี ทวารหนักเปิดออกสู่ ช่องแมนเทิลโดยที่กระแสน้ำจะไหลเข้าสู่ช่องแมนเทิลผ่านรูที่อยู่ด้านหน้าสองรูแรกจากนั้นน้ำจะผ่านเหงือกและไหลออกที่รูด้านบน (คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544) หัวใจมี 3 ห้องประกอบด้วย ventricle 1 ห้อง และ auricle 2 ห้อง ตับมีลักษณะคล้ายเขาวัว อยู่ทั้งสองด้านของกระเพาะ (พายัพ ยังปักษี, 2541)



รูปที่ 2.3 ลักษณะอวัยวะภายในที่อยู่ใต้เปลือกของหอยเป๋าฮื้อ
ที่มา:ปรับปรุงมาจาก Fallu (1991)

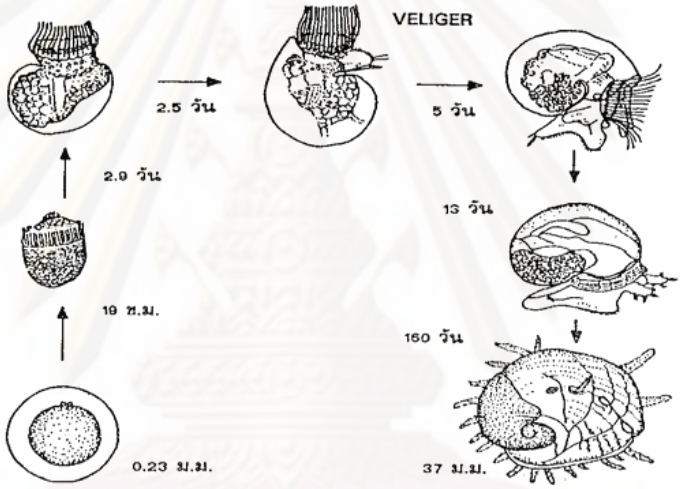
ระบบสืบพันธุ์

หอยเป๋าฮื้อมีเพศแยก เพศผู้เมื่อเปิดเนื้อเท้าและดูที่ใต้เปลือกด้านขวาของตัวหอยหรือบริเวณอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gonad) จะมีสีครีมหรือสีงาข้าง ส่วนตัวเมียบริเวณดังกล่าวมีสีเขียวเข้ม

ตัวผู้ ตัวเมีย

รูปที่ 2.4 อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเพศผู้และเพศเมีย
ที่มา: มะลิ บุณยรัตผลินและคณะ (2546)

วงจรชีวิต



รูปที่ 2.5 วงจรชีวิตหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina*
ที่มา: ธานินทร สิงหะไกรวรรณ และ มาซาโนริ โคอิ (2536)

ไข่ที่ได้รับการผสมพันธุ์จะพัฒนาเป็นตัวอ่อนที่ว่ายน้ำได้ ในเวลาประมาณ 18-20 ชั่วโมง ลูกหอยระยะนี้ว่ายน้ำเป็นเวลา 5-7 วัน หลังจากนั้นลูกหอยจะลงเกาะพื้นและพัฒนาเป็นหอยระยะคืบคลาน (creeping larvae) ลูกหอยที่ลงเริ่มเกาะจะใช้วีลั่ม (velum) พัดโบกสาหร่ายขนาดเล็กและแผงฟันแรดูล่า (radula) ขูดกินอาหารเจริญเติบโตจนเป็นหอยตัวเต็มวัยต่อไป (Hahn, 1989)

อาหารและการกินอาหาร

หอยเป๋าฮื้อออกหากินอาหารในเวลากลางคืน อาหารหอยได้แก่สาหร่ายทะเลชนิดต่างๆ รวมทั้งไดอะตอมหรือตะไคร่น้ำที่เกาะติดตามก้อนหินหรือซากปะการังใต้น้ำ สำหรับลูกวัยอ่อนระยะที่ดำรงชีวิตแบบว่ายน้ำไม่จำเป็นต้องกินอาหารเนื่องจากภายในหอยมีอาหารสำรองอยู่ แต่

หลังจากที่ลูกหอยเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิตจากว่ายน้ำเป็นคืบคลานกับพื้น จึงเริ่มขูดกินอาหารจำพวกตะไคร่น้ำที่เกาะตามก้อนหิน เมื่อหอยมีขนาดใหญ่ขึ้นจะสามารถกินสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ขึ้น (macro algae) เช่น สาหร่ายสีแดง สีน้ำตาลและสีเขียว เป็นต้น

การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในประเทศไทย

ในอดีตประเทศไทยไม่มีการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อมาก่อน หอยเป๋าฮื้อที่บริโภคส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเป็นหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีเพียงส่วนน้อยที่ได้จากการเก็บรวบรวมในธรรมชาติ ประเทศไทยเริ่มนำหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ไต้หวันเข้ามาเลี้ยงครั้งแรกในปี 2529 แต่การเลี้ยงในระยะแรกไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากยังขาดข้อมูลทางวิชาการและเทคนิคการเลี้ยงที่ดี ต่อมากรมประมงโดยศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จ. ระยอง ได้เริ่มทำการศึกษาวิจัยการเพาะและอนุบาลหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ไทย *Haliotis asini*na จนประสบผลสำเร็จในปี 2531 หลังจากนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ได้พัฒนาเทคนิคการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อพันธุ์ไทยจนสามารถควบคุมการผสมพันธุ์และผลิตลูกหอยปริมาณมากได้ตลอดปี หอยเป๋าฮื้อพันธุ์ไทยชนิด *H. asinina* เป็นชนิดที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เนื่องจากสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย และเจริญเติบโตเร็ว

จากรายงานของ นพดล ค้าขายและ ครรชิต เพ็ชรจำรัส (2535) ซึ่งทำการสำรวจและรวบรวมหอยเป๋าฮื้อ ในเขตจังหวัดชลบุรี ระยอง และตราด พบหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ในเขตที่มีแนวปะการังและบริเวณใกล้เคียง สามารถพบได้ที่ความลึก 2 -8 เมตร โดยลักษณะของหอยเป๋าฮื้อไทยแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2.1

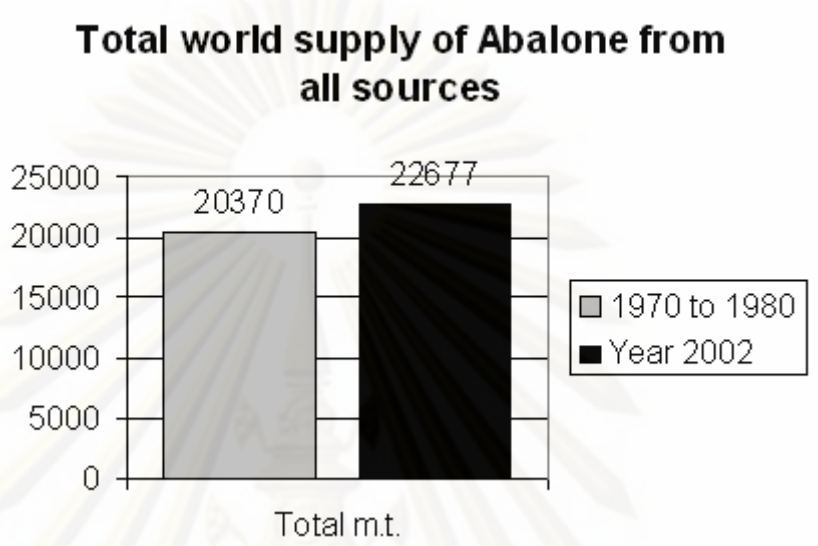
ตารางที่ 2.1 ลักษณะของหอยเป๋าฮื้อไทย

ชนิด	ลักษณะของหอยเป๋าฮื้อในไทย			
	ขนาดสูงสุด ยาว (ซ.ม.)	น้ำหนัก (กรัม)	% ของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักตัว	การแพร่กระจาย
H. asinina	10	170	85	อ่าวไทยและอันดามัน
H. ovina	8	65	40	อ่าวไทยและอันดามัน
H. varia	6	60	30	อันดามัน

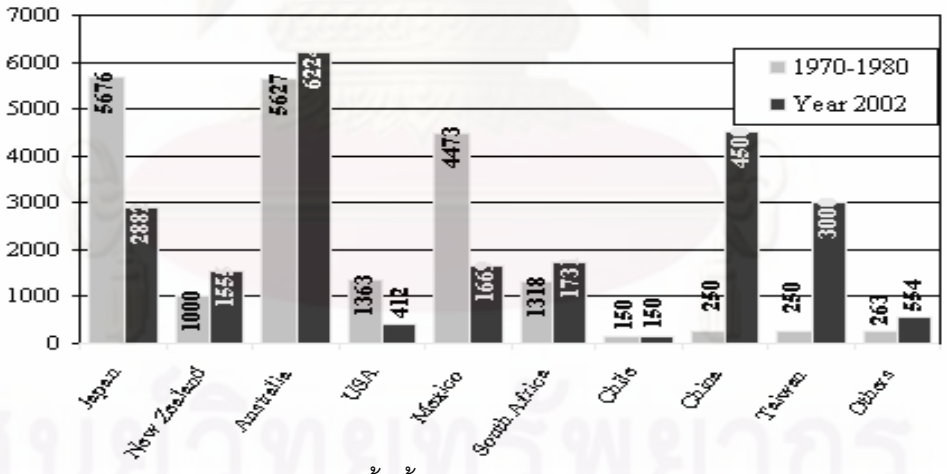
ที่มา: คเชนทร เฉลิมวัฒน์ (2544)

ผู้ผลิตหอยเป๋าฮื้อรายใหญ่คือ ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน เม็กซิโก และนิวซีแลนด์ ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกประมาณ 12,968 ตันต่อปี ในเอเชียการบริโภค หอยเป๋าฮื้อมีมูลค่าประมาณ 7,500-10,000 ล้านบาท/ปี ขณะที่การบริโภคหอยเป๋าฮื้อในประเทศสหรัฐอเมริกามี

มูลค่าเพียงประมาณ 750ล้านบาท/ปี ตลาดใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น ฮ่องกง จีน ไต้หวัน (FAO, 1998) โดยผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากการเพาะเลี้ยงและที่จับได้จากธรรมชาติแสดงดังรูปที่ 2.6และ 2.7



รูปที่ 2.6 เปรียบเทียบผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด ในช่วงปี 1970-1980 กับ ปี 2002
ที่มา: FAO (2002)



รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั้งหมดของแต่ละประเทศ ในช่วงปี 1970-1980 กับ ปี 2002
ที่มา: FAO (2002)

ความต้องการทางโภชนาการ

"อาหาร" ตามความหมายทางโภชนาการ คือ สิ่งที่สัตว์น้ำกินแล้วเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย โดยช่วยสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอให้พลังงานและช่วยควบคุมให้การปฏิบัติงานของกระบวนการต่างๆในร่างกายดำเนินไปตามหน้าที่ แล้วส่งผลให้สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตมีการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้อย่างปกติ ส่วนคำว่า “โภชนาการ” เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการกินอาหารเพื่อหล่อเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อและเพื่อควบคุม การทำงานของอวัยวะต่างๆตลอดจนการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย นอกจากนั้นในทางปฏิบัติ คำว่าโภชนาการยังมีความหมายกว้างออกไปอีก คือ รวมถึงการจัดการ จัดหาอาหารและกรรมวิธีต่างๆที่จะทำให้อาหารเข้าสู่ร่างกาย เพื่อให้ร่างกายได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วนและเพียงพอ (Halver, 1989)

ประโยชน์และความสำคัญของอาหารสัตว์น้ำ

อาหารสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างมาก เนื่องจากอาหารเป็นบ่อเกิดพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของสิ่งสัตว์น้ำตลอดจนเป็นต้นทุนผันแปรที่สูงที่สุดของการเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้นอาหารสัตว์จึงมีผลต่อกำไรหรือขาดทุนของการเลี้ยง (กรมประมง, 2541)

สัตว์น้ำก็เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆคือต้องการอาหารบริโภคเพื่อค้ำจุนชีวิตให้คงอยู่มีการเจริญเติบโตและสามารถแพร่ขยายพันธุ์ ตราบใดก็ตามถ้าสัตว์น้ำมีอาหารกินอย่างพียงพอและเป็นอาหารที่คุณภาพดีสัตว์น้ำนั้นก็จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีสุขภาพดี แข็งแรง และมีลูกดกอันเป็นสิ่งที่นักเพาะเลี้ยงทั้งหลายมีความปรารถนาอย่างยิ่งจนอาจจะกล่าวได้ว่า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประสบความสำเร็จหรือไม่เพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณภาพ ปริมาณและราคาของสัตว์น้ำเป็นสำคัญ

อาหารสัตว์น้ำนอกจากจะต้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วนและปริมาณที่เพียงพอแล้ว ยังจะต้องมีรูปแบบที่สะดวกและเหมาะสมต่อชีวิต ขนาด และวัยของสัตว์น้ำด้วย ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับแล้วว่าอาหารสัตว์น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพราะเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตโดยตรง

การใช้อาหารสำเร็จในการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อต้องคำนึงถึงคุณค่าทางอาหารและปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อ ในการผลิตอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อจะต้องคำนึงถึงความสมดุลทางโภชนาการของอาหารที่ผลิตได้ เพราะโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเติบโต หอยเป๋าฮื้อจะมีอัตราการเติบโตประมาณ2-3เซนติเมตรต่อปี ซึ่งต้องใช้เวลาในการเลี้ยงถึง 2-3 ปี จึงจะได้ตามขนาดที่ตลาดต้องการ ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงนอกจากจะจัด

สภาพแวดล้อมให้เหมาะสมแล้วยังต้องให้อาหารที่พอเพียงทั้งปริมาณและคุณค่า โดยทั่วไปหอยเป๋าฮื้อต้องการอาหารเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ (1) เพื่อการเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย และ (2) เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ (Hahn, 1989)

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2546) ศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ ทดลองใช้สาหร่ายผมนางเป็นส่วนประกอบในอาหารสำเร็จรูปด้วยสัดส่วนต่างกัน 6 สูตร พบว่า ระดับของสาหร่ายผมนางที่ใช้ในอาหารระดับต่ำสุดที่ให้ผลดีและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 2.5 ส่วนระดับโปรตีนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหอยเป๋าฮื้อมีค่าของระหว่าง 35% - 40%

Nie และคณะ (1986) รายงานว่าการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* ด้วยอาหารสำเร็จจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.14 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมากกว่าเมื่อเลี้ยงด้วยสาหร่าย *Laminaria japonica* 1.78 เท่า โดยที่คุณภาพเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จจะมีโปรตีนสูงและมีน้ำน้อย และอัตราการกินอาหารของหอยจะกินอาหารสำเร็จน้อยกว่าเมื่อใช้สาหร่ายเป็นอาหารเนื่องจากในอาหารสำเร็จรูปมีปริมาณโปรตีนที่สูง

Hahn (1989) กล่าวว่าในประเทศฝรั่งเศสได้มีการนำอาหารสำเร็จมาใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. tuberculata* อายุ 1-3 เดือน แทนการใช้สาหร่ายทะเลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 โดยทำจากกากถั่วเหลือง ธัญพืช แร่ธาตุ วิตามินรวม และสารกันหืน คุณค่าทางอาหารของอาหารสำเร็จมีระดับโปรตีน 21% ไขมัน 3.5% เซลลูโลส 3.5% แร่ธาตุ 17% และมีความชื้น 9-10%

โปรตีน

แหล่งโปรตีนที่เป็นอาหารสัตว์น้ำได้จาก ทั้งพืชและสัตว์ โปรตีนจากพืชมีความแตกต่างจากโปรตีนจากสัตว์ และแตกต่างกันระหว่างชนิดของพืชและสัตว์นั้นๆด้วย ความแตกต่างของโปรตีนจากแหล่งต่างๆ เป็นผลมาจากกรดอะมิโนที่มาประกอบเป็นโมเลกุลของโปรตีนโดยที่โปรตีนของพืชและสัตว์มีกรดอะมิโนไม่เท่ากันและปริมาณของกรดอะมิโนแต่ละชนิดก็มีไม่เท่ากันด้วยในบรรดากรดอะมิโนที่ค้นพบนี้ พบว่ามีอยู่ 19 ชนิด ที่ปลาใช้ประโยชน์ได้ และมีเพียง 10 ชนิดที่ถือว่าเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้สัตว์น้ำไม่สามารถจะสังเคราะห์ขึ้นมาใช้เองได้ จะต้องรับมาจากแหล่งอื่นหรืออาหารนั่นเอง

ตารางที่ 2.2 ชนิดกรดอะมิโนที่จำเป็น (Indispensable Amino Acid) และ ไม่จำเป็น (Dispensable Amino Acid) สำหรับสัตว์น้ำ

ชนิดกรดอะมิโน	ตัวย่อ	สูตร	น้ำหนักโมเลกุล
กรดอะมิโนจำเป็น			
Threonine	Thr	$C_4H_9NO_3$	119.12
Valine	Val	$C_5H_{11}NO_2$	117.15
Methionine	Met	$C_5H_{11}NO_2S$	149.21
Isoleucine	Ile	$C_6H_{13}NO_2$	131.17
Leucine	Leu	$C_6H_{13}NO_2$	131.17
Phenylalanine	Phe	$C_9H_{11}NO_3$	165.19
Tryptophan	Trp	$C_{11}H_{12}N_2O_2$	204.22
Lysine	Lys	$C_6H_{14}N_2O_2$	146.19
Histidine	His	$C_6H_9N_3O_2$	155.16
Arginine	Arg	$C_6H_{14}N_4O_2$	174.20
กรดอะมิโนไม่จำเป็น			
Cystine	Cys	$C_3H_7NO_2S$	121.16
Aspartic acid	Asp	$C_4H_7NO_4$	133.10
Serine	Ser	$C_3H_7NO_3$	105.09
Glutamic acid	Glu	$C_5H_9NO_4$	147.13
Proline	Pro	$C_5H_9NO_2$	115.13
Glycine	Gly	$C_2H_5NO_2$	75.07
Alanine	Ala	$C_3H_7NO_2$	89.09
Tyrosine	Tyr	$C_9H_{11}NO_3$	181.19

ที่มา: **ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุญยรัตผลิน และนันทิยา อุ่นประเสริฐ** (2525)

ในทางอาหารสัตว์ได้กำหนดให้ไลซีน (lysine) เป็น reference เพื่อหาสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นที่สัตว์ต้องการ เพราะกระบวนการสร้างโปรตีนส่วนมากต้องใช้ไลซีนและมี pathway ที่ไม่สลับซับซ้อน การวิเคราะห์ไลซีนก็ไม่ยุ่งยากเหมือนกรดอะมิโนตัวอื่นๆ (วีระศักดิ์ สหชัยเสรี, 2544) สำหรับกรดอะมิโนเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีกรดอะมิโนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนของกรดอะมิโนแต่ละตัวในเนื้อหอยเป๋าฮื้อ

ชนิดกรดอะมิโน	หน่วย	เนื้อหอยเป๋าฮื้อ
Crude Protein, CP	% (w/w)	100
Aspartic acid	%	8.09
Threonine	%	3.44
Serine	%	3.75
Glutaminc acid	%	12.22
Glycine	%	9.56
Alanine	%	5.46
Cysteine	%	1.13
Valine	%	3.09
Methionine	%	1.47
Isoleucine	%	2.81
Leucine	%	5.60
Tyrosine	%	2.19
Phenylalanine	%	3.60
Lysine	%	3.78
Histidine	%	0.89
Arginine	%	7.28
Proline	%	2.19
Tryptophane	%	0.93

ที่มา : มะลิ บุณยรัตผลินและคณะ (2546)

กระบวนการเผาผลาญ (metabolism) ของโปรตีนในสัตว์น้ำ โปรตีนที่กินเข้ามาจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ย่อยโปรตีน จนในที่สุดได้เป็นกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่พร้อมจะถูกดูดซึมผ่านผนังท่อทางเดินอาหารไป ยังอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ กรดอะมิโนอิสระเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. นำไปซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ หรือนำไปสังเคราะห์โปรตีนในร่างกาย (protein synthesis) โดยการแปลรหัสพันธุกรรม (translation) ภายในไซโทพลาสซึมทำให้สัตว์น้ำมีโปรตีนสะสมในกล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่อ (tissue protein) ดังนั้นสัตว์น้ำที่ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม จึงมีการเจริญเติบโตช้าลงหรือน้ำหนักลดลง เนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้ได้รับกรดอะ

มิโนจากอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการจึง ต้องนำกรดอะมิโนที่สะสมในร่างกายมาใช้ประโยชน์

2. นำไปสร้างสารที่ควบคุมการทำงานของร่ายกายหรือสารประกอบชีวเคมีที่สำคัญ เช่น ฮอร์โมนเอนไซม์ สารต้านทานโรค สารพันธุกรรม และสารสื่อประสาท เป็นต้น

3. ถ้ากรดอะมิโนอิสระมีมากพอ ก็จะถูกสะสมไว้ในแหล่งเก็บกรดอะมิโน (body pool of amino acid) ซึ่งอยู่บริเวณเนื้อเยื่อและพร้อมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ดังนี้

3.1 นำไปซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอหรือสังเคราะห์โปรตีน เมื่อกรดอะมิโนที่ได้จากอาหารไม่เพียงพอ

3.2 เปลี่ยนเป็นไขมันหรือไกลโคเจนสะสมในร่างกาย เมื่อได้รับกรดอะมิโนมากเกินความต้องการ และพร้อมที่จะนำกลับมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน เมื่อร่างกายขาดอาหารเป็นระยะเวลานานหลายวัน

3.3 เผาผลาญให้เกิดพลังงานโดยหมู่อะมิโนที่อยู่ในกรดอะมิโนจะถูกกำจัดออกไปเป็นแอมโมเนีย

แหล่งโปรตีน

1. **ปลาป่น**

ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตอาหารปลาหรืออาหารสัตว์น้ำทุกชนิด เนื่องจากปลาป่นมีโปรตีน ที่มีคุณภาพสูงมาก ประมาณ 55-60 เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน ประมาณ 6-10 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนครบถ้วนทุกชนิด มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสปริมาณมาก และยังมีกลิ่นที่ดีช่วยกระตุ้นให้ปลาและสัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น ปลาป่นที่จะนำมาใช้ในการผลิตอาหารปลาควรมีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นเหม็นไหม้ และปราศจากการปลอมปนจากทรายละเอียด เปลือกหอย ยูเรีย ขนไก่ป่น หรือสารปลอมปนอื่น ๆ เนื่องจากทำให้คุณค่าทางโภชนาการของปลาป่นลดลง ดังนั้น การเลือกซื้อปลาป่นจึงควรซื้อปลาป่นที่มีคุณภาพสูง ปราศจากการปลอมปน ซึ่งถ้าผู้เลี้ยงไม่แน่ใจในคุณภาพของปลาป่นก็อาจนำไปวิเคราะห์ทางเคมี หรืออาจเลือกใช้กากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลักให้มากขึ้น เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีคุณภาพใกล้เคียงกับปลาป่น แต่กากถั่วเหลืองมีคุณภาพสม่ำเสมอดีกว่า สาเหตุที่มีการปลอมปนอย่างมากในปลาป่น เนื่องจากปลาป่นมีราคาแพงทำให้มีการนำเอาวัสดุที่มีราคาถูกหรือคุณค่าทาง โภชนาการต่ำใส่ปนเข้าไป เพื่อขายปลาป่นได้ปริมาณมากขึ้น การปลอมปนด้วยสิ่งเหล่านี้จะสังเกตด้วยตาเปล่าได้ยากมาก อาจจำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีเข้าช่วย (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2535)

2. เนื้อป่นและกระดูกป่น

เนื้อป่นได้จากการชำเหละเนื้อสัตว์ ประกอบด้วยเศษเนื้อพังผืดหรือเศษกระดูกอยู่รวมกัน เนื้อป่นมีองค์ประกอบทางเคมีผันแปรมากโดยส่วนมากจะมีโปรตีนมากกว่า 55 % หรือมีฟอสฟอรัสต่ำกว่า 4.4 % แต่ถ้ามีโปรตีนต่ำกว่า 55 % หรือมีฟอสฟอรัสสูงกว่า 4.4 % จะเรียกว่าเนื้อกระดูกป่น อย่างไรก็ตามการใช้เนื้อป่นควรบดให้ละเอียดก่อนนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารปลา และควรใช้ไม่เกิน 10 % เนื่องจากคุณภาพโปรตีนต่ำ (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2535)

3. กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากการนำเอาน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งกากถั่วเหลืองที่นิยมใช้ในการ ผลิตอาหารปลาหรืออาหารสัตว์น้ำมี 3 ลักษณะ ได้แก่ กากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน กากถัวเหลือสกัดน้ำมันชนิดไม่กะเทาะเปลือก และกากถั่วเหลือสกัดน้ำมันชนิดกะเทาะเปลือก กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันมีไขมันประมาณ 7% จึงเก็บไว้ได้ไม่นาน แต่กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันมีไขมันประมาณ 1 % จึงเก็บไว้ได้นานกว่ากากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันกะเทาะเปลือกมีคุณ ค่าทางโภชนาการดีกว่ากากถั่ว เหลืองสกัดน้ำมันชนิดไม่กะเทาะเปลือก กล่าวคือ กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดกะเทาะเปลือกมีโปรตีนและเยื่อใยประมาณ 50 % และ 4 % ตามลำดับ ซึ่งเนื่องจากการกะเทาะเปลือกก่อนสกัดน้ำมันจะเหลือแต่เมล็ดถั่วเหลืองควร ระมัดระว่างอย่างยิ่ง เนื่องจากการผลิตกากถั่วเหลืองจำเป็นต้องมีความร้อนเกี่ยวข้อง ซึ่งถ้าใช้ความร้อนน้อยเกินไปจะทำให้สารยับยั้งทริปซินในกากถั่วเหลืองไม่ ถูกทำลายและจะเป็นอันตรายต่อปลา แต่ถ้าใช้ความร้อนมากเกินไป กากถั่วเหลืองมีกลิ่นไหม้ และกรดอะมิโนไลซีน จับตัวกับน้ำตาลทำให้ปลาใช้ประโยชน์ได้น้อยและเจริญเติบโตช้า ดังนั้น จึงควรเลือกซื้อกากถั่วเหลืองที่มีความสุกพอดี (วัลลภ อิ่มสุวรรณ, 2547)

4. เมล็ดถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง แต่เม็ดถั่วเหลืองมีราคาถูกกว่า ดังนั้น การนำเมล็ดถั่วเหลืองมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลาจะช่วยในการลดต้นทุนอาหาร ให้ต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งทริปซินค่อนข้างมาก จึงควรมาทำลายสารยับยั้งทริปซิน โดยการต้ม หรือนึ่ง หรืออาจคั่วให้สุกก่อนนำมาใช้ การนำเมล็ดถั่วเหลืองมาต้ม หรือนึ่งให้สุกที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 30 นาที จะช่วยลดสารยับยั้งทริปซินได้เกือบทั้งหมดจึงเป็นที่นิยมมากกว่าการคั่วให้ สุก สำหรับเมล็ดถั่วเหลืองที่ต้มหรือนึ่งแล้วควรนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วจึงนำไปใช้ในการผลิตอาหาร

ต่อไป โดยปกติจะมีโปรตีนสูงถึงประมาณ 38 % และมีไขมันสูงถึง 15-20 % (วีระศักดิ์ สหชัยเสรี, 2544)

Uki และ Watanabe (1992) ได้ทดลองศึกษาคุณค่าอาหารของแต่ละแหล่งโปรตีนในอาหารหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* โดยให้กินอาหารที่ระดับโปรตีน 30% เป็นเวลา 40 วัน ผลปรากฏว่าอัตราการเจริญเติบโตเมื่อใช้ casein เป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่า ปลาป่น กากถั่วเหลือง อัลบูมินไข่ ไข่ แป้งข้าวโพด ให้อัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่า casein คุณภาพของโปรตีนที่ด้อยลงของปลาป่นเนื่องจากมีการใช้อุณหภูมิสูงขณะผลิตซึ่งผลของความร้อนต่อคุณภาพโปรตีนเห็นได้ชัดในสัตว์ใหญ่

Uki, Kemuyama และ Watanabe (1986) ศึกษาระดับที่เหมะสมของโปรตีนในอาหารหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* โดยอาศัยค่าอัตราการเจริญเติบโต , FCR, Protein retention, และ NPU เมื่อใช้ Casein และปลาป่นขาวเป็นแหล่งโปรตีน พบว่าที่ระดับโปรตีน 38% ค่า PER และ NPU สูงสุดคือ 2.4 และ 48 ตามลำดับ ค่า protein retention ของอาหาร casein สูงสุดที่ระดับ 10% และที่ระดับ 22%

Mai, Mercer และ Donlon (1995) รายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. tuberculata* อยู่ที่ระดับ 22.3-32.3% และ *H. discus* ระดับโปรตีนที่เหมาะสม คือ 23.3-35.6% ให้ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้ดี โดยพบว่าที่ระดับโปรตีน 35% จากแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี คือ เคซีน ของอาหารสำเร็จที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทั้ง 2 ชนิดนี้จะให้การเจริญเติบโตที่ดีที่สุด

Ogino และ Kato (1964) ได้ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. discus Reeve* ที่อุณหภูมิน้ำ 15-27 องศาเซลเซียส ด้วยอาหารสำเร็จที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาป่น พบว่าอาหารมีระดับโปรตีน 20-30% ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดี และผลการเจริญเติบโตต่อวันของหอยเป๋าฮื้อสูงขึ้นเมื่อระดับโปรตีนมีค่าสูงกว่า 30% หอยเป๋าฮื้อจะมีการเจริญเติบโตต่ำเมื่อระดับโปรตีนของอาหารสำเร็จต่ำกว่า 15%

ไขมัน

ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย ทำหน้าที่เป็นตัวนำ growth factor ซึ่งจะเข้าสู่ร่างกายเองไม่ได้ ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงสุดต่อหน่วยเมื่อเทียบกับสารอาหาร

ชนิด อื่นๆ และเป็นพลังงานที่ร่างกายเก็บสะสมไว้ได้ สำหรับไขมันที่เหมาะสมในการใช้ผสมในอาหารสัตว์น้ำต้องมีกรดไขมันที่จำเป็นในอัตราที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ

หน้าที่ของไขมัน

1. เป็นแหล่งของพลังงาน สัตว์น้ำสามารถย่อยและดูดซึมไขมันไปใช้ได้ และไขมันยังเป็นแหล่งที่ให้พลังงานที่สูงที่สุด ไขมัน 1 กรัม จะให้พลังงานสูงถึง 9 กิโลแคลอรี ซึ่งมีผลดีต่อเนื่องในการช่วยประหยัดโปรตีนในอาหารไม่ให้เผาผลาญเป็นพลังงาน อีกด้วย ดังนั้นโปรตีนที่กินเข้าไปจึงถูกนำไปใช้ในการดำรงชีพ การเสริมสร้างเซลล์ใหม่เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต

2. เป็นสื่อนำวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ, ดี, อี และเค ไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย

3. เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้สารที่ละลายได้ในไขมัน เช่น พวกฮอร์โมนและวิตามินซึมออกไปนอกเซลล์ ในขณะเดียวกันก็ป้องกันน้ำจากภายนอกไม่ให้ซึมเข้าภายในเซลล์ และยังช่วยป้องกันความหนาวเย็นจากภายนอกอีกด้วย

4. เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เพื่อไปทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดของพรอสต้าแกลนดิน (Prostaglandins) ซึ่งควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อควบคุมความดันโลหิต และป้องกันการอุดตันของเส้นเลือด

ความต้องการไขมันของสัตว์น้ำ

กรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ทั้งนี้เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันทั้งสองกลุ่มนี้ขึ้นภายใน ร่างกายได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องผสมลงไปในอาหาร แต่อย่างไรก็ตามชนิดและปริมาณของกรดไขมันในอาหารนั้นอาจจะแตกต่างกันขึ้น อยู่กับความต้องการของสัตว์น้ำแต่ละชนิด การใช้ไขมันปริมาณสูงเกินไปจะทำให้เกิดการหืนของน้ำมันได้ง่าย เนื่องจากเกิดการออกซิไดซ (oxidize) หรือการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนในไขมัน ดังนั้นในอาหารที่ใส่ไขมันมาก ควรใช้ยากันหืน เช่น บีเอชที (BHT) ในอัตรา 200 กรัม/ตัน หรืออีท๊อกซีควิน (Ethoxyquin) 200 กรัม/ตัน และไวตามินอี นอกจากนั้นการเก็บรักษาอาหารให้มีคุณภาพดีอยู่ได้นาน ควรเก็บไว้ในที่มืดและที่อุณหภูมิต่ำๆ

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ(2546) ได้ศึกษาชนิดของไขมันต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยใช้น้ำมัน 5 ชนิด คือ น้ำมันปลา น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันหมู น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำ เป็นเวลา 28 สัปดาห์พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่ใช้น้ำมันปลาผสมในอาหาร มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด

Uki, Kemuyama และ Watanabe (1986) ทดสอบความต้องการกรดไขมันที่จำเป็น (EFA)ในหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* โดยทำอาหารสำเร็จรูปประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิดที่ระดับ 1-5% ทดสอบเลี้ยงหอยเป็นเวลา 80 วัน พบว่าอาหารที่ขาด EFA ให้ผลการเจริญเติบโตช้าลงและให้ค่า Food Conversion Ratio (FCR) ต่ำด้วย

คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารที่ให้พลังงานเมื่อถูกเผาผลาญ อาหารสำเร็จรูปบางสูตรมีแหล่งคาร์โบไฮเดรตมาจากแป้งหรือเดกตริน (dextrin) ประมาณ 5-30% ของอาหารทั้งหมด อาหารหลายอย่างใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นสารเชื่อม (binding agent) เพื่อให้อาหารไม่แตกตัวเร็วเกินไปเมื่ออยู่ในน้ำและยังคงมีราคาถูกกว่าสารอาหารประเภทโปรตีน

รูปแบบโดยทั่ว ๆ ไปของคาร์โบไฮเดรต

1. น้ำตาล (Sugar) เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดของคาร์โบไฮเดรตและย่อยได้ง่าย พบในนม ผลไม้ น้ำผึ้ง และผักบางชนิด

2. แป้ง (Starch) เป็นรูปแบบที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและย่อยยาก พบมากในข้าว ข้าวโพด มันชนิดต่างๆ และพืชอื่นๆ

3. เซลลูโลส (Cellulose) เป็นรูปแบบที่สลับซับซ้อนที่สุดของคาร์โบไฮเดรต พบในลำต้นของหญ้า เนื้อไม้ เปลือกของผลไม้ สัตว์ที่จะใช้ประโยชน์ ได้แก่ พวกสัตว์กินพืช โดยที่อาศัยแบคทีเรียช่วยย่อยเซลลูโลสให้แตกตัวเป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปแบบ ง่าย จากนั้นก็จะถูกเอนไซม์ภายในร่างกายนำเข้าสู่ร่างกายไปใช้ประโยชน์ต่อไป

แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์ น้ำ ได้แก่ พืช และผลิตภัณฑ์จากพืช เช่น แป้ง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น สัตว์น้ำมีความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรตแต่ละรูปแบบแตกต่างกันไป

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของสัตว์น้ำ

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของสัตว์น้ำผันแปรตามชนิดของสัตว์น้ำ การพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์น้ำคิดจากปริมาณที่สัตว์ย่อยได้เท่านั้น ในวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้สำหรับสัตว์แต่ละชนิดต่างกัน เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานและย่อยง่าย ทั้งนี้หากปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีมากเกินไปอาจจะมีผลให้ปริมาณไกลโคเจนสะสมในตับสัตว์สูงเกินไปอาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคตับได้ (กรมประมง, 2541)

การย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์น้ำ

คาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์น้ำอาจแบ่งเป็น กลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่ม คือน้ำตาล แป้ง และใยอาหาร อาหารคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้จะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงก่อนที่จะซึมเข้าสู่ร่างกายได้ โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดของโมเลกุลเล็กอยู่แล้ว พบในอาหารสัตว์น้ำในปริมาณไม่มากนัก ร่างกายสัตว์น้ำจะดูดซึมไปใช้ได้โดยไม่ต้องถูกย่อยอีก ส่วนใยอาหาร เอนไซม์ของสัตว์น้ำย่อยไม่ได้แต่ก็มีส่วนช่วยให้อาหารถูกย่อยได้ดีขึ้น

Thongrod และคณะ (2003) ได้ศึกษาอัตราส่วนไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ผลการทดลองพบว่าหอยเป๋าฮื้อเจริญได้ดีที่ระดับไขมันในอาหารต่ำ (1.3%) และคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งแสดงว่าหอยเป๋าฮื้อสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้เป็นพลังงานหรือเพื่อการเจริญเติบโตได้ดี

แร่ธาตุและวิตามิน

วิตามินเป็นโภชนาการที่สิ่งมีชีวิตต้องการในปริมาณน้อยแต่มีความจำเป็นต่อร่างกาย เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีและทำให้สรีระของร่างกายเป็นปกติเนื่องจากสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินมาใช้เองได้จึงมีการเติมวิตามินลงในอาหารสำเร็จที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทั้งในเชิงการค้าและการทดลองจะอยู่ในช่วง1.5-2.5% ของปริมาณอาหารทั้งหมด (Mai, 1998) ส่วนแร่ธาตุเป็นสารอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำต้องการแร่ธาตุเพื่อการสร้างเนื้อเยื่อต่าง ๆ ที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย และใช้ในระบบสรีระต่าง ๆ สัตว์น้ำมีการหายใจด้วยเหงือก ซึ่งสามารถดูดซึมแร่ธาตุจากน้ำได้โดยผ่านเหงือก แต่ปริมาณที่ได้รับนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุในแหล่งน้ำโดยเฉพาะในน้ำจืด ซึ่งมีปริมาณแร่ธาตุน้อย ดังนั้นการผสมแร่ธาตุในอาหารสัตว์น้ำจึงถือว่าเป็นสิ่งจำเป็น ปกติอาหารสัตว์น้ำที่ยังไม่ได้เสริมด้วยแร่ธาตุก็จะมีแร่ธาตุอยู่บ้างแล้ว แร่ธาตุเหล่านี้ได้มากจากวัตถุดิบที่ใช้ทำอาหาร เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว เป็นต้น

De Silva และ Anderson (1995) รายงานว่า ปกติในน้ำทะเลจะมีแร่ธาตุและโลหะปริมาณน้อยอยู่แล้วและสัตว์น้ำจะได้รับสารอาหารเหล่านี้โดยการแอคทีพทรานสปอร์ท (active transport) แต่มักจะมีการเติมลงไปในอาหารประมาณ 5% ของอาหารทั้งหมดเนื่องจากแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม มีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกและเนื่องจากเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่ถูกทำลายเนื่องจากศัตรู เช่น ดาวทะเล เพรียง หรือฟองน้ำบางชนิด จำเป็นที่จะต้องใช้แร่ธาตุเหล่านี้ในการซ่อมแซมเปลือก (Hahn,1989)

เส้นใย (fiber)

เส้นใยหมายถึงสารประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน ลิกนิน และไคตินแต่โดยทั่วไปแล้ว เส้นใยที่พบในผนังเซลล์พืชส่วนใหญ่จะเป็นเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน โดยจะพบเซลลูโลสหรือคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆที่ย่อยไม่ได้ในปริมาณที่น้อยกว่า ปริมาณเส้นใยที่พบในพืชสามารถวิเคราะห์ได้โดยการย่อยด้วยกรดและด่าง (acid base digestion) โดยจะมีปริมาณแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของพืช เช่น พืชขนาดเล็ก จะมีเส้นใยต่ำ เนื่องจากมีเฮมิเซลลูโลส และลิกนินในปริมาณน้อย แต่เมื่อพืชขนาดใหญ่ขึ้น จะมีเฮมิเซลลูโลสและลิกนินมากขึ้น (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

สารดึงดูด

สารดึงดูด หมายถึง วัตถุดิบหรือสารเคมีต่างๆที่ใส่ลงไปในอาหารสำเร็จรูปแล้วดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ากินอาหารเร็วขึ้นหรือมากขึ้นกว่าปกติ การเติมสารดึงดูดลงในอาหารสำเร็จเพื่อกระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อเข้ากินอาหาร อาจจะทำโดยการเติมสาหร่ายแห้งชนิดที่หอยเป๋าฮื้อชนิดนั้นชอบกินผสมลงในอาหารสำเร็จรูปได้แก่สาหร่ายสีน้ำตาล ซึ่งให้สารพวกโปรตีน กรดอะมิโน ที่สามารถใช้ดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ากินอาหารได้ดี(Harada, Maruyama และ Nakano, 1984) ดังตารางที่ 2.4

Harada และ Kawasaki (1982) ทดสอบสารดึงดูดจากสาหร่ายทะเลต่อหอยเป๋าฮื้อ *H. discus* พบว่าหอยชอบกินสาหร่ายสีน้ำตาลมากกว่าสาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีแดง Harada และ Kawasaki (1982) เชื่อว่าอาหารของหอยเป๋าฮื้อ *H. discus* ควรจะมีการเติมสารดึงดูด โดย Sakata และ Ina (1985) สกัด *Undaria pinnatifida* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีน้ำตาล และพบว่าสารดึงดูดที่สำคัญของ *H. discus* คือ digalactosyldiacylglycerol (DGDG) และ phosphatidylcholine

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 ชนิดของสารดึงดูดที่ใช้ในอาหารหอยเป๋าฮื้อ

Amino acids	Only the L-form of the amino acid are active Basic amino acid
	All amino acid (moderate to stong)
	Hydroxylysine (stong)
	Ornithrine (stong)
	Neutral amino acids
	Glycine (moderate)
	Cysteine (moderate)
	Tyrosine (moderate)
	Acidic amino acid
	Hydroxyproline (strong)
	Asparagine (strong)
	Glutamine (strong)
	Tristearin (strong)
Neutral lipid	
Volatile nitrogenous bases	Mono- di- and trimethylamine
	Mono- di- and triethylamine
	Cardiolipin (moderate)
Non volatile nitrogenous base	Choline (moderate)
	Amonium acetate (moderate)
	y-Aminobutyric acid (strong)

ที่มา : Hahn (1989)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยอื่นๆที่ศึกษาเกี่ยวกับโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ดังตารางที่ 2.5 ซึ่งจะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ เช่น ชนิดของอาหาร ความหนาแน่น ระบบที่ใช้เลี้ยง เป็นต้น

ตารางที่ 2.5 งานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์	อาหารทดลอง	ขนาดหอยเริ่มต้น	SGR (%/day)	FCR	เวลา (วัน)	อัตราความหนาแน่น	ระบบเลี้ยง	การเปลี่ยนถ่ายน้ำ	คุณภาพน้ำ					อัตรารอด	อ้างอิง
									pH	T	Salt	Am	N.		
เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารต่างๆ	- สาหร่ายสด	27mm,5.4g	0.07	10	120	3428 ตัว/ลบ.ม.	ตะกร้าพลาสติกแขวนในถังพลาสติก	100% / 1week	8.37	30	30	0.006	0.0004	90	เพ็ญแข คุณา วงค์เดชและคณะ(2548)
	- สาหร่ายแห้ง	27mm,5.51g	0.05	-8.33					8.41	30	31	0.006	0.0005	96	
	- อาหารอัดเม็ด	27mm,5.47g	0.04	-152					8.38	30	30	0.05	0.0007	86	
ศึกษาการเลี้ยงด้วยการบำบัดน้ำทางชีวภาพ	- *G.fisheri*	12mm	0.36	0.63	168	72 ตัว/ลบ.ม.	ถังพลาสติกมีสาหร่าย *C. lentillifera* อยู่	- 80%/day	8.08	29	29.6	0.003	0.008	97	เพ็ญแข คุณา วงค์เดช (2548)
	- *S.robusta*	0.27g	0.32	0.63				- non	8.11	29	34.3	0.000	0.005	97	
	- *Laurencia* sp.														
ศึกษาการเลี้ยงในระบบแสงที่ต่างกัน	สาหร่ายผมนาง *Gracilaria* sp.	15.2mm	0.23	13.3	280	6000 ตัว/ลบ.ม.	ถังไฟเบอร์ก้นกรวย	Water flow 1.8 ลิตร/นาที							ธวัชชัย ทองน้อย (2548)
		0.61g	0.24	13.5					8.2	27	29	0.04	0.03	80	
			0.21	25.0			- แสงอาทิต		8.2	28	29	0.04	0.02	74	
							- พรางแสง 50%		8.2	28	29	0.04	0.09	58	
							- พรางแสง 80%								
ศึกษาความหนาแน่นของการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ	*G.fisheri*	15.7mm	0.07	2.16	150	2857 ตัว/ลบ.ม.	ตะกร้าในบ่อคอนกรีต	100%/1 week	8.31	27	30	0.004	0.003	88	เพ็ญแข คุณา วงค์เดชและคณะ (2548)
		0.85g	0.07	1.84		4286 ตัว/ลบ.ม.			8.32	27	30	0.006	0.006	94	
			0.07	2.69		5714 ตัว/ลบ.ม.			8.27	27	30	0.014	0.005	40	
เปรียบเทียบการเจริญเติบโตบ่อที่คลุมและไม่คลุมกระเบื้อง	*G.fisheri*	10.9mm	0.48	7.53	180	1698 ตัว/ลบ.ม.	ตะกร้าแขวนในบ่อคอนกรีต - คลุมกระเบื้อง - ไม่คลุมกระเบื้อง	Water flow 5 ลิตร/นาที	8.3	29	32	ND	ND	68	ธเนศ พุ่มทอง และสกน(2547)
		0.23g	0.48	6.90										90	
ศึกษาความหนาแน่นของการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ	สาหร่ายผมนาง *Gracilaria* sp.	10.1mm	0.43	ND	300	199 ตัว/ม^2	ถุงแขวนในบ่อคอนกรีต	Water flow 2 ลิตร/นาที	8.18	27	31	0.02	0.004	93	รัดเกล้า เรือง ขนาบและพณา รัตน์(2004)
		0.21g	0.40			398 ตัว/ม^2								88	
			0.39			597ตัว/ม^2								75	
			0.38			796ตัว/ม^2								70	

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง

หอยเป๋าฮื้อชนิด *H.asinina* จากสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ขนาดความยาวเปลือก 2-3 เซนติเมตร อายุประมาณ 6 เดือน

วัตถุดิบเตรียมอาหารทดลอง

1. ถั่วเหลืองป่น จากบริษัท ไทยแลนด์ยูเนี่ยน จำกัด
2. สาหร่ายเกลียวทอง จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด
3. แร่ธาตุรวม จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด
4. วิตามินรวม จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด
5. น้ำมันปลา จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด
6. แป้งโมดิฟาย สตาร์ช จากบริษัท Bangkok Modified Starch จำกัด
7. ปลาป่น จากบริษัท ไทยแลนยูเนี่ยน จำกัด
8. แป้งสาลี ตราว่าว จากบริษัท Bangkok Modified Starch

สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc.H_2SO_4)	(A.R.)
1.2 Phenol	(A.R.)
1.3 Sodium nitroprusside	(A.R.)
1.4 Sodium citrate	(A.R.)
1.5 Sodium hypochlorite	(A.R.)
1.6 Sodium hydroxide	(A.R.)
1.7 Ammonium sulphate	(A.R.)
1.8 Ammonium molybdate	(A.R.)
1.9 Ascorbic acid	(A.R.)
1.10 Sulphalinamide	(A.R.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์

1. ห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมแสงสว่าง
2. รางน้ำทำด้วยอะครีลิกใส ขนาด 15 ซม x 150 ซม x12 ซม จำนวน 2 ใบ
3. ระบบให้อากาศผ่านหัวทรายและระบบจ่ายน้ำทะเล
4. แผ่น PVC ขนาด 20 ซม x 12 ซม รูปทรงหลังคา (สำหรับเป็นที่หลบซ่อนของหอย)
5. หลอดไฟขนาด 40 วัตต์
6. ตัวปรับความเข้มแสง (Dimmer)
7. เครื่องวัดแสง (Lux meter)
8. อาหารสำเร็จรูป (อาหารกุ้งขาวที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อของหน่วยวิจัยการเพาะและการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อไทย สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึก เกาะสีชัง)
9. นาฬิกาจับเวลา
10. จานก้นกลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. สูง 0.5 ซม.
11. ไม้บรรทัดเวอร์เนียร์
12. ภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมโปร่งแสง มีปริมาตร 1180 ลบ.ซม.
    12.1 ภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสง มีปริมาตร 1119 ลบ.ซม.
    12.2 ภาชนะพลาสติกทรงกลมโปร่งแสง มีปริมาตร 1030 ลบ.ซม.
    12.3 ภาชนะพลาสติกทรงกลมทึบแสง มีปริมาตร 1056 ลบ.ซม.
13. ท่อออกซิเจนเพื่อให้อากาศ
14. หัวทรายให้อากาศ
15. ถังไฟเบอร์กลาส ลักษณะก้นแบน ขนาดความจุ 500 ลิตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหารทดลอง

1. เครื่องบดผสม (Otto HM-009)
2. ตู้อบ (Tray Dryer)
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo, AB204)
4. ถาดแสตนเลส
5. กระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Gerhardt kjeldtherm digestion unit และ Gerhardt vapodest)
2. เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter : AC-350 ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo, AB204)

4. ตู้อบลมร้อน (WTE binder รุ่น E-53)
5. เตาเผา (Isotherm Muffle Furnace)
6. กระดาษกรอง Whatmam No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 เซนติเมตร
7. ถ้วยชั่งอะลูมิเนียม
8. ครูซิเบิล
9. เดซิเคเตอร์

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จ

การทดลองทำภายในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อ ซึ่งเป็นห้องมืดสนิทมีระบบแสงสว่างที่เปลี่ยนกลางวันเป็นกลางคืนเพื่อสะดวกต่อการทำงานและสามารถปรับความเข้มของแสงสว่างได้ตามต้องการด้วยเครื่องปรับแสง ระบบทดลองประกอบด้วยรางน้ำทำด้วยอะคริลิกขนาด 15x150x12 ซม. จำนวน 2 ใบ พร้อมระบบให้อากาศและน้ำทะเลไหลผ่านตลอด รางน้ำแต่ละใบมีหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 1.8 ซม. จำนวน 20 ตัว เป็นหอยชุดเดียวกันทุกความเข้มแสง พร้อมที่หลบซ่อนรูปหลังคาวางอยู่ท้ายรางน้ำ ทำการปรับสภาพหอยเป๋าฮื้อเป็นเวลา 7 วัน ก่อนเริ่มการทดลอง ให้อาหารวันละครั้งและดูดตะกอนทำความสะอาดทุกวัน ช่วงเวลาได้รับแสงที่ความเข้มแสง 2000 ลักซ์ เริ่มจาก 15.30 น. ถึง 08.30 น. ของวันถัดไป (17 ชั่วโมง) ช่วงเวลาที่ไม่ได้รับแสง (มืดสนิท) เป็นเวลาตั้งแต่ 08.30 น. ถึง 15.30 น. (7 ชั่วโมง) ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ระบบทดลองการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จรูป

การทดลองเริ่มจากลดความเข้มแสงลงจาก 2000 ลักซ์ มายังระดับความเข้มแสงที่กำหนดไว้ โดยลดความเข้มแสงลง 500 ลักซ์ ทุก 10 นาที ภายในระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบ 30 นาทีแล้วระดับความเข้มแสงก็จะตรงกับที่กำหนดไว้ในการทดลอง และคงที่ไว้นาน 7 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มความเข้มแสงกลับไปที่ 2000 ลักซ์ ภายในเวลา 30 นาที และคงที่อยู่นาน 17 ชั่วโมง ก่อนจะเริ่มลดความเข้มแสงลงมาที่ระดับที่ต้องการทดลองต่อไป ใช้แสงสีแดงเวลาที่นับจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่ออกจากที่หลบซ่อนทุก 30 นาทีจนครบ 6 ชั่วโมง อาหารที่ใช้เป็นอาหารสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) โดยรางน้ำที่ 1 ไม่มีอาหารสำเร็จรูป ส่วนรางน้ำที่ 2 มีอาหารสำเร็จ โดยเริ่มใส่อาหารลงในรางน้ำเมื่อความเข้มแสงคงที่และเก็บออกหลังจากครบ 7 ชั่วโมง ระดับความเข้มแสงที่กำหนดไว้ 5 ระดับ คือ 400, 200, 100, 50 และ 0 ลักซ์(มืดสนิท) ทำการทดลองระดับความเข้มแสงละ 2 ซ้ำ และเว้นการทดลองระหว่างซ้ำ เป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้หอยเป๋าฮื้อได้รับอาหารเป็นปกติ โดยซ้ำที่ 2 จะสลับรางน้ำที่มีอาหารกับไม่มีอาหาร เพื่อให้ผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อทั้ง 2 กลุ่ม และเว้นการทดลองระหว่างระดับความเข้มแสงเป็นเวลา 1 วันเช่นกัน ดำเนินการทดลองในลักษณะนี้จนครบทุกความเข้มแสงที่กำหนดไว้ เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* เมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จ

3.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด (Attractant) ที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

เตรียมอาหารทดลอง ดัดแปลงจากการพัฒนาสูตรอาหารของกรมประมง มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2546) ศึกษาสารดึงดูด 4 ชนิด คือ ถั่วเหลืองป่น รำป่น สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)และปลาป่น เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่ใส่สารดึงดูด) โดยใส่ในปริมาณ 5% ชนิดและปริมาณวัตถุดิบหลักในอาหารทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาสารดึงดูดที่เหมาะสม (กรัม/100 กรัมอาหาร)

ส่วนผสม	สูตรอาหารทดลอง (กรัม/ อาหาร 100 กรัม)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
แป้งสาลี	85	85	85	85	90
รำป่น	5	-	-	-	-
กากถั่วเหลืองป่น	-	5	-	-	-
สาหร่ายเกลียวทอง	-	-	5	-	-
ปลาป่น	-	-	-	5	-
วิตามินรวม	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
แร่ธาตุรวม	2	2	2	2	2
วิตามินซี	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
แป้งดัดแปร	5	5	5	5	5

สูตร 5 เป็นสูตรควบคุม คือ ไม่ใส่สารดึงดูดใดๆลงไปในสูตรอาหาร

ระบบทดลองสำหรับศึกษาจำนวนหอยที่เข้าหาอาหารทดลองแต่ละสูตร ทดลอง 2 ราง โดยใช้กล่องพลาสติกใส ขนาด 15x150x12 ซม. หอยเป๋าฮื้อมีขนาดความยาวเปลือก 2.0 ซม. หนัก 1.5 กรัม จำนวน 10 ตัวต่อการทดลอง และใช้กระดาษกาวสีดำทำเครื่องหมายระยะทางติดด้านล่างของกล่องพลาสติก มีระยะทุก 10 ซม. อาหารทดลองถูกวางในจานแก้วก้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 0.5 เซนติเมตร บริเวณหัวท้ายของระบบทดลอง มีบ้านสามเหลี่ยมเพื่อเป็นที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* อยู่ตรงกลางของกล่องพลาสติกใส ทำการอดอาหารหอยเป๋าฮื้อ 2 วันก่อนเริ่มการทดลองแต่ละครั้ง มีหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิด day light ขนาด 40 วัตต์. เป็นตัวให้แสงสว่าง ต่อกับตัวปรับความเข้มแสง (dimmer) เริ่มจากลดความเข้มแสงลงจาก 2000 ลักซ์ มายังระดับความเข้มแสงที่กำหนดไว้ โดยลดความเข้มแสงลง 500 ลักซ์ ทุก 10 นาที ภายในระยะเวลา 40 นาที เมื่อครบ 40 นาทีแล้วระดับความเข้มแสงก็จะตรงกับที่กำหนดไว้ในการทดลอง จากนั้นทำการให้อาหารทันทีโดยวางลงบนจานก้นกลมทั้ง 2 ข้างของกล่องพลาสติกใส ดังรูปที่ 3.2 ระบบทดลองอยู่ในห้องที่ควบคุมแสงให้มืดสนิท ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง

รูปที่ 3.2 ระบบที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด ที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ดังนี้

1. คำนวณหาความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตร เมื่อครบ 3 ชั่วโมง จากสูตร

$$\text{ความคงตัวอาหาร (\%)} = \frac{\text{น.น แห้งของอาหารที่เหลืออยู่}}{\text{น.น แห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

2. จำนวนหอยที่เข้ากินอาหารทดลองแต่ละสูตร ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดสารดึงดูดที่ใช้ ทดลอง 2 ซ้ำ เลือกชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากจำนวนหอยที่เข้ากินอาหาร เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

วิธีเตรียมอาหารทดลอง

ชั่งวัสดุอาหารชนิดแห้ง แล้วใส่รวมกันในถุงพลาสติก

↓

เขย่ารวมกันภายในถุงแล้วเทใส่โถอาหารผสม ผสมให้เข้ากันดีอีกเป็นเวลา 5 นาที

↓

นำอาหารแห้งมาผสมโดยผ่านเครื่องผสมอาหาร

↓

ผสมน้ำลงไปทำให้อาหารเปียกพอหมาดๆ

↓

ผสมอาหารเปียกในเครื่องบดอาหารเพื่อรีดออกมาเป็นเส้น

↓

เกลี่ยเส้นอาหารที่ได้บนถาดแสตนเลส

↓

อบในเตาอบอาหาร ที่มีลมไหลผ่านและตั้งอุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมงหรือจนกว่าความชื้นในอาหารต่ำกว่า 10%

↓

นำเส้นอาหารที่แห้งแล้วมาบดด้วยเครื่องปั่นอาหารเพื่อแยกขนาดที่ต้องการ

↓

บรรจุอาหารในถุงพลาสติกและเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ตลอดเวลา ในระหว่างการทดลอง

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำอาหารทดลองสำหรับใช้ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด

รูปที่ 3.4 การทำอาหารทดลองสำหรับใช้ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด

3.3 พัฒนาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

ระบบทดลอง ประกอบด้วยภาชนะพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ที่มีลักษณะดังนี้ ภาชนะพลาสติกทรงกลมโปร่งแสงเจาะรู ภาชนะพลาสติกทรงกลมทึบแสงเจาะรู ภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมโปร่งแสงเจาะรู และภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงเจาะรู เสียบในลังพลาสติกที่เจาะรู

ขนาดพอดีกับภาชนะแต่ละรูปทรง ทำให้ภาชนะสามารถลอยน้ำได้ โดยแยกชนิดและรูปทรงของภาชนะไว้แต่ละแผ่นโฟรม จำนวน 20 หน่วยทดลองต่อ 1 ลังพลาสติก ลอยไว้ในถังไฟเบอร์กลาสรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าก้นแบน ขนาด 50 x 200 x 50 cm. ความจุ 500 ลิตร แต่ใส่น้ำทะเลความเค็ม 30 ppt. เพียง 200 ลิตร น้ำทะเลในถังทดลองถูกเปลี่ยนถ่าย 100 % ทุกวัน มีหัวทรายให้อากาศ 3 หัวต่อถังหนึ่งใบ หอยเป๋าฮื้อที่ใช้ทดลองมีความยาวและน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 2.14±0.16 cm. 3.00±0.63 กรัม ตามลำดับ ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจำนวน 1 ตัวต่อหนึ่งหน่วยทดลอง ทุกชนิดและรูปทรงของภาชนะ อย่างละ 20 ตัว (20 หน่วย) ทดลอง 4 ซ้ำ เปรียบเทียบในแต่ละหน่วยทดลอง อาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อใช้อาหารกุ้งโดยให้ปริมาณประมาณ 0.05 กรัมในแต่ละภาชนะ โดยให้อาหารเวลา 18.00น.ของทุกวันและทำความสะอาดหน่วยทดลองเวลา 10.00น.ของแต่ละวัน โดยการเปิดน้ำทิ้งของบ่อทดลองและเทน้ำที่ค้างอยู่แต่ละหน่วยทดลองออก ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ภาชนะที่ใช้ในการศึกษาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับหอยเป๋าฮื้อ
ก. ภาชนะทั้ง 4 แบบ ข. ภาชนะพลาสติกทรงกลมโปร่งแสงเสียบในลังพลาสติก
ค. ภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงเสียบในลังพลาสติก ง. การให้อาหารหอยเป๋าฮื้อ

เก็บข้อมูลด้านการเติบโตเป็นเวลา 16 สัปดาห์ โดยศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2. คำนวณหา specific growth rate ; SGR % ต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

$$\text{specific growth rate} = \frac{\ln(\text{น.นสุดท้าย}) - \ln(\text{น.นเริ่มต้น}) \times 100}{\text{เวลา (วัน)}} \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

3. วัดความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้เวอร์เนีย ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4.คำนวณหา specific growth rate ; SGR % ต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

$$\text{specific growth rate} = \frac{\ln(\text{ค.ยาวสุดท้าย}) - \ln(\text{ค.ยาวเริ่มต้น}) \times 100}{\text{เวลา (วัน)}} \quad \text{.....สมการที่2}$$

5. นับจำนวนหอยเป๋าฮื้อและคำนวณอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ

เปรียบเทียบความแตกต่างของชุดทดลอง วางแผนการทดลองแบบ วิเคราะห์กับตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ที่ประกอบด้วย 4 (2x2) ชุดการทดลองและมี 20 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985) เลือกระบบทดลองที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลการเจริญเติบโต เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.4 ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

จากการทดลอง 2 เลือกสารดึงดูดที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากจำนวนหอยที่กินอาหารมาใช้เป็นสารดึงดูดในการทดลองนี้ เตรียมอาหารทดลองดัดแปลงจากการพัฒนาของกรมประมง (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2546) โดยที่ระดับโปรตีนในอาหารทดลองมี 5 ระดับคือ 35%, 30%, 25%, 20% และ 15% และระดับไขมันมี 2 ระดับ คือ 0% และ 5% ดังแสดงในตารางที่ 3.2 มีอาหารกุ้งเป็นสูตรมาตรฐานเป็นตัวเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ระบบทดลองที่ใช้ขึ้นกับผลการทดลองจากข้อ 3 ที่ศึกษาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* จึงเลือกภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงมาให้ในการทดลองนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมทั้ง 10 สูตร

วัสดุอาหาร	สูตรอาหารทดลอง (กรัม/ อาหาร 100 กรัม)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กากถั่วเหลืองป่น	50	40	30	20	10	50	40	30	20	10
แป้งสาลี	30	40	50	60	70	35	45	55	65	75
น้ำมันปลา	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-
ปลาป่น	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
แป้งดัดแปร	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
วิตามินรวม	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
แร่ธาตุรวม	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
วิตามินซี	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

ระบบทดลอง ประกอบด้วยภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงเจาะรู ขนาดความจุ 1.5 ลิตร จำนวน 110 ใบ เสียบในช่องที่ทำท่อพีวีซีวางเรียงในถังไฟเบอร์กลาสรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าก้นแบน ขนาด 50 x 200 x 50 ซม. โดยใส่ช่องละ 5 เหยือก เป็นจำนวน 33 เหยือกต่อ 1 ถัง ถังไฟเบอร์กลาสความจุ 500 ลิตร แต่ใส่น้ำทะเลความเค็ม 30 ppt. เพียง 200 ลิตร โดยถังที่ 4 จะมี 11 เหยือก ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งถังที่ 4 จะใช้เป็นถังทดสอบสารอาหารภายในระบบโดยออกแบบการการทดลองให้อาหารเหมือนกับถังที่ 1 2 และ 3 เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นทำการอดอาหาร เก็บข้อมูลอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

รูปที่ 3.6 ระบบที่ใช้ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

ระบบน้ำที่ใช้เป็นระบบเปิดแต่ไม่ไหลต่อเนื่อง น้ำทะเลในถังทดลองถูกเปลี่ยนถ่าย 100 % ทุกวัน มีหัวทรายให้อากาศ 3 หัวต่อถังหนึ่งใบ หอยเป๋าฮื้อที่ใช้ทดลองขนาดความยาวเปลือก 2.0-

2.2 ซม. ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจำนวน 1 ตัวต่อภานะพลาสติกหนึ่งใบ อย่างละ 11 ตัว (11 ใบ) เปรียบเทียบในแต่ละหน่วยทดลอง สถานที่เลี้ยง ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง โดยให้อาหารประมาณ 0.05 กรัม ต่อเหยือกหนึ่งใบ ให้เวลา 18.00น.ของแต่ละวัน และทำความสะอาดหน่วยทดลองเวลา 9.00น.ของแต่ละวันเก็บข้อมูลด้านการเติบโต ทุก 8 สัปดาห์ รวมระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 24 สัปดาห์ ศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารสำเร็จแต่ละสูตร ดังนี้

- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC,1995)
- ระดับพลังงาน
- อัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน (E/P ratio)

3.2 ติดตามการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ

3.2.1 ชั่งน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.2.2 คำนวณหา specific growth rate ; SGR % ต่อวัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน ดังสมาการที่ 1

3.2.3 วัดความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้เวอร์เนีย ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.2.4 คำนวณหา specific growth rate ; SGR % ต่อวัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน ดังสมาการที่ 1

3.2.5 คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

น้ำหนักอาหารที่หอยกิน(กรัม)/น้ำหนักเปียกของหอยที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

3.2.6 นับจำนวนหอยเป๋าฮื้อและคำนวณอัตราอดตายของหอยเป๋าฮื้อ

3.3 บันทึกสัดส่วนเพศของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตรทุกๆ 2 สัปดาห์ตลอดระยะเวลาของทดลอง

3.4 วิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทุก 1 เดือนตลอดระยะเวลาของการทดลอง

3.5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ *H. asinin*a ที่กินอาหารสำเร็จ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำหอยเป๋าฮื้อในแต่ละชุดการทดลองใส่ในถุงพลาสติกและแช่ในตู้แช่แข็งทันทีเพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อหอยเป๋าฮื้อก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ (Proximate analysis) เปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อหอยที่เกิดจากการกินอาหารต่างชนิดกัน การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- ปริมาณความชื้น (AOAC,1995)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl Method (AOAC,1995)
- ปริมาณไขมัน โดยวิธีการสกัดไขมัน (AOAC,1995)

เปรียบเทียบความแตกต่างอัตราส่วนของโปรตีนและไขมัน วางแผนการทดลองแบบวิเคราะห์กับตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ที่ประกอบด้วย 10 ชุดการทดลองและมี 9 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple range test

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

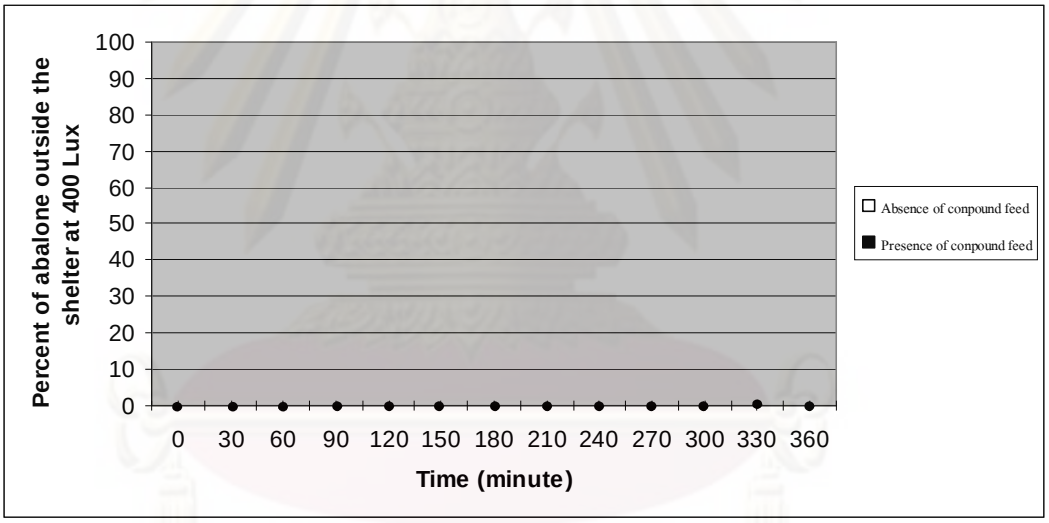
บทที่4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จรูป

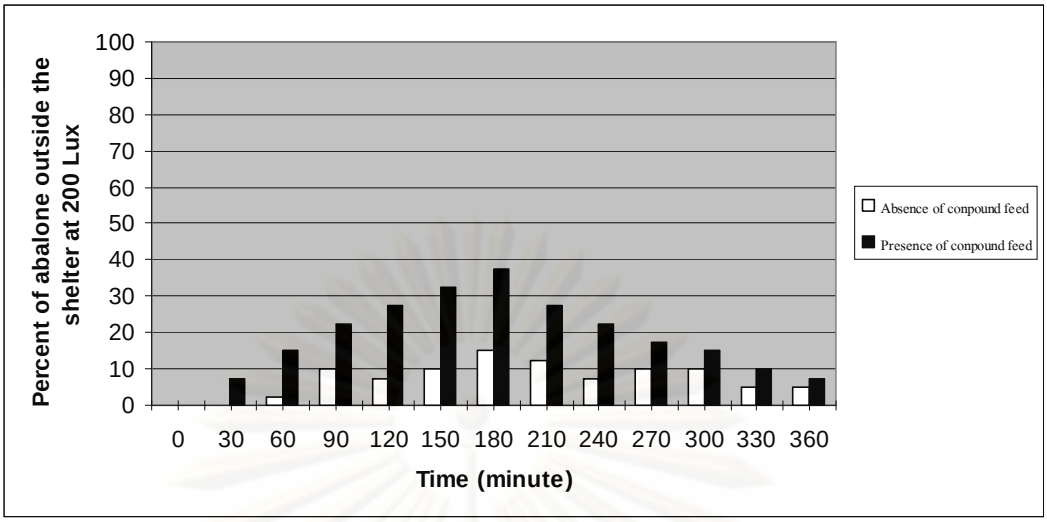
จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาทีตลอดการทดลอง 6 ชั่วโมง ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 ซ้ำของการทดลองแต่ละความเข้มแสง และแปลงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วสร้างกราฟแท่งเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหอยที่ออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสงที่กำหนดและการมีและไม่มีอาหารสำเร็จรูป

ที่ระดับความเข้มแสง 400 ลักซ์ ไม่มีหอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนเลยไม่ว่าจะมีอาหารสำเร็จรูปหรือไม่ก็ตามดังรูปที่ 4.1



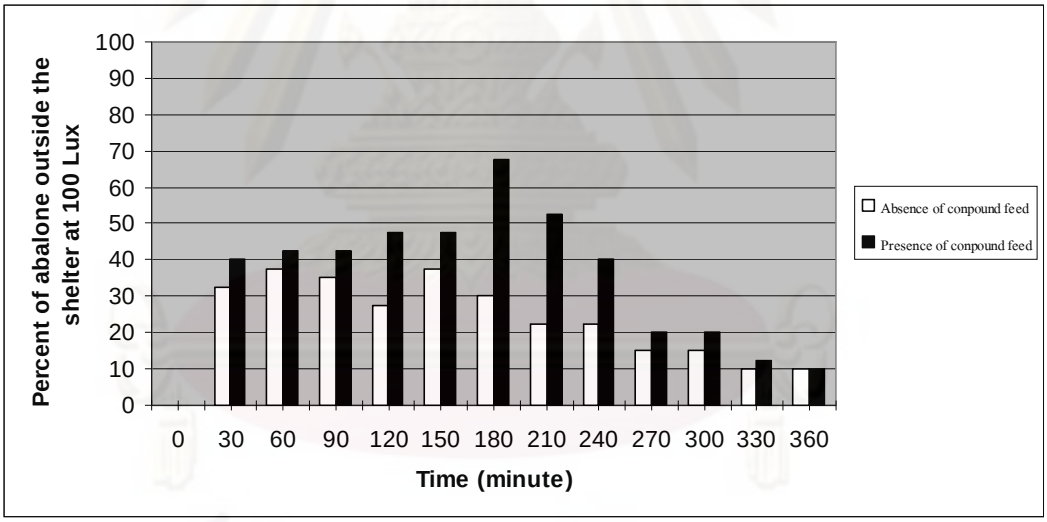
รูปที่ 4.1 หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 400 ลักซ์

ที่ระดับความเข้มแสง 200 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อ (37.5%) ในรางที่มีอาหารออกจากที่หลบซ่อนมากกว่าหอยเป๋าฮื้อ (15%) ในรางที่ไม่มีอาหารอย่างมีชัดเจนดังรูปที่ 4.2



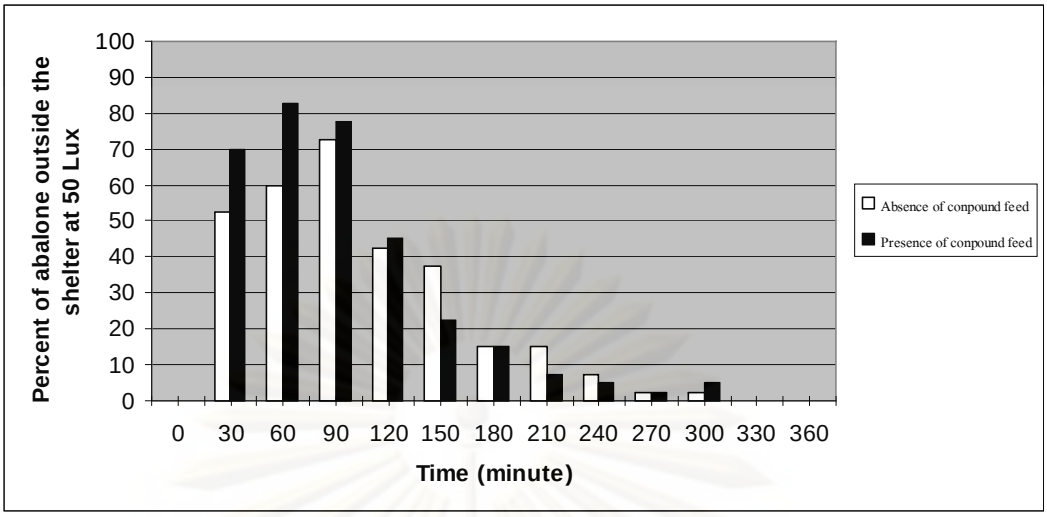
รูปที่ 4.2 หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 200 ลักซ์

ที่ระดับความเข้มแสง 100 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อ (67%) ในรางที่มีอาหารออกจากที่หลบซ่อนมากกว่าหอยเป๋าฮื้อ (37.5%) ในรางที่ไม่มีอาหารอย่างชัดเจนเช่นกันแต่หอยร้อยรูเริ่มออกจากที่หลบซ่อนเร็วขึ้นดังรูปที่ 4.3



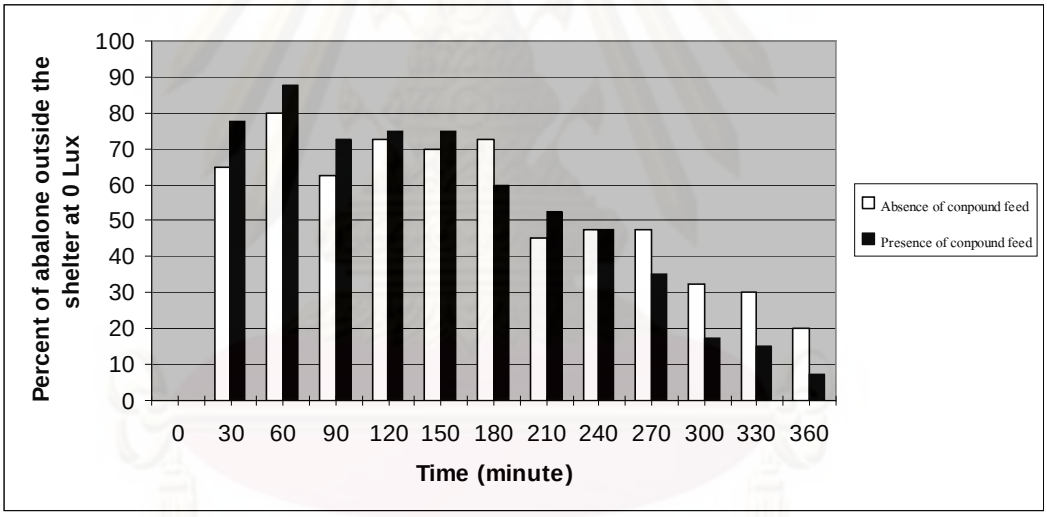
รูปที่ 4.3 หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 100 ลักซ์

ที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อ (82.5%) ในรางที่มีอาหารออกจากที่หลบซ่อนใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อ (72.5%) ในรางที่ไม่มีอาหาร และกลับเข้าที่หลบซ่อนเร็วขึ้นกว่าเดิมดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์

ที่ระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อ (87.5%) ในรางที่มีอาหารออกจากที่หลบซ่อนใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อ(80%)ในรางที่ไม่มีอาหาร และกลับเข้าที่หลบซ่อนช้าลงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนที่ระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

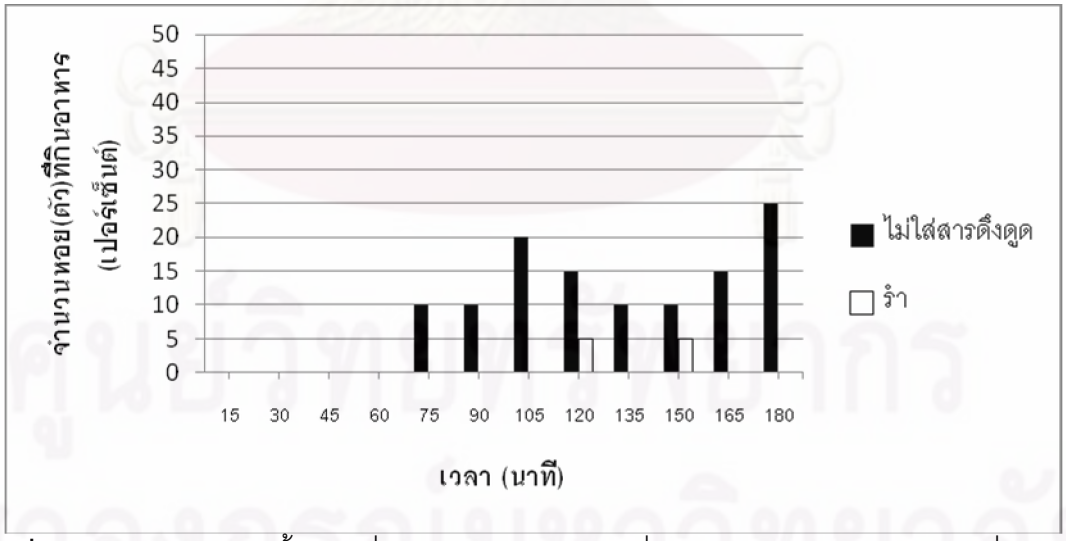
ค่าความคงตัวของอาหารเมื่อครบเวลา 180 นาทีของอาหารที่นำมาใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูดพบว่ามีค่าความคงตัวอาหารแต่ละสูตรมีค่ามากกว่า 80% ดังตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าอาหารที่นำมาทดลองสามารถอยู่ในน้ำได้ตลอดระยะเวลาของการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของสารดึงดูดเมื่อเวลาครบ 180 นาที

อาหารทดลอง	%ความคงตัวอาหาร
สูตร 1	83
สูตร 2	85
สูตร 3	86
สูตร 4	84
สูตร 5	83
สูตร 6	85

จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารที่บันทึกไว้ทุก 15 นาทีตลอดการทดลอง 180 นาที นำมาหาค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 ซ้ำของการทดลองแต่ละชนิดของสารดึงดูด และแปลงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วนำไปสร้างกราฟแท่งเพื่อดูจำนวนหอยที่กินอาหารในแต่ละสูตรอาหารที่ใส่สารดึงดูดแต่ละชนิดได้ผลรูปที่ 4.6

หอยเป๋าฮื้อเริ่มกินอาหารสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดเมื่อเวลาผ่านไป 75 นาทีและมีจำนวนมากกว่าสูตรที่ใส่รำเป็นสารดงดูดซึ่งเริ่มกินเมื่อเวลา 120 นาทีหลังจากให้อาหารดังรูปที่ 4.6



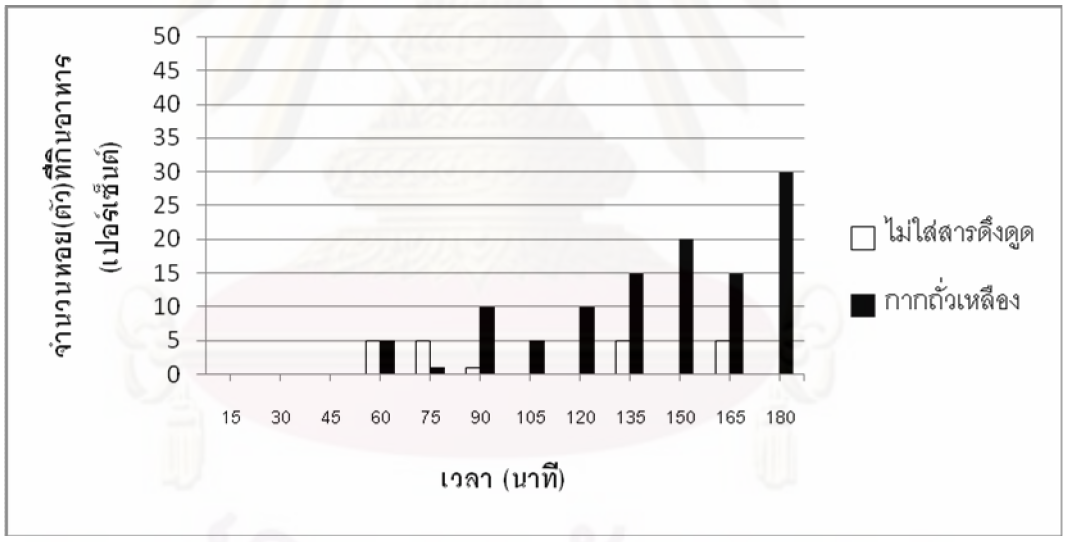
รูปที่ 4.6 จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรอาหารที่ใส่รำเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที

จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมดไม่นับตัวซ้ำหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารทดลองสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดมากกว่าสูตรที่ใส่รำเป็นสารดึงดูดทั้ง 2 รางดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรที่ใส่รำเป็นสารดึงดูดเป็นเวลา 180 นาที

ชนิดสารดึงดูด	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด(ตัว)ที่เข้ากินอาหารทดลอง			
	1		2	
ไม่ใส่สารดึงดูด - รำ	ไม่ใส่สารดึงดูด	รำ	ไม่ใส่สารดึงดูด	รำ
	6	1	7	1

เปรียบเทียบเวลาและจำนวนที่เข้ากินอาหารของหอยเป๋าฮื้อพบว่าสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูดหอยเป๋าฮื้อเริ่มกินอาหารทั้ง 2 สูตร ใช้เวลาที่เท่ากันคือ 60 นาทีหลังจากให้อาหารและมีจำนวนตัวที่เริ่มกินอาหารเท่ากันดังรูปที่ 4.7



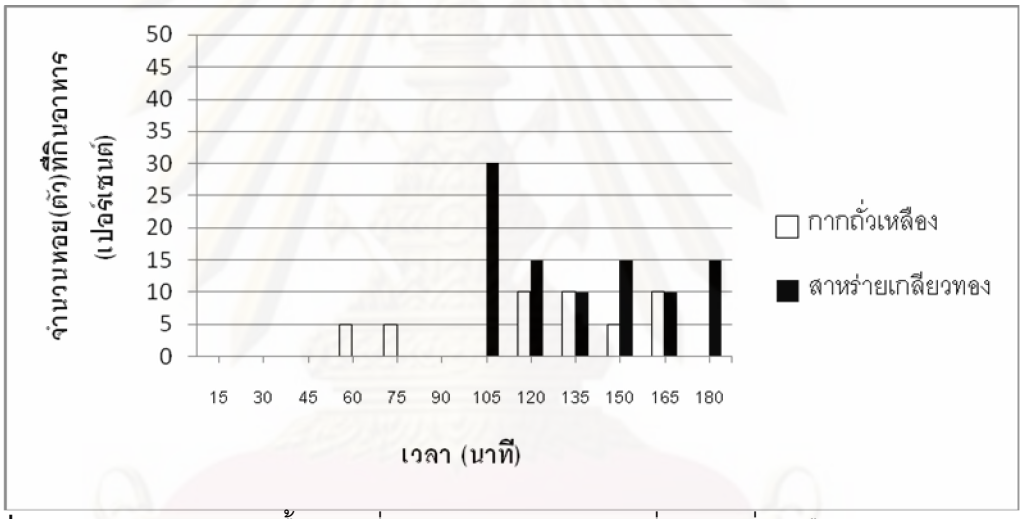
รูปที่ 4.7 จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรอาหารที่ใส่กากถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที

จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมดทั้ง 2 ซ้ำการทดลอง อาหารสูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองมีจำนวนหอยที่เข้ากินมากกว่าสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ไม่ใส่สารดึงดูดกับสูตรอาหารที่ใส่การถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูดเป็นเวลา 180 นาที

ชนิดสารดึงดูด	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง			
	1		2	
ไม่ใส่สารดึงดูด - กากถั่วเหลือง	ไม่ใส่สารดึงดูด	กากถั่วเหลือง	ไม่ใส่สารดึงดูด	กากถั่วเหลือง
	2	4	3	6

เวลาที่หอยเป๋าฮื้อเริ่มกินอาหารสูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองน้อยกว่าสูตรที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่าจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารน้อยกว่าสูตรอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)ดังรูปที่ 4.8



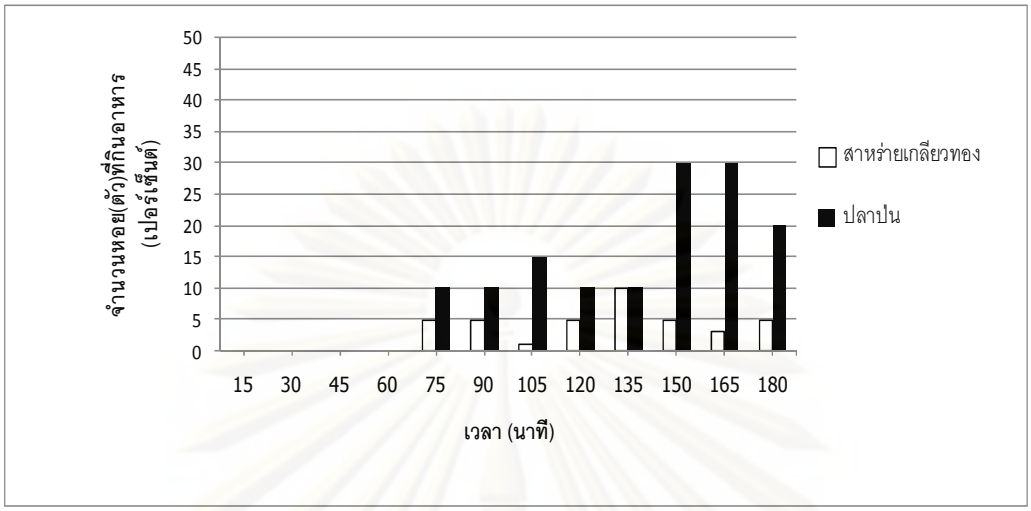
รูปที่ 4.8 จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองกับสูตรอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) เป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที

จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้ากินอาหารทดลองในรางที่ 1 มีค่าเท่ากันทั้ง 2 สูตรแต่ในรางที่ 2 หอยกินอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)มากกว่าดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองกับสูตรอาหารที่ใส่สาหร่ายเป็นสารดึงดูดเป็นเวลา 180 นาที

ชนิดสารดึงดูด	จำนวนหอยเป๋าฮื้อรวม (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง			
	1		2	
กากถั่วเหลือง- สาหร่ายเกลียวทอง	กากถั่วเหลือง	สาหร่าย เกลียวทอง	กากถั่วเหลือง	สาหร่าย เกลียวทอง
	4	4	3	7

อาหารที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูดจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้ากินอาหารมากกว่าอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)ในเวลาเริ่มต้นที่เท่ากันดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)กับสูตรอาหารที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูด ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที

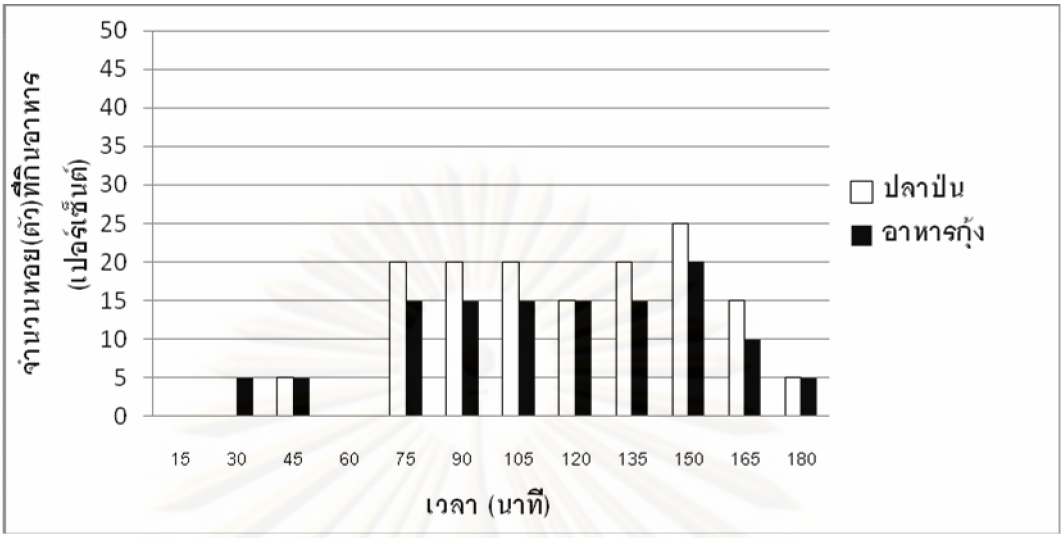
จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้ากินอาหารสูตรที่ใส่ปลาป่นมากกว่าสูตรที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)ทั้ง 2 ราง ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 จำนวนหอยเป๋าฮื้อรวม (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ใส่สาหร่ายเกลียวทองเป็นสารดึงดูดกับปลาป่นเป็นสารดึงดูด 180 นาที

ชนิดสารดึงดูด	จำนวนหอยเป๋าฮื้อรวม (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง			
	1		2	
สาหร่ายเกลียวทอง– ปลาป่น	สาหร่ายเกลียวทอง	ปลาป่น	สาหร่ายเกลียวทอง	ปลาป่น
	4	5	2	6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เปรียบเทียบสารดึงดูดระหว่างปลาป่นกับอาหารสูตรมาตฐาน (อาหารกุ้ง) ได้ผลดังรูปที่ 4.10



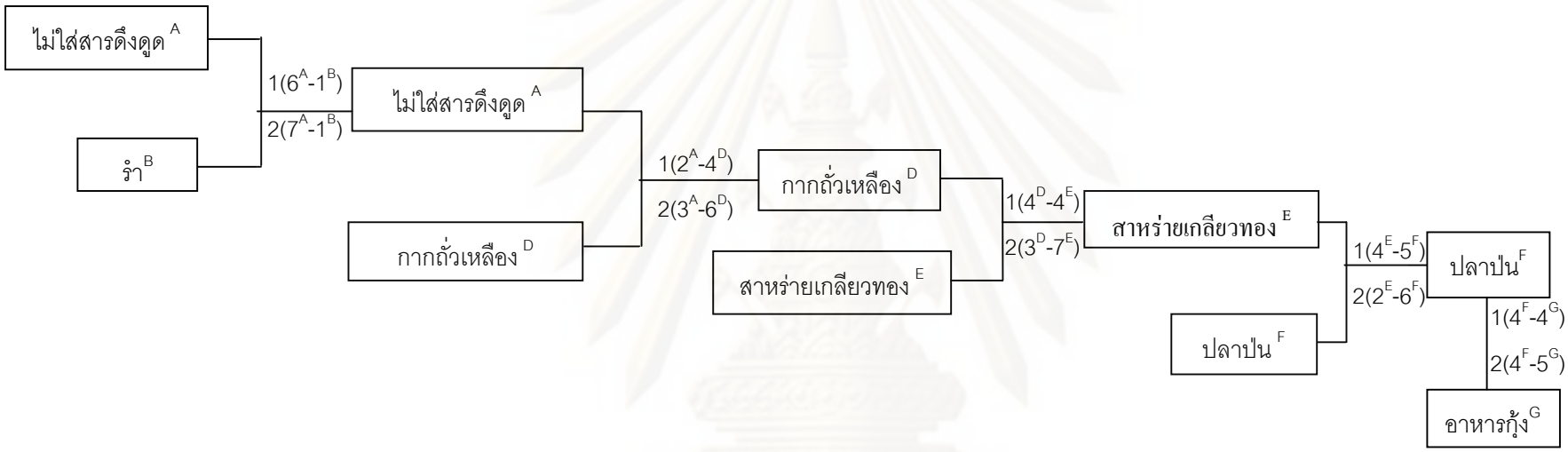
รูปที่ 4.10 จำนวนหอยเป๋าฮื้อ (ตัว) ที่กินอาหารทดลอง สูตรที่ใส่ปลาป่นกับอาหารสูตรมาตรฐาน (อาหารกุ้ง) ทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 180 นาที

จำนวนหอยเป๋าฮื้อรวมทั้งหมดไม่นับตัวซ้ำที่เข้ากินอาหารสูตรที่ใส่ปลาป่นไม่แตกต่างกับสูตรอาหารมาตรฐาน (อาหารกุ้ง) ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด (ตัว) ที่กินอาหารทดลองสูตรที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูดกับอาหารสูตรมาตรฐาน (อาหารกุ้ง) เป็นเวลา 180 นาที

ชนิดสารดึงดูด	จำนวนหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด(ตัว) ที่กินอาหารทดลอง			
	1		2	
ปลาป่น-อาหารกุ้ง	ปลาป่น	อาหารกุ้ง	ปลาป่น	อาหารกุ้ง
	4	4	4	5

อาหารหอยเป๋าฮื้อที่ใส่สารดึงดูดแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติในการเป็นสารดึงดูดแล้วพบว่าปลาป่นมีคุณสมบัติเป็นสารดึงดูดที่ดีที่สุดดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 สรุปจำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่กินอาหารทดลองที่ใส่สารดึงดูดชนิดต่างๆ

A,B แสดงสัญลักษณ์ตัวแทนของสารดึงดูดชนิดนั้นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 พัฒนาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

หอยเป๋าฮื้อถูกเลี้ยงในระบบทดลอง ประกอบด้วยภาชนะพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ที่มีลักษณะต่างกัน 4 รูปแบบด้วยความหนาแน่น 1 ตัวต่อหน่วยทดลอง เลี้ยงระยะเวลา 16 สัปดาห์ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 อัตราความหนาแน่น น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อสัปดาห์ต่างๆ เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง (mean±SD)

ลักษณะภาชนะ	ความหนาแน่น (ตัว/ลบ.ม.)	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (กรัม)			
		0 สัปดาห์		16 สัปดาห์	
		ความยาว(cm.)^{ns}	น้ำหนัก(g.)^{ns}	ความยาว(cm.)^{ns}	น้ำหนัก(g.)
เหลี่ยมโปร่งแสง	896	2.40±0.13	3.00±0.59	3.07±0.17	6.23±1.15^{A}
เหลี่ยมทึบแสง	893	2.38±0.22	2.83±0.66	3.14±0.22	6.21±1.05^{A}
กลมโปร่งแสง	900	2.45±0.13	3.18±0.56	3.01±1.18	5.33±1.15^{B}
กลมทึบแสง	895	2.46±0.15	3.15±0.68	3.05±0.18	6.13±0.90^{A}

a, b .... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่สัปดาห์ที่ 16 โดยหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อหน่วยทดลองหรือเท่ากับ 900 ตัว/ลบ.ม. ในภาชนะพลาสติกทรงกลมโปร่งแสงมีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยหอยเป๋าฮื้อต่ำสุดคือ 3.01±1.18 และ5.33±1.15 กรัม ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับรูปแบบภาชนะพลาสติกอื่นๆ

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(SCG) ของความยาววิเคราะห์กับตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ที่ประกอบด้วย 4 (2x2) ชุดการทดลองและมี 20 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985) เพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.8 -4.9

ตารางที่ 4.8 ตาราง ANOVA วิเคราะห์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) รูปทรงของภาชนะพลาสติก (กลม, เหลี่ยม) กับ ความโปร่งแสง (ทึบ, โปร่งแสง)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.515[a]	3	.172	6.295	.001
Intercept	21.619	1	21.619	792.070	.000
รูปแบบภาชนะ	.320	1	.320	11.738	.001
ความโปร่งใส	.178	1	.178	6.522	.013
รูปแบบ* ความโปร่งใส	.013	1	.013	.488	.487
Error	1.774	65	.027		
Total	24.040	69			
Corrected Total	2.290	68			

a. R Squared = .225 (Adjusted R Squared = .189)

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(%ต่อวัน) ของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในภาชนะพลาสติกที่แตกกัน 4 แบบเป็นเวลา 16 สัปดาห์ (mean±SD)

รูปทรง	โปร่งแสง	ทึบแสง	ค่าเฉลี่ย
เหลี่ยม	0.20±0.42	0.23±0.71	0.21±0.19[a]
กลม	0.17±0.39	0.18±0.77	0.17±0.77[b]
ค่าเฉลี่ย	0.19±0.24[c]	0.20±0.35[d]	-

a , b .... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง รูปแบบภาชนะพลาสติกและความโปร่งแสงมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบภาชนะพลาสติกและความโปร่งแสงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อเมื่อเลี้ยงระยะเวลา 16 สัปดาห์รูปแบบเหลี่ยมขุ่นมีอัตราการรอดตายสูงสุดดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยรูปทรงภาชนะที่แตกต่างกัน 4 แบบด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน เป็นเวลา 16 สัปดาห์

รูปทรงของภาชนะพลาสติก	ร้อยละของการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ	
	0	16
เหลี่ยมโปร่งแสง	100	95
เหลี่ยมทึบแสง	100	100
กลมโปร่งแสง	100	95
กลมทึบแสง	100	95

4.4 ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงเลี้ยงเป็นเวลา 24 สัปดาห์นำอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวเปลือกของหอยเปาฮื้อมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพิจารณาผลของระดับโปรตีนและไขมันที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ

ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงเป็นเวลา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของโปรตีนและไขมัน วางแผนการทดลองแบบวิเคราะห์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ที่ประกอบด้วย 10 ชุดการทดลองและมี 9 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985) ดังตารางที่ 4.11-4.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความเปลือกหอยเป๋าฮื้อ วิเคราะห์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ระหว่างระดับโปรตีนกับระดับไขมัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.032[a]	9	.004	2.361	.020
Intercept	4.432	1	4.432	2.966E3	.000
ระดับโปรตีน	.020	4	.005	3.402	.013
ระดับไขมัน	.002	1	.002	1.153	.286
ระดับโปรตีน * ระดับไขมัน	.010	4	.002	1.622	.177
Error	.120	80	.001		
Total	4.584	90			
Corrected Total	.151	89			

จากตารางที่ 4.11 วิเคราะห์ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) พบว่าระดับโปรตีนมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ระดับไขมันและอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนกับระดับไขมันไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test แสดงความต่างหรือเหมือนกันของระดับโปรตีนต่างๆ

		Subset	
Protein Level	N	1	2
โปรตีน 15%	18	0.1934	
โปรตีน 20%	18		0.2204
โปรตีน 35%	18		0.2293
โปรตีน 25%	18		0.2322
โปรตีน 30%	18		0.2343
Sig.		1.000	0.334

จากตาราง 4.12 อาหารสำเร็จที่มีระดับโปรตีน 15% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรอาหารสำเร็จอื่นๆที่มีโปรตีน 20%, 35%, 25%, 30%

ตารางที่ 4.13 สรุปค่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรอิสระ 2 ตัว (2-way ANOVA) ได้ดังนี้

ระดับโปรตีน	ระดับไขมัน (เปอร์เซ็นต์)		ค่าเฉลี่ย
	0	5	
35	0.22±0.04	0.24±0.04	0.23±0.04[a]
30	0.25±0.02	0.22±0.04	0.23±0.03[a]
25	0.24±0.06	0.23±0.03	0.23±0.04[a]
20	0.23±0.03	0.21±0.04	0.22±0.03[a]
15	0.20±0.03	0.19±0.03	0.19±0.03[b]
ค่าเฉลี่ย	0.23±0.03[c]	0.22±0.03[c]	-

a , b .... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 10 สูตรเปรียบเทียบกับหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง ซึ่งเป็นสูตรอาหารมาตรฐาน พิจารณาจากน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อและอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ ทุก 8 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.14 ถึง 4.18

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ (mean±SD)

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและไขมัน	น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (กรัม)			
		0[ns]	8	16	24
สูตรที่ 1	35P,0F	1.70±0.09	3.32±0.54[bcd]	4.83±1.08[cd]	5.51±1.45[abc]
สูตรที่ 2	30P,0F	1.71±0.09	4.10±0.46[e]	5.84±0.90[e]	6.63±1.05[c]
สูตรที่ 3	25P,0F	1.67±0.11	3.31±0.56[bcd]	4.22±0.76[ab]	5.16±0.77[ab]
สูตรที่ 4	20P,0F	1.69±0.13	3.12±0.83[abc]	4.67±1.02[abc]	5.98±0.90[bc]
สูตรที่ 5	15P,0F	1.64±0.11	2.84±0.50[abc]	4.22±0.76[ab]	4.7±0.86[a]
สูตรที่ 6	35P,5F	1.64±0.11	3.83±0.78[de]	5.23±1.03[de]	5.86±1.42[bc]
สูตรที่ 7	30P,5F	1.71±0.09	3.14±0.52[abc]	4.78±0.76[abc]	5.39±1.06[ab]
สูตรที่ 8	25P,5F	1.66±0.13	3.08±0.55[abc]	4.86±0.83[cd]	5.58±1.06[abc]

สูตรที่ 9	20P,5F	1.69±0.09	2.79±0.55^{ab}	4.47±0.72^{abc}	5.13±1.27^{ab}
สูตรที่10	15P,5F	1.72±0.10	2.84±0.50^{a}	3.86±0.70^{a}	4.61±0.82^{a}
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	1.70±0.11	3.47±0.56^{cd}	5.17±1.13^{cde}	6.04±1.31^{bc}

a, b .... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อเริ่มการทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่สัปดาห์ที่ 24 โดยอาหารทดลองสูตร 2 (โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดคือ 6.63 กรัม

ตารางที่ 4.15 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์(mean±SD)

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (%ต่อวัน)			
		0-8	9-16	17-24	0-24
สูตรที่ 1	35P,0F	0.37±0.10^{bcd}	0.20±0.07^{ab}	0.07±0.05^{a}	0.64±0.15^{abc}
สูตรที่ 2	30P,0F	0.48±0.06^{e}	0.19±0.06^{ab}	0.07±0.06^{a}	0.77±0.10^{d}
สูตรที่ 3	25P,0F	0.38±0.12^{bcd}	0.13±0.10^{a}	0.10±0.09^{ab}	0.60±0.07^{abc}
สูตรที่ 4	20P,0F	0.33±0.13^{bc}	0.23±0.15^{ab}	0.15±0.14^{b}	0.71±0.10^{cd}
สูตรที่ 5	15P,0F	0.30±0.08^{abc}	0.22±0.09^{ab}	0.06±0.02^{a}	0.55±0.12^{a}
สูตรที่ 6	35P,5F	0.46±0.12^{de}	0.18±0.08^{ab}	0.06±0.05^{a}	0.67±0.12^{bcd}
สูตรที่ 7	30P,5F	0.33±0.09^{bc}	0.23±0.09^{ab}	0.06±0.04^{a}	0.63±0.11^{abc}
สูตรที่ 8	25P,5F	0.34±0.09^{bc}	0.26±0.09^{b}	0.08±0.06^{a}	0.66±0.10^{abcd}
สูตรที่ 9	20P,5F	0.27±0.10^{ab}	0.27±0.12^{b}	0.07±0.05^{a}	0.60±0.13^{abc}
สูตรที่10	15P,5F	0.22±0.10^{a}	0.22±0.04^{ab}	0.10±0.04^{ab}	0.57±0.11^{ab}
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	0.39±0.11^{cde}	0.22±0.07^{ab}	0.09±0.05^{ab}	0.69±0.13^{bcd}

a , b ....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อในช่วงเวลาแต่ละเดือน ค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน แต่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อในช่วง 0-24 สัปดาห์ อาหารทดลองสูตร 2 (โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดคือ 0.77% ต่อวัน

ตารางที่ 4.16 ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ (mean±SD)

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและไขมัน	ความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (เซนติเมตร)			
		0[ns]	8	16	24
สูตรที่ 1	35P,0F	2.04±0.03	2.47±0.11[bcd]	2.82±0.28[abc]	3.01±0.24[abc]
สูตรที่ 2	30P,0F	2.02±0.03	2.54±0.10[cd]	2.96±0.15[c]	3.18±0.15[c]
สูตรที่ 3	25P,0F	2.02±0.03	2.36±0.12[ab]	2.96±0.40[c]	3.10±0.35[bc]
สูตรที่ 4	20P,0F	2.03±0.03	2.40±0.17[abc]	2.82±0.16[abc]	3.08±0.13[abc]
สูตรที่ 5	15P,0F	2.03±0.03	2.36±0.12[ab]	2.71±0.15[ab]	2.90±0.17[ab]
สูตรที่ 6	35P,5F	2.03±0.03	2.58±0.18[d]	2.97±0.[24c]	3.15±0.24[c]
สูตรที่ 7	30P,5F	2.02±0.03	2.43±0.17[abcd]	2.79±0.14[abc]	3.00±0.20[abc]
สูตรที่ 8	25P,5F	2.03±0.03	2.41±0.15[abc]	2.84±0.12[abc]	3.07±0.17[abc]
สูตรที่ 9	20P,5F	2.03±0.04	2.34±0.14[ab]	0.76±0.14[abc]	2.97±0.21[abc]
สูตรที่10	15P,5F	2.04±0.03	2.29±0.15[a]	2.63±0.21[a]	2.87±0.14[a]
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	2.02±0.02	2.44±0.15[abcd]	2.87±0.19[bc]	3.04±0.19[abc]

a , b ....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.16 พบว่าความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อในช่วงเวลาแต่ละเดือน อาหารทดลองสูตร 2 (โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงสุด โดยความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสัปดาห์ที่ 24 อาหารทดลองสูตร 2 มีค่าเท่ากับ 3.18 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.17 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ (mean±SD)

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและไขมัน	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (%ต่อวัน)			
		0-8	9-16	17-24[ns]	0-24
สูตรที่ 1	35P,0F	0.11±0.03[bcd]	0.07±0.04[a]	0.04±0.02	0.21±0.04[abc]
สูตรที่ 2	30P,0F	0.13±0.02[cd]	0.08±0.02[a]	0.04±0.02	0.25±0.02[c]
สูตรที่ 3	25P,0F	0.09±0.03[ab]	0.12±0.07[b]	0.03±0.01	0.23±0.05[bc]
สูตรที่ 4	20P,0F	0.09±0.04[abc]	0.09±0.04[ab]	0.05±0.03	0.23±0.02[bc]

สูตรที่ 5	15P,0F	0.08±0.02^{ab}	0.08±0.04^{a}	0.04±0.02	0.19±0.03^{ab}
สูตรที่ 6	35P,5F	0.13±0.04^{d}	0.08±0.03^{a}	0.03±0.01	0.24±0.04^{c}
สูตรที่ 7	30P,5F	0.10±0.04^{bcd}	0.08±0.03^{a}	0.04±0.01	0.21±0.03^{abc}
สูตรที่ 8	25P,5F	0.09±0.04^{abc}	0.09±0.03^{ab}	0.04±0.02	0.23±0.03^{abc}
สูตรที่ 9	20P,5F	0.08±0.03^{ab}	0.09±0.03^{ab}	0.04±0.01	0.21±0.04^{abc}
สูตรที่10	15P,5F	0.06±0.04^{a}	0.08±0.02^{a}	0.05±0.02	0.18±0.03^{a}
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	0.10±0.03^{bcd}	0.09±0.02^{a}	0.03±0.02	0.22±0.03^{abc}

a , b ....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.17 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวหอยเป๋าฮื้อในช่วงเวลาแต่ละเดือน อาหารทดลองสูตร 2 (โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อในช่วง 0-24 สัปดาห์ อาหารทดลองสูตร 2 มีค่าเท่ากับ 0.25% ต่อวัน

ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อด้วยอาหารทดลองทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์ อัตราการรอดตายและจำนวนหอยเป๋าฮื้อมีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ทั้ง 11 สูตรดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	ระดับโปรตีน	อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ (%)			
ทดลอง	และ ไขมัน	0^{ns}	8^{ns}	16^{ns}	24^{ns}
สูตรที่ 1	35P,0F	100	100	100	100
สูตรที่ 2	30P,0F	100	100	100	100
สูตรที่ 3	25P,0F	100	100	100	100
สูตรที่ 4	20P,0F	100	100	100	100
สูตรที่ 5	15P,0F	100	100	100	100
สูตรที่ 6	35P,5F	100	100	100	100
สูตรที่ 7	30P,5F	100	100	100	100
สูตรที่ 8	25P,5F	100	100	100	100
สูตรที่ 9	20P,5F	100	100	100	100
สูตรที่10	15P,5F	100	100	100	100
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	100	100	100	100

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

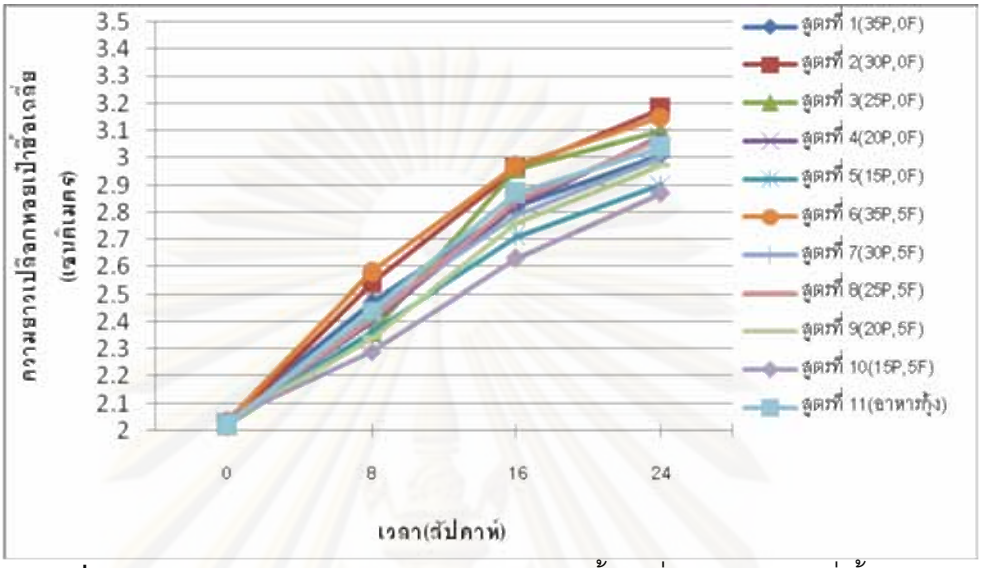
ตารางที่ 4.19 สรุป น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม) น้ำหนักสุดท้าย(กรัม) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของน้ำหนัก SGR (% ต่อวัน) ความยาวเริ่มต้น(ซม.) ความยาวสุดท้าย (ซม.) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาว SGR (% ต่อวัน) อัตราการรอดตาย(%) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของหอยเป๋าฮื้อที่นำมาทดลองอาหารทั้ง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม)^{ns}	น้ำหนักสุดท้าย(กรัม)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของน้ำหนัก	ความยาวเริ่มต้น(ซม.)^{ns}	ความยาวสุดท้าย(ซม.)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาว	อัตราการรอดตาย(%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)
สูตรที่ 1	35P,0F	1.70±0.09	5.51±1.45^{abc}	0.64±0.15^{abc}	2.04±0.03	3.01±0.24^{abc}	0.21±0.04^{abc}	100.00±0.00	2.36
สูตรที่ 2	30P,0F	1.71±0.09	6.63±1.05^{c}	0.77±0.10^{d}	2.02±0.03	3.18±0.15^{c}	0.25±0.02^{c}	100.00±0.00	1.83
สูตรที่ 3	25P,0F	1.67±0.11	5.16±0.77^{ab}	0.60±0.07^{abc}	2.02±0.03	3.10±0.35^{bc}	0.23±0.05^{bc}	100.00±0.00	2.58
สูตรที่ 4	20P,0F	1.69±0.13	5.98±0.90^{bc}	0.71±0.10^{cd}	2.03±0.03	3.08±0.13^{abc}	0.23±0.02^{bc}	100.00±0.00	2.10
สูตรที่ 5	15P,0F	1.64±0.11	4.7±0.86^{a}	0.55±0.12^{a}	2.03±0.03	2.90±0.17^{ab}	0.19±0.03^{ab}	100.00±0.00	2.94
สูตรที่ 6	35P,5F	1.64±0.11	5.86±1.42^{bc}	0.67±0.12^{bcd}	2.03±0.03	3.15±0.24^{c}	0.24±0.04^{c}	100.00±0.00	2.13
สูตรที่ 7	30P,5F	1.71±0.09	5.39±1.06^{ab}	0.63±0.11^{abc}	2.02±0.03	3.00±0.20^{abc}	0.21±0.03^{abc}	100.00±0.00	2.45
สูตรที่ 8	25P,5F	1.66±0.13	5.58±1.06^{abc}	0.66±0.10^{abcd}	2.03±0.03	3.07±0.17^{abc}	0.23±0.03^{abc}	100.00±0.00	2.30
สูตรที่ 9	20P,5F	1.69±0.09	5.13±1.27^{ab}	0.60±0.13^{abc}	2.03±0.04	2.97±0.21^{abc}	0.21±0.04^{abc}	100.00±0.00	2.62
สูตรที่10	15P,5F	1.72±0.10	4.61±0.82^{a}	0.57±0.11^{ab}	2.04±0.03	2.87±0.14^{a}	0.18±0.03^{a}	100.00±0.00	3.11
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	1.70±0.11	6.04±1.31^{bc}	0.69±0.13^{bcd}	2.02±0.02	3.04±0.19^{abc}	0.22±0.03^{abc}	100.00±0.00	2.07

a , b .... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ความยาวเปลือกเปลือกเฉลี่ยหอยเป๋าฮื้อในแต่ละสัปดาห์นำมาทำกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตได้ข้อมูลดังรูปที่ 4.12

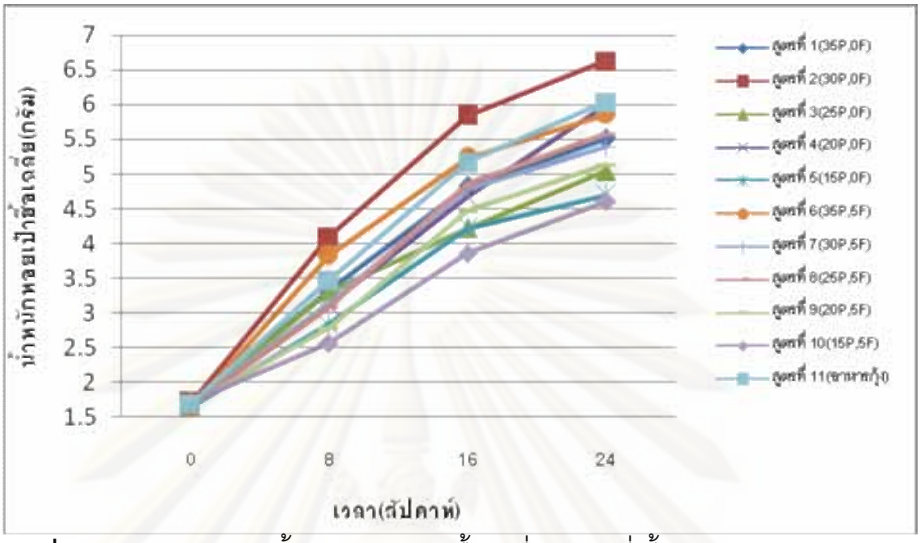


รูปที่ 4.12 แนวโน้มของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(เซนติเมตร)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

ตารางที่ 4.20 สมการเอกซ์โพเนนเชียลและค่า R-squared ที่ได้จากกราฟแนวโน้มของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(เซนติเมตร)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	สมการเอกซ์โพเนนเชียล	R-squared (R^2)
สูตรที่ 1	35P,0F	$y = 1.848e^{0.1299x}$	0.955
สูตรที่ 2	30P,0F	$y = 1.8053e^{0.1514x}$	0.948
สูตรที่ 3	25P,0F	$y = 1.7625e^{0.1511x}$	0.949
สูตรที่ 4	20P,0F	$y = 1.792e^{0.1412x}$	0.982
สูตรที่ 5	15P,0F	$y = 1.8313e^{0.1208x}$	0.974
สูตรที่ 6	35P,5F	$y = 1.8372e^{0.1459x}$	0.928
สูตรที่ 7	30P,5F	$y = 1.818e^{0.1325x}$	0.965
สูตรที่ 8	25P,5F	$y = 1.7986e^{0.1405x}$	0.975
สูตรที่ 9	20P,5F	$y = 1.8019e^{0.1307x}$	0.978
สูตรที่10	15P,5F	$y = 1.8222e^{0.1163x}$	0.993
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	$y = 1.8097e^{0.1389x}$	0.954

น้ำหนักเฉลี่ยหอยเป๋าฮื้อในแต่ละสัปดาห์นำมาทำกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตได้ข้อมูลดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แนวโน้มของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(กรัม)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตร เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

ตารางที่ 4.21 สมการเอกซ์โพเนนเชียลและค่า R-squared ที่ได้จากกราฟแนวโน้มของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อเฉลี่ย(กรัม)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	สมาการเอกซ์โพเนนเชียล	R-squared (R^2)
สูตรที่ 1	35P,0F	$y = 1.3196e^{0.3903x}$	$R^2 = 0.913$
สูตรที่ 2	30P,0F	$y = 1.3447e^{0.4419x}$	$R^2 = 0.871$
สูตรที่ 3	25P,0F	$y = 1.3534e^{0.3557x}$	$R^2 = 0.898$
สูตรที่ 4	20P,0F	$y = 1.2207e^{0.4194x}$	$R^2 = 0.963$
สูตรที่ 5	15P,0F	$y = 1.2748e^{0.3555x}$	$R^2 = 0.927$
สูตรที่ 6	35P,5F	$y = 1.3259e^{0.4132x}$	$R^2 = 0.858$
สูตรที่ 7	30P,5F	$y = 1.3052e^{0.3864x}$	$R^2 = 0.925$
สูตรที่ 8	25P,5F	$y = 1.2333e^{0.4093x}$	$R^2 = 0.934$
สูตรที่ 9	20P,5F	$y = 1.2463e^{0.3802x}$	$R^2 = 0.950$
สูตรที่10	15P,5F	$y = 1.2842e^{0.3364x}$	$R^2 = 0.973$
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	$y = 1.2885e^{0.4202x}$	$R^2 = 0.918$

สัดส่วนการแสดงสภาวะเจริญพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์แสดงดังตารางที่ 4.12-4.14

ตารางที่ 4.22 สภาวะเจริญพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 8

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	สภาวะเจริญพันธุ์		
		แสดงพัฒนาการของเสปิร์ม	แสดงพัฒนาการของรังไข่	ไม่แสดงพัฒนาการ
สูตรที่ 1	35P,0F	3	3	3
สูตรที่ 2	30P,0F	2	5	2
สูตรที่ 3	25P,0F	2	4	3
สูตรที่ 4	20P,0F	1	4	4
สูตรที่ 5	15P,0F	0	2	7
สูตรที่ 6	35P,5F	1	4	4
สูตรที่ 7	30P,5F	4	2	3
สูตรที่ 8	25P,5F	2	2	5
สูตรที่ 9	20P,5F	5	1	3
สูตรที่10	15P,5F	1	1	7
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	2	4	3

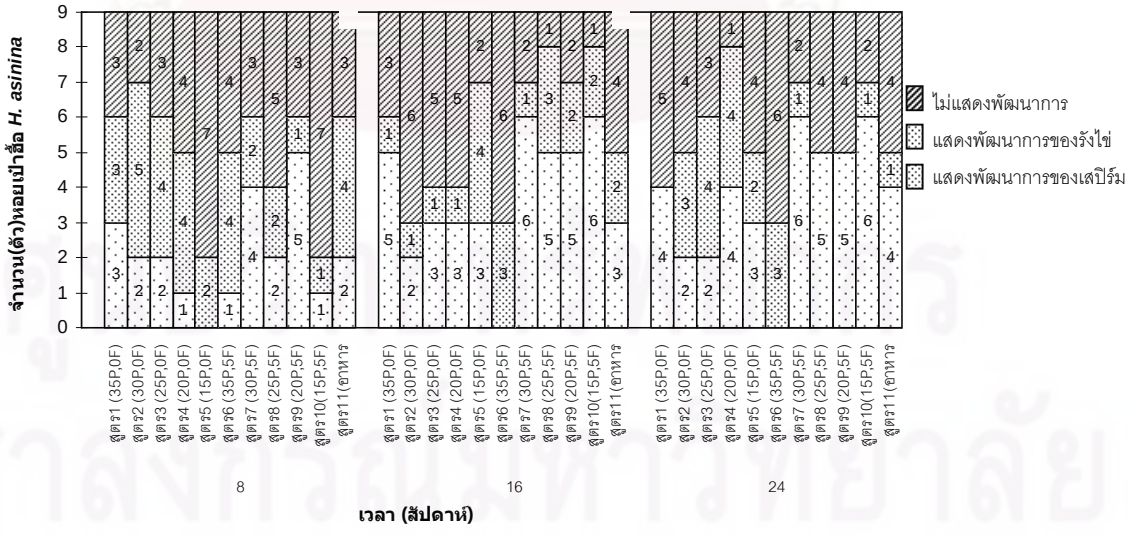
ตารางที่ 4.23 สภาวะเจริญพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 16

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	สภาวะเจริญพันธุ์		
		แสดงพัฒนาการของเสปิร์ม	แสดงพัฒนาการของรังไข่	ไม่แสดงพัฒนาการ
สูตรที่ 1	35P,0F	5	1	3
สูตรที่ 2	30P,0F	2	1	6
สูตรที่ 3	25P,0F	3	1	5
สูตรที่ 4	20P,0F	3	1	5
สูตรที่ 5	15P,0F	3	4	2
สูตรที่ 6	35P,5F	0	3	6
สูตรที่ 7	30P,5F	6	1	2
สูตรที่ 8	25P,5F	5	3	1
สูตรที่ 9	20P,5F	5	2	2
สูตรที่10	15P,5F	6	2	1
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	3	2	4

ตารางที่ 4.24 จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่แสดงสภาวะเจริญพันธุ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 24

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	สภาวะเจริญพันธุ์		
		แสดงพัฒนาการของเสปิร์ม	แสดงพัฒนาการของรังไข่	ไม่แสดงพัฒนาการ
สูตรที่ 1	35P,0F	4	0	5
สูตรที่ 2	30P,0F	2	3	4
สูตรที่ 3	25P,0F	2	4	3
สูตรที่ 4	20P,0F	4	4	1
สูตรที่ 5	15P,0F	3	2	4
สูตรที่ 6	35P,5F	0	3	6
สูตรที่ 7	30P,5F	6	1	2
สูตรที่ 8	25P,5F	5	0	4
สูตรที่ 9	20P,5F	5	0	4
สูตรที่10	15P,5F	6	1	2
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	4	1	4

สัดส่วนเพศของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์นำมาเปรียบเทียบโดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนของเพศในแต่ละสัปดาห์ได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 สรุปสัดส่วนเพศของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์

จากรูปที่ 4.14 สัดส่วนเพศของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตรแต่ละสัปดาห์เป็นเวลา 24 สัปดาห์แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะให้อาหารสำเร็จสูตรใดก็ตามหอยเป๋าฮื้อยังคงแสดงสภาวะเจริญพันธุ์อยู่ในแต่ละสัปดาห์แสดงว่าการแสดงสภาวะเจริญพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อไม่ขึ้นกับระดับโปรตีนและระดับไขมันของอาหารสำเร็จที่ใช้ในการทดลองทั้ง 11 สูตร

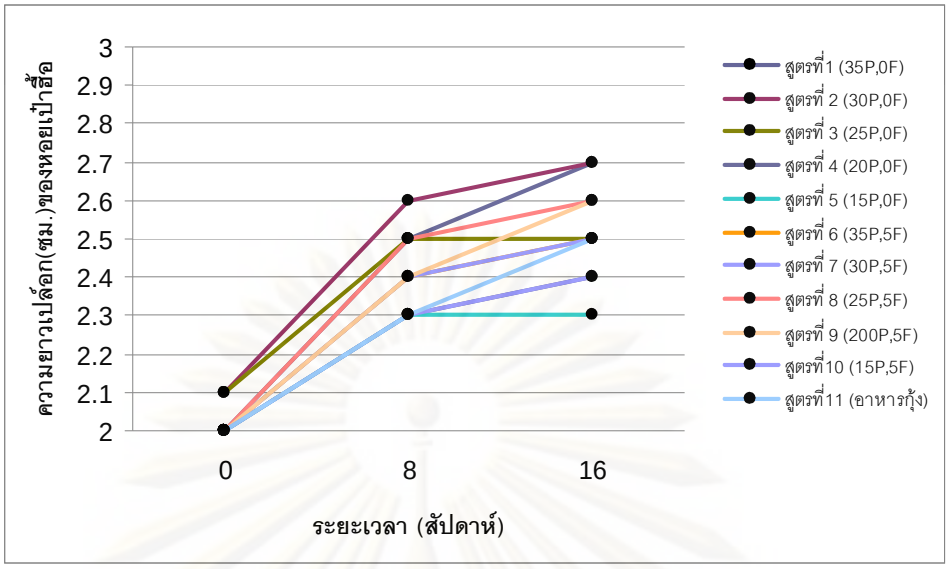
เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจำนวน 11 ตัวในระบบที่ใช้เลี้ยงร่วมกับระบบที่ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ เพื่อดูสารอาหารที่ปนมาภายในระบบโดยดูจากอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ โดยเริ่มอดอาหารหลังจากสัปดาห์ที่ 8 ได้ผลดังตาราง 4.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 ความยาว (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กรัม) และจำนวนวันที่หอยอยู่ได้หลังจากอดอาหาร

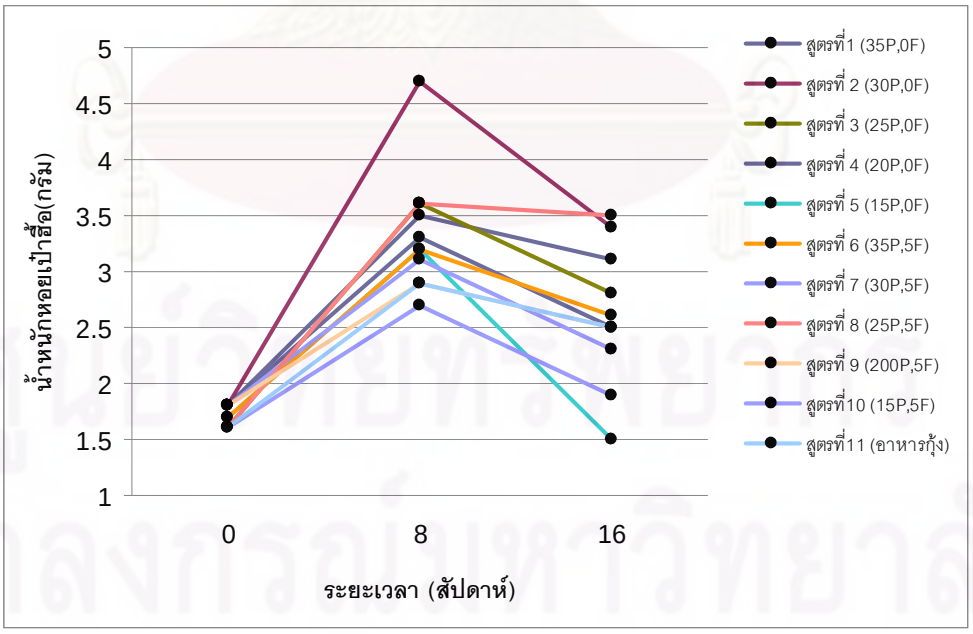
อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	เวลา(สัปดาห์ที่)						ความยาวเมื่อหอยตาย	จำนวนวันที่หอยอยู่ได้หลังจากเริ่มอดอาหาร
		0(เริ่มต้นให้อาหาร)		8(ให้อาหาร)		16(อดอาหาร)			
		ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก		
สูตรที่ 1	35P,0F	2.0	1.8	2.5	3.5	2.7	3.1	2.7	115
สูตรที่ 2	30P,0F	2.1	1.8	2.6	4.7	2.7	3.4	2.7	83
สูตรที่ 3	25P,0F	2.1	1.6	2.5	3.6	2.5	2.8	2.5	80
สูตรที่ 4	20P,0F	2.0	1.8	2.3	3.3	2.4	2.5	2.5	92
สูตรที่ 5	15P,0F	2.0	1.7	2.3	3.2	2.3	1.5	2.5	116
สูตรที่ 6	35P,5F	2.0	1.7	2.4	3.2	2.5	2.6	2.5	100
สูตรที่ 7	30P,5F	2.0	1.8	2.4	3.1	2.5	2.3	2.5	92
สูตรที่ 8	25P,5F	2.0	1.6	2.5	3.6	2.6	3.5	2.7	104
สูตรที่ 9	20P,5F	2.0	1.8	2.4	2.9	2.6	2.5	2.6	87
สูตรที่10	15P,5F	2.0	1.6	2.3	2.7	2.4	1.9	2.5	108
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	2.0	1.6	2.3	2.9	2.5	2.5	2.9	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 ความยาวเปลือก (ซม.) ของหอยเป๋าฮื้อแต่ละสัปดาห์ที่ศึกษาสารอาหารที่ปนมาภายในระบบ

จากรูปที่ 4.15 ช่วงแรกของการให้อาหาร (0-8 สัปดาห์) หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จทั้ง 11 สูตร มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยพิจารณาจากความชันของกราฟช่วงที่ให้อาหาร (0-8 สัปดาห์) แต่หลังจากอดอาหาร (สัปดาห์ที่ 9 - สิ้นสุดการทดลอง) หอยเป๋าฮื้อมีความยาวเปลือกเพิ่มน้อยกว่าโดยความชันของกราฟมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 4.16 น้ำหนัก (กรัม) ของหอยเป๋าฮื้อแต่ละสัปดาห์ที่ศึกษาสารอาหารที่ปนมาภายในระบบ

จากรูปที่ 4.16 ตลอดระยะเวลาที่หอยเป๋าฮื้อได้อาหาร (0-8 สัปดาห์) หอยเป๋าฮื้อมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเห็นได้จากความชันของกราฟสัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 แต่หลังจากอดอาหารหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงอาหารทั้ง 11 สูตรมีน้ำหนักที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

จากตารางที่ 4.25 หอยที่มีความยาวและน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน นำมาเลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 11 สูตรเช่นเดียวกับการทดลองระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อโดยให้อาหารเป็นเวลา 8 สัปดาห์จากนั้นเริ่มอดอาหารสัปดาห์ที่ 9 พบว่าหลังจากอดอาหารหอยเป๋าฮื้อเป็นเวลา 8 สัปดาห์หอยเป๋าฮื้อในแต่ละชุดการการทดลองสามารถมีชีวิตอยู่ได้และมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่มีน้ำหนักลดลงเมื่อเทียบกับก่อนอดอาหารและเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าหอยเป๋าฮื้อทั้ง 11 ตัว ตายหมดซึ่งจากข้อมูลนี้สามารถสรุปได้ว่าภายในระบบทดลองไม่มีสิ่งที่จะทำให้หอยเป๋าฮื้ออยู่รอดได้นอกจากอาหารสำเร็จรูปที่ใช้ทดลอง

หอยเป๋าฮื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลองจะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีซึ่งมีค่า น้ำหนักรวม(กรัม), น้ำหนักเปลือก (กรัม), น้ำหนักเนื้อรวมเครื่องใน (กรัม), น้ำหนักเนื้อเปียก (กรัม) และน้ำหนักเนื้อแห้ง (กรัม), ก่อนนำไปวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.26 – 4.27

ตารางที่ 4.26 น้ำหนักเฉลี่ยส่วนต่างๆของหอยเป๋าฮื้อ(กรัม)ที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

สูตรอาหาร	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	น้ำหนักรวมเฉลี่ย(กรัม)	น้ำหนักเปลือกเฉลี่ย(กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยเนื้อรวมเครื่องใน (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยเนื้อเปียก (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยเนื้อแห้ง (กรัม)
1	35P,0F	5.51	0.79	2.48	1.83	0.49
2	30P,0F	6.63	0.92	3.34	2.71	0.60
3	25P,0F	5.04	0.78	2.32	1.84	0.54
4	20P,0F	5.98	0.81	2.60	2.04	0.47
5	15P,0F	4.70	0.77	2.31	1.79	0.49
6	35P,5F	5.86	0.86	2.81	2.11	0.47
7	30P,5F	5.39	0.80	2.37	1.81	0.53
8	25P,5F	5.58	0.80	2.57	1.94	0.50
9	20P,5F	5.13	0.76	2.33	1.86	0.46
10	15P,5F	4.61	0.71	1.99	1.57	0.42
11	อาหารกุ้ง	6.04	0.80	2.78	2.27	0.62

ตารางที่ 4.27 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเฉพาะส่วนที่เป็นเท้าไม่รวมลำไส้ เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	ระดับโปรตีนและ ไขมัน	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเท้าหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ 11 สูตร (%)				
		โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เนื้อเปียก(g.)	เนื้อแห้ง(g.)
สูตรที่ 1	35P,0F	64.19	2.14	8.81	1.83	0.49
สูตรที่ 2	30P,0F	60.69	2.19	13.44	2.71	0.60
สูตรที่ 3	25P,0F	62.32	2.05	10.79	1.84	0.54
สูตรที่ 4	20P,0F	54.52	2.09	11.78	2.04	0.47
สูตรที่ 5	15P,0F	54.06	1.98	12.23	1.79	0.49
สูตรที่ 6	35P,5F	64.70	2.07	8.14	2.11	0.47
สูตรที่ 7	30P,5F	63.17	2.28	9.18	1.81	0.53
สูตรที่ 8	25P,5F	62.56	2.16	9.99	1.94	0.50
สูตรที่ 9	20P,5F	54.58	2.31	11.12	1.86	0.46
สูตรที่10	15P,5F	54.75	2.04	11.51	1.57	0.42
สูตรที่11	อาหารกุ้ง	58.63	2.14	12.54	2.27	0.62

จากตารางที่ 4.27 วิเคราะห์จากเนื้อเท้าหอยเป๋าฮื้อแห้ง ระดับโปรตีนที่อยู่ในเนื้อหอยเป๋าฮื้อไม่แตกต่างกันมากนักคืออยู่ในช่วง 54-65 % เช่นเดียวกับปริมาณไขมันที่สะสมในเนื้อหอยมีค่าประมาณ 2%

อาหารทั้ง 11 สูตรที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อมีองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 4.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 องค์ประกอบทางเคมี ระดับพลังงาน และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนในอาหารสำเร็จ 11 สูตร

องค์ประกอบ	อาหารทดลอง										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
โปรตีน %	34.7	30.2	26.8	19.7	16.13	35.4	29.6	25.4	19.2	14.6	37.8
ไขมัน%	0.56	0.63	0.66	0.59	0.41	5.23	5.81	5.67	5.08	5.12	5.50
พลังงาน (kcal/100 กรัม)	399.85	396.38	402.19	393.40	387.76	428.41	425.42	423.26	418.50	416.68	424.89
E/P ratio	11.52	13.12	15.07	19.96	24.03	12.10	14.37	16.66	21.79	28.53	11.24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 คุณภาพน้ำในขณะทำการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์

วันที่	บ่อ	คุณสมบัติของน้ำทะเล					
		ความเค็ม psu	อุณหภูมิ °C	pH	แอมโมเนีย (ug - N/l)	ไนเตรท (ug - N/l)	ฟอสเฟส (ug - P/l)
ก.ย. 52	1	33	28	7.82	0.03	0.03	0.00
	2	32	28	7.98	0.02	0.03	0.03
	3	33	29	8.03	0.02	0.04	0.02
	4	32	26	7.79	0.01	0.01	0.07
ต.ค. 52	1	30	29	8.01	0.01	0.02	0.07
	2	33	27	8.00	0.02	0.02	0.00
	3	30	27	8.04	0.06	0.04	0.07
	4	31	28	8.02	0.02	0.03	0.00
พ.ย. 52	1	32	30	7.85	0.05	0.03	0.02
	2	33	29	7.93	0.04	0.01	0.04
	3	32	28	7.86	0.08	0.02	0.05
	4	33	28	7.83	0.06	0.07	0.02
ธ.ค. 52	1	31	29	7.88	0.10	0.08	0.07
	2	33	28	7.90	0.08	0.01	0.05
	3	30	29	7.65	0.12	0.00	0.09
	4	33	29	7.84	0.11	0.01	0.00
ม.ค. 52	1	32	28	8.12	0.41	0.02	0.02
	2	33	27	8.07	0.88	0.00	0.06
	3	31	28	8.20	0.76	0.09	0.08
	4	33	29	8.03	0.63	0.03	0.04
ก.พ. 53	1	32	30	7.86	0.70	0.06	0.05
	2	33	29	7.98	0.91	0.10	0.07
	3	32	28	7.75	0.62	0.08	0.09
	4	33	29	7,80	0.70	0.06	0.03

จากตารางที่ 4.28 คุณภาพน้ำที่เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อมีคุณภาพดีโดยมีปริมาณของเสียต่างๆน้อย ซึ่งจะทำให้หอยเป๋าฮื้อมีอัตราการรอดตายสูง

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ เมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จ

ที่ระดับความเข้มแสง 400 ลักซ์ ไม่มีหอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนเลยไม่ว่าจะมีอาหารสำเร็จหรือไม่ก็ตาม เป็นการยืนยันว่า หอยเป๋าฮื้อจะไม่ออกจากที่หลบซ่อนในสภาวะที่มีแสงสว่างเช่นเดียวกับหอยเป๋าฮื้อในธรรมชาติที่ชอบหลบแสงอยู่ใต้ซากปะการังและก้อนหินใต้น้ำในเวลากลางวัน (ฐิติมา โชคชัยไพศาล, 2539)

เมื่อความเข้มแสงลดลงมาที่ระดับ 200 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อในรางที่มีอาหารสำเร็จเริ่มออกจากที่หลบซ่อนก่อนหอยเป๋าฮื้อในรางที่ไม่มีอาหารจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารมีผลต่อการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อทั้งในรางที่มีและไม่มีอาหารสำเร็จเริ่มออกจากที่หลบซ่อนพร้อมๆกัน เมื่อระดับความเข้มแสงลดลงมาที่ 100 ลักซ์ อย่างไรก็ดี หอยเป๋าฮื้อในรางที่มีอาหารสำเร็จออกจากที่หลบซ่อนมากกว่าหอยเป๋าฮื้อในรางที่ไม่มีอาหารสำเร็จใกล้เคียงกับที่ระดับความเข้มแสง 200 ลักซ์

ที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อทั้งในรางที่มีและไม่มีอาหารสำเร็จเริ่มออกจากที่หลบซ่อนพร้อมๆกัน เหมือนกับทีระดับความเข้มแสง 100 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อในรางที่มีอาหารสำเร็จออกจากที่หลบซ่อนไม่แตกต่างกันกับรางที่ไม่มีอาหารสำเร็จและที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์ นี้เท่านั้น ที่ไม่พบหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนทั้งในรางที่มีและไม่มีอาหารสำเร็จ เมื่อสิ้นสุดการทดลองซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ระดับความเข้มแสง 50 ลักซ์ อาหารสำเร็จไม่มีผลต่อการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อและหอยเป๋าฮื้อที่ออกจากที่หลบซ่อนจะกลับเข้าสู่ที่หลบซ่อนเร็วกว่าเดิม

ในสภาวะที่มืดสนิท (ระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์) หอยเป๋าฮื้อทั้งในรางที่มีและไม่มีอาหารสำเร็จออกจากที่หลบซ่อนพร้อมๆกัน ซึ่งเหมือนกับที่ระดับความเข้มแสง 100 และ 50 ลักซ์ หอย

เป้าฮื้อในรางที่มีอาหารสำเร็จออกจากที่หลบซ่อนไม่ต่างกันกับหอยเป้าฮื้อในรางที่ไม่มีอาหารสำเร็จดังนั้นเมื่อแสงมืดสนิทหอยจะออกจากที่หลบซ่อนมากกว่าสภาวะที่มีแสงถึงแม้จะมีอาหารหรือไม่มีอาหารสำเร็จก็ตาม

5.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูด (Attractant) ที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

การกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อจะอาศัยสารดึงดูด (Attractants) ซึ่งเป็นสารที่เติมลงในอาหารสำเร็จเพื่อกระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อเข้ากินอาหาร อาจทำได้โดยการเติมสาหร่ายแห้งชนิดที่หอยเป๋าฮื้อชนิดนั้นชอบกินผสมลงในอาหารสำเร็จ ซึ่งจะให้สารพวกโปรตีนและกรดอะมิโนที่สามารถใช้ดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ากินอาหารได้ดี (Harada, Maruyama และ Nakano, 1984)

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารแบบแทะเล็มและกินช้า การทำให้อาหารอยู่ในน้ำได้นานจึงมีความจำเป็น ดังนั้นการเลือกใช้สารเหนียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ทำให้เกิดความสูญเสียน้อยและหอยเป๋าฮื้อสามารถใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้เต็มที่ จะเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหาร นอกจากนั้นยังช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นการลดต้นทุนด้านการจัดการได้อีกทางหนึ่ง(วัลลภ อิ่มสุวรรณ, 2547) ในการทดลองนี้อาหารที่นำมาใช้มีความคงตัว 85% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัลลภ อิ่มสุวรรณ (2547) ที่ทดลองอาหารเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยอาหารมีความคงตัว 80% และ รายงานของ Bautista-Teruel และคณะ (2003) ที่ใช้อาหารที่มีความคงตัว 65% สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

ตารางที่ 5.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารดึงดูดทั้ง 5 ชนิดเปรียบเทียบกับกรดอะมิโนในเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่นำมาใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	แป้งสาลี	รำป่น	กากถั่วเหลืองป่น	สาหร่ายเกลียวทอง	ปลาป่น	เนื้อหอยเป๋าฮื้อ
Crude Protein	11.7	12.5	42.94	60.5	59.00	60
Fat	0.20	12.50	1.25	4.96	10.05	2.5
Arginine	0.43	1.11	2.80	-	3.43	7.28
Threonine	0.33	0.55	1.70	2.79	2.31	3.44
Leucine	0.87	0.94	2.73	4.84	3.79	5.60
Isoleocine	0.47	0.44	4.19	3.63	2.45	2.81
Valine	0.50	0.69	2.33	3.93	2.77	3.09

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) องค์ประกอบทางเคมีของสารดึงดูดทั้ง 5 ชนิดเปรียบเทียบกับกรดอะมิโนในเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่นำมาใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	แป้งสาลี	รำป่น	กากถั่วเหลืองป่น	สาหร่ายเกลียวทอง	ปลาป่น	เนื้อหอยเป๋าฮื้อ
Tryptophan	0.12	0.16	0.32	0.85	0.57	0.93
Lysine	0.25	0.62	2.6	2.79	4.22	3.78
Histidine	0.47	0.37	1.29	-	1.75	0.89
Phenylalanine	0.60	0.57	1.87	3.02	2.15	3.60
Tyrosine	0.34	0.47	1.47	-	1.69	2.19
Cysteine	0.30	0.31	0.43	-	0.47	1.13
Methionine	0.18	0.29	0.65	0.85	1.47	1.47

ที่มา: FAO (1998)

การทดลองสูตรอาหารที่ใส่รำเป็นสารดึงดูดเปรียบเทียบกับอาหารสูตรควบคุม (ที่ไม่ใส่สารดึงดูด) ผลที่ได้คือสูตรควบคุมให้ผลที่ดีกว่าสูตรที่ใส่รำเป็นสารดึงดูดอาจเป็นเพราะถ้าพิจารณาจากตาราง 5.1 เทียบเทียบกันระหว่างแป้งสาลีกับรำป่นพบว่า รำป่นมีปริมาณไขมันที่สูงมากเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ใส่เฉพาะแป้งสาลีซึ่งปริมาณไขมันที่สูงนี้อาจทำให้หอยเป๋าฮื้อไม่เข้ามากินอาหารหรือกินอาหารปริมาณน้อยลงหรืออาจเป็นเพราะปริมาณไขมันที่สูงทำให้อาหารหืนง่าย ดังนั้นอาหารที่มีส่วนผสมของรำหรือไขมันปริมาณสูงจึงไม่เหมาะสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

เปรียบเทียบระหว่างอาหารสูตรควบคุม(ไม่ใส่สารดึงดูด)กับอาหารที่ใส่กากถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูดผลเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอาหารที่ใส่กากถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูดให้ผลที่ดีกว่าอาหารสูตรควบคุม(ที่ไม่ใส่สารดึงดูด) เพราะพิจารณาจากตารางที่ 5.1 กรดอะมิโนในกากถั่วเหลืองมากกว่าอาหารสูตรควบคุมซึ่งใส่เฉพาะแป้งสาลีโดยที่ไม่ได้ใส่สารดึงดูดเลยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆได้แก่

Hahn (1989) รายงานว่ากรดอะมิโนทุกตัวมีสมบัติเป็นสารดึงดูดในอาหารหอยเป๋าฮื้อโดยกรดอะมิโนที่มีความสามารถเป็นสารดึงดูดที่ดี ได้แก่ hydroxylysine, ornithrine, hydroxy proline, asparagine และ glutamine เป็นต้น

อาหารที่ใส่กากถั่วเหลืองเป็นสารดึงดูดนำมาเปรียบเทียบกับอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) ผลคือ หอยจะเข้ากินอาหารสูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองก่อนสูตรที่ใส่สาหร่าย

เกลียวทอง (*Spirulina* sp.) แต่จำนวนหอยที่เข้ากินอาหารเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูตรที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) มีจำนวนหอยที่เข้ากินมากกว่าสูตรที่ใส่กากถั่วเหลืองที่เป็นเช่นนี้อาเป็นเพราะสาหร่ายเกลียวทองมีปริมาณของกรดอะมิโนบางชนิดที่กระตุ้นให้หอยกินอาหารมากกว่ากรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง ดังตารางที่ 5.1 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆได้แก่

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2546) รายงานว่าสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) มีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าสาหร่ายหนาม และสาหร่ายผมนาง อีกทั้งมีปริมาณกรดอะมิโนใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ เพื่อใช้เป็นสารดึงดูดให้หอยเป๋าฮื้อเข้าหาอาหาร

วัลลภ อิ่มสุวรรณ (2547) ศึกษาสารดึงดูดที่เหมาะสม โดยเลือกสารดึงดูด 3 ชนิดคือ สาหร่ายเกลียวทองแห้ง (*Spirulina* sp.) สาหร่ายผมนางแห้ง (*Gracilaria* sp.) และ abalone viscera silageสด ผลที่ได้คือ สาหร่ายเกลียวทองแห้ง(*Spirulina* sp.)เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปเป็นสารดึงดูดในอาหารหอยเป๋าฮื้อ

จากการทดลองนำสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)และปลาป่น มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารดึงดูดทั้ง 2 ชนิดแล้วพบว่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนในเรื่องของจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารคือสูตรอาหารที่ใส่ปลาป่นจะพบว่าจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารจะมากกว่าสูตรอาหารที่ใส่สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) เกือบตลอดเวลาของการทดลอง สาเหตุอาจเป็นเพราะปลาป่นมีชนิดของกรดอะมิโนที่มากกว่าสาหร่ายเกลียวทอง ดังตารางที่ 5.1 และปริมาณของกรดอะมิโนแต่ละตัวก็ไม่แตกต่างกันมากนักและอีกสาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะหอยเป๋าฮื้อที่นำมาใช้ทดลองมีการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีปริมาณปลาป่นที่สูงมาตั้งแต่วัยอ่อนจึงอาจทำให้หอยเป๋าฮื้อตอบสนองต่อปลาป่นได้ดีกว่าสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)

จากตารางที่ 4.6 อาหารที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูดเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารกุ้งซึ่งเป็นอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อผลการทดลองที่ได้คือจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารทั้ง 2 สูตรใกล้เคียงกันมากคือ รางที่ 1 มีจำนวนหอยที่เข้ากินอาหารเท่ากันและรางที่ 2 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้ากินอาหารกุ้งมากกว่าอาหารที่ใส่ปลาป่นเป็นสารดึงดูดแค่ 1 ตัว ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าในอาหารกุ้งก็มีส่วนผสมของปลาป่นในปริมาณสูงประมาณ 10% โดยน้ำหนัก (ประเสริฐ และคณะ, 2525) ทำให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกัน

เมื่อนำกรดอะมิโนของสารดึงดูดทั้ง 4 ชนิด คือ ถั่วเหลืองป่น รำป่น สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)และปลาป่น มาเปรียบเทียบกับกรดอะมิโนในเนื้อหอยเป๋าฮื้อพบว่า ปลาป่นมีปริมาณกรดอะมิโนใกล้เคียงกับเนื้อหอยเป๋าฮื้อมากที่สุดโดยเฉพาะ Arginine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำซึ่งปลาป่นมี Arginine ที่สูงแตกต่างจากสาหร่ายเกลียวทองที่ไม่พบ Arginine เลยจึงอาจเป็นเหตุผลที่ปลาป่นมีคุณสมบัติเป็นสารดึงดูดที่ดีที่สุด

5.3 พัฒนาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

ระบบทดลองศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อรายตัวโดยทั่วไปจะติดเครื่องหมายบ่งชี้หรือสัญลักษณ์ที่ตัวหอยเป๋าฮื้อซึ่งบางครั้งเป็นสาเหตุการตายของหอยเป๋าฮื้อและการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อรวมกันก็จะมีปัญหาต่างๆเช่น การแก่งแย่งอาหาร การติดเชื้อ การดูแลทำความสะอาด เป็นต้น ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อตัวเดียวขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

หอยเป๋าฮื้อที่ใช้ทดลองมีขนาดความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 2.14±0.16 ซม.และ 3.00±0.63 กรัม ตามลำดับ ความหนาแน่นที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 893-900 ตัวต่อลบ.ม. ซึ่งน้ำหนัก ความยาวและอัตราความหนาแน่นไม่แตกต่างกันผลที่ได้คือจะทำให้การทดลองได้ผลที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด (ตารางที่ 4.7)

จากการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในภาชนะพลาสติกทั้ง 4 แบบคือ ทรงเหลี่ยมโปร่งแสง ทรงเหลี่ยมทึบแสงทรงกลมโปร่งแสงและทรงกลมทึบแสง เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่าหอยที่เลี้ยงในภาชนะกลมใสมีความยาวต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในภาชนะรูปทรงอื่นซึ่งตรงข้ามกับการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงซึ่งมีความยาวของเปลือกสูงสุดที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะ ธรรมชาติของหอยเป๋าฮื้อจะอยู่อาศัยตามซอกหินซึ่งมีลักษณะผิวขรุขระและหลบซ่อนจากศัตรูดังนั้นภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงจึงเหมาะสำรับเป็นที่อยู่ของหอยเป๋าฮื้อมากที่สุดเพราะจะทำให้หอยไม่เครียด กินอาหารได้อย่างเต็มที่ ถ้าพิจารณาน้ำหนักแล้วพบว่าหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในภาชนะเหลี่ยมใสให้น้ำหนักที่มากที่สุดซึ่งค่าน้ำหนักที่ได้นี้อาจจะไม่ใช่ค่าน้ำหนักที่แท้จริงของหอยก็เป็นได้ เพราะขั้นตอนการชั่งน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อ หอยเป๋าฮื้อจะถูกแคะออกมาจากภาชนะแล้วชั่งทันทีอาจทำให้น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักของ ตัวหอยเป๋าฮื้อเองบวกกับน้ำหนักของน้ำที่หอยเป๋าฮื้อเก็บไว้ดังนั้นในการพิจารณาการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อควรพิจารณาจากความยาวที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ เปรียบเทียบระหว่าง 2 ปัจจัยที่ทดลองคือ รูปทรงภาชนะกับความโปร่งแสงของภาชนะ (ตารางที่ 4.9) ผลที่ได้คือ การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในรูปทรงภาชนะแบบเหลี่ยมมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าการเลี้ยงด้วยภาชนะทรงกลม และปัจจัยของความโปร่งแสงของภาชนะพบว่า หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในภาชนะพลาสติกทึบแสงมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าเลี้ยงในภาชนะพลาสติกโปร่งแสง และเมื่อพิจารณาการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง รูปทรงภาชนะพลาสติก (เหลี่ยม,กลม) กับความโปร่งใส (โปร่งใส,ทึบแสง) พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงของภาชนะพลาสติกและความโปร่งแสงต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(SGR) ของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ รูปทรงแบบเหลี่ยมของภาชนะพลาสติกที่ใช้เลี้ยงหอยจะมีมุมเกาะใกล้เคียงกับที่อยู่ตามธรรมชาติมากที่สุด ทำให้หอยไม่เครียด และความสูงของระดับน้ำจากก้นภาชนะถึงผิวน้ำมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ทำให้หอยสามารถคลานลงไปหลบแสงอยู่ที่ก้นภาชนะได้ สอดคล้องกับการทดลองของ (Hahn, 1989) ที่ว่า หอยเป๋าฮื้อจะมีความเครียดได้ง่ายต่อสิ่งต่างๆรอบๆที่อยู่อาศัยและการเผชิญกับแสง

อัตราการรอดตายและจำนวนหอยเป๋าฮื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.10) การเลี้ยงในรูปทรงภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงมีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ส่วนภาชนะพลาสติกทรงกลมโปร่งแสง ทรงกลมทึบแสง และภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมโปร่งแสง มีอัตรารอดตายเท่ากันคือ 95 เปอร์เซ็นต์ดังนั้นถ้าเลือกรูปทรงภาชนะสำหรับการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อให้มีอัตราการรอดตายสูงสุดควรเลือกรูปทรงเหลี่ยมทึบแสงในการเลี้ยงเป๋าฮื้อซึ่งจะเหมาะที่สุด

อัตราการเติบโตจำเพาะ (SGR) ของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยภาชนะเหลี่ยมขุ่นด้วยอาหารสำเร็จโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.23±0.71%ต่อวัน (ตารางที่ 4.9) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในระบบใหญ่ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ซึ่งมีค่าอัตราการเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อเท่ากับ 0.20% ต่อวัน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้สามารถยืนยันได้ว่าการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในระบบเดี่ยวด้วยรูปแบบภาชนะเหลี่ยมขุ่นให้ผลที่ไม่แตกต่างกับการเลี้ยงในระบบรวมอีกทั้งยังให้ผลดีกว่าในส่วนของอัตราการรอดตาย การใช้น้ำทะเลและของเสียที่ตกค้างภายในระบบอีกด้วย

อัตราความหนาแน่นของหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักเริ่มต้น 2.14±0.16 ซม.และ3.00±0.63 กรัม ตามลำดับ ที่เลี้ยงด้วยภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงมีค่า 893 ตัวต่อลบ.ม. (ตารางที่ 4.7) โดยให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด เท่ากับ 0.23±0.07 %ต่อวัน

เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราความหนาแน่นของหอยเป๋าฮื้อด้วยรูปแบบต่างๆ (ตารางที่ 2.5) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยด้วยรูปแบบอื่นๆแต่อัตราการรอดตายดีกว่าการเลี้ยงด้วยรูปแบบอื่นๆอย่างชัดเจน

5.4 ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

ส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อคือแหล่งโปรตีน เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ สร้างฮอร์โมน จึงมีความจำเป็นในการหาแหล่งโปรตีนและสัดส่วนโปรตีนที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้ตัวชี้วัดในการพิจารณาการเจริญเติบโตคือ น้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ และความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ

องค์ประกอบของอาหารนอกจากโปรตีนแล้ว ไขมันเป็นสารอาหารอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญนอกจากจะเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแล้ว ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นที่สัตว์โดยทั่วไปแล้วต้องนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อและช่วยรักษาระดับความยืดหยุ่นของของเหลวในร่างกายด้วย (Denlaunay และคณะ, 1983)

หอยเป๋าฮื้อที่นำมาใช้ในการทดลองถูกคัดให้มีความยาวและน้ำหนักที่ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.19) คือ มีความยาวเฉลี่ย 2.04±0.03 cm. และมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.70±0.09 g. กรัม ซึ่งจะทำให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำและถูกต้องเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อตามตารางที่ 4.19 พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 11 สูตร มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 2 (โปรตีน 30%,ไขมัน 0%) ปรากฏว่าให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) จากการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรอื่นๆ ยกเว้นการเลี้ยงที่ระดับโปรตีน 15% ที่ให้ผลการเจริญเติบโตที่แย่ที่สุด ดังนั้นอาหารสูตรที่มีโปรตีน 15 % ไม่เหมาะสำหรับเป็นอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ เพราะหอยเป๋าฮื้อต้องการโปรตีนและพลังงานที่เหมะสมสำหรับการเจริญเติบโต ถ้าปริมาณโปรตีนที่ให้มีค่าต่ำและไม่เพียงพอกับความต้องการของหอยเป๋าฮื้อจะทำให้หอยไม่สามารถเจริญเติบโตได้หรือมีอัตราการ

เจริญเติบโตที่ต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ Fleming และคณะ (1996) ว่าระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าในช่วง 6 เดือนแรกของการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อสามารถเลี้ยงด้วยโปรตีนต่ำสุดคือ 20% ไขมัน 0% แต่ถ้าจะเลี้ยงให้ได้การเจริญเติบโตสูงสุดควรเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร โปรตีน 30%,ไขมัน 0%

ระดับไขมันและอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนกับระดับไขมันไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ (ตารางที่ 4.13) คือ การเติมไขมันในอาหารทดลอง (0 % , 5 %) ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของความยาวหอยเป๋าฮื้อสอดคล้องกับรายงานของ Uki et al., (1986) พบว่าระดับไขมันที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ *H. hannai* เท่ากับ 1% เมื่อในอาหารมีไขมัน 5% และ รายงานของ มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2546) ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อโดยใช้ไขมันชนิดต่างๆผลที่ได้คือ ไขมันจากปลาให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดโดยเติม 1.1% ในอาหารที่มีไขมัน 7.6% ดังนั้นจากการทดลองนี้พบว่ามีไขมันในอาหารประมาณ 0.6% (ตารางที่ 4.28) จึงไม่จำเป็นต้องเติมไขมันลงไปในอาหารอีก

จากการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ดังตารางที่ 5.2 พบว่าระดับโปรตีนสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆแต่ระดับไขมันแตกต่างจากการทดลองอื่นคือ การทดลองนี้ไม่ใส่ไขมันในส่วนผสมของอาหารเลยโดยที่หอยเป๋าฮื้อยังคงมีการเจริญเติบโตปกติ และยังคงสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ ซึ่งการที่ไม่ใส่ไขมันจะทำให้ต้นทุนของอาหารต่ำลงและทำให้พลังงานของอาหารลดต่ำลงได้ด้วย

การทดลองนี้หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรโปรตีน 30% ไขมัน 0% มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อ (food conversion ratio; FCR) คำนวณได้จากน้ำหนักอาหารที่หอยเป๋าฮื้อกินหารด้วยน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.83 (ตารางที่ 4.20) ซึ่งเมื่อเทียบกับรายงานที่มีการศึกษาในหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus (ตารางที่ 5.2) พบว่าจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีซึ่งค่าอัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อนี้จะแสดงถึงประสิทธิภาพของอาหารทดลองถ้าอาหารมีประสิทธิภาพดีแล้วค่าอัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อจะต่ำ

ตารางที่ 5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองการศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinin*a

ระดับโปรตีน	ระดับไขมัน	SGR. l=long,w=weight	FCR	น้ำหนักและความยาวเริ่มต้น		แหล่งโปรตีน	แหล่งไขมัน	อ้างอิง
				นน.(g.)	ความยาว (mm.)			
38%	8.7%	1.04(w)	1.83	0.51	13.8	- กากถั่วเหลือง,	- น้ำมันปลา	มนทกานติท้ามติ้น และคณะ(2551)
37%	1.3%	3.45(w)	0.9	0.9	11.5	- Soybean meal	- Fish oil	Thongrod และคณะ (2003)
37%	4%	ND	1.4	1.32	18.3	- artificial diet	- Fish oil	Jackson และคณะ (2001)
35.5%	4.75%	ND	4.70	ND	ND	- ปลาป่น	- น้ำมันปลา	สุวรรณี เฉินบำรุง (2536)
35%	7.64%	1.37(w)	1.83	0.71	14.6	- Soybean meal	- fish oil	มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2546)
32%	4%	0.84(l), 2.35(w)	1.3	0.48	14.5	- artificial		Emmanuel C. และคณะ (1996)
30%	5%	1.07(l) 3.2(w)	1.5	46m	5.3	- casein	- Cod liver oil, Vegetable oil	Kruatachue และคณะ (2004)
30%	**0%**	**0.25(l), 0.77(w)**	**1.83**	**1.7**	**20**	**- กากถั่วเหลือง**	- Fish oil	**งานวิจัยนี้*****

ตารางที่ 5.2(ต่อ) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองการศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinin*a Linnaeus

ระดับโปรตีน	ระดับไขมัน	SGR. l=long,w=weight	FCR	น้ำหนักและความยาวเริ่มต้น		แหล่งโปรตีน	แหล่งไขมัน	อ้างอิง
				นน.(g.)	ความยาว (mm.)			
27%	5%	0.97(l), 0.70(w)	2.30	0.6	15	- Fish meal, shrimp meal, soybean meal	- Fish oil	Bautista-Teruel, และ Milamena (1999)
27%	3.27%	1.30(l) 0.89(w)	1	0.69g.	11.4mm	- Fish meal, shrimp meal, Defatted soybean meal	- squid oil, soybean oil	Bautista-Teruel, Fermin and Koshio (2003)
25%	3.7%	0.67(l) , 2.28(w)	ND	0.11g.	9.96 mm	- กากถั่วเหลือง	- น้ำมันปลา	วัลลภ อิ่มสุวรรณ(2547)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อของทุกๆสูตรอาหารมีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.19) ที่เป็นเช่นนี้อาจจะมีปัจจัยมาจากหลายๆปัจจัยเช่น การดูแลเอาใจใส่ในเรื่องของการทำความสะอาดมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ100 เปอร์เซ็นต์ ทุกๆวันทำให้ไม่มีสิ่งตกค้างอยู่ภายในระบบเลี้ยง สามารถยืนยันได้จากคุณภาพน้ำ(ตารางที่ 4.29)ในขณะทำการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี รวมไปถึงระบบที่ใช้ในการเลี้ยงได้มาตรฐาน อาหารที่ใช้เลี้ยงสะอาดไม่มีสิ่งปนเปื้อน ตลอดจนหอยเป๋าฮื้อที่นำมาใช้ทดลองมีสุขภาพแข็งแรง

แนวโน้มของน้ำหนักและความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ (รูปที่ 4.12-4.13) ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 11 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นไปทิศทางเดียวกันโดยสามารถระบุในรูปของความสัมพันธ์ของระยะเวลาการเลี้ยงกับการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นได้ซึ่งการหาแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้ทำนายน้ำหนักและความยาวของหอยเป๋าฮื้อที่ระยะเวลาเลี้ยงที่เพิ่มขึ้นได้และเมื่อพิจารณาค่า R Square (R^2) น้ำหนักและความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ (ตารางที่ 4.20-4.21) ของอาหารทั้ง 11 สูตร พบว่า อาหารทั้ง 11 สูตร มีค่า R^2 ไม่แตกต่างกัน คือ ประมาณ 0.95 ซึ่งค่า R^2 นี้ยิ่งสูงเท่าใด ความแม่นยำของการนำสมาการไปใช้เพื่อทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากขึ้น

การแสดงเพศของหอยเป๋าฮื้อ (รูปที่ 4.14) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 24 สัปดาห์เก็บข้อมูลทุกๆ 8 สัปดาห์ดูผลของระดับโปรตีนและการใส่ไขมันในอาหารทั้ง 11 สูตร จากการทดลองนี้ระดับโปรตีนและไขมันไม่มีผลต่ออัตราส่วนของเพศของหอยเป๋าฮื้อซึ่งอาจมาจากสาเหตุหลายปัจจัยด้วยกันเช่น ระบบที่ใช้เลี้ยงเป็นระบบน้ำรวมทำให้หอยสื่อถึงกันได้ดังนั้นหอยอาจสร้างเซลล์สืบพันธ์ขึ้น เมื่อพิจารณาในส่วนของอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ อาหารทั้ง 11 สูตรมีพลังงานสูงประมาณ 400 kcal/100g ซึ่งหอยสามารถนำพลังงานส่วนที่เหลือจากกิจกรรมต่างๆไปสร้างเซลล์สืบพันธ์ สอดคล้องกับรายงานของ วัลลภ อิ่มสุวรรณ (2547) ที่ศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แปรระดับโปรตีนในอาหารทดลองเป็น 25% , 35% และ 45% และแปรระดับพลังงาน จากปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารทดลองเป็น 13% , 23% และ 33% พบว่าอาหารทดลองสูตรที่มีโปรตีน 25.20%, พลังงาน186.48 kcal/100g และ E/P ratio 7.4 เป็นอาหารทดลองที่มีอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina*

ระบบที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเป็นระบบเปิดจึงอาจมีสารอาหารหรือสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบเลี้ยงเช่นสาหร่ายชนิดต่างๆ ทำให้หอยเจริญเติบโตซึ่งทำให้การทดลองผิดพลาดได้ดังนั้นจึงต้อง

ออกแบบการทดลองเพื่อที่จะใช้ตรวจสอบสิ่งต่างๆเหล่านี้ ซึ่งจากการทดลอง (ตารางที่ 4.25) พบว่าหอยมีการตายหลังจากที่อดอาหารโดยลำดับการตายไม่ได้ขึ้นกับสูตรอาหารที่หอยกิน หอยที่อดอาหารยังคงสร้างเปลือกแต่ความยาวที่เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารปกติและน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อที่อดอาหารจะลดลงจนหอยเป๋าฮื้อตายจึงยืนยันได้ว่าระบบทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อไม่มีสารอาหารหรือสิ่งอื่นๆที่ทำให้หอยเจริญเติบโตอยู่ภายในระบบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางของเนื้อเท้าหอยเป๋าฮื้อไม่รวมลำไส้นำไปวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.27) พบว่าปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้จะขึ้นอยู่กับความชื้นของเนื้อเท้าหอยที่นำไปวิเคราะห์จึงทำให้ค่าที่ออกมาแตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อส่วนใหญ่จะแปรตามปริมาณโปรตีนในอาหารอาหารที่เลี้ยง หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 35% โปรตีน เนื้อหอยมีโปรตีนสูงที่สุดและหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 15% โปรตีน มีปริมาณโปรตีนในเนื้อเท้าน้อยที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าหอยที่กินอาหารโปรตีนสูงมีสามารถนำโปรตีนไปสะสมในเนื้อได้มากกว่าหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่ำ

คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ตารางที่ 4.29) พบว่า ปริมาณของแอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต มีค่าต่ำ แต่ 3 เดือนสุดท้ายของการทดลอง คือเดือน ธันวาคม มกราคม และเดือน กุมภาพันธ์ ปริมาณของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงมากทั้งนี้อาจเป็นเพราะความผิดพลาดในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำไม่ได้เก็บไม่ได้เก็บเวลาเดียวกับเดือนที่ผ่านๆมาทำให้การวิเคราะห์คุณภาพน้ำแตกต่างออกไปได้

จากผลการทดลองนี้พบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 2 โปรตีน 30% ไขมัน 0% พลังงานรวม 396 kcal/100g และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน 13:1เป็นค่าที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* มากที่สุด ซึ่งสามารถน้ำไปใช้กับการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จโดยแปรระดับความเข้มแสงที่กำหนดไว้ 5 ระดับ คือ 400, 200, 100, 50 และ 0 ลักซ์ พบว่า

- ที่ระดับความเข้มแสงมากกว่า 400 ลักซ์ขึ้นไป หอยเป๋าฮื้อจะไม่ออกจากที่หลบซ่อนไม่ว่าจะมีอาหารสำเร็จหรือไม่ก็ตาม

- ที่ระดับความเข้มแสง 200-100 ลักซ์ เมื่อมีอาหารสำเร็จหอยเป๋าฮื้อจะออกจากที่หลบซ่อนมากกว่าที่ไม่มีอาหารสำเร็จ

- ที่ระดับความเข้มแสงต่ำกว่า 50 ลักซ์ หอยเป๋าฮื้อจะออกจากที่หลบซ่อนโดยไม่ขึ้นกับการมีหรือไม่มีอาหารสำเร็จ

- ที่ระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์ (มืดสนิท) เป็นระดับความเข้มแสงที่ดีที่สุดในการกระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อออกจากที่หลบซ่อนเร็วที่สุดและมีจำนวนหอยที่ออกจากที่หลบซ่อนมากที่สุด อีกทั้งยังอยู่นอกที่หลบซ่อนนานที่สุดด้วย ไม่ว่าจะมีหรือไม่มีอาหารสำเร็จ

2. ศึกษาประสิทธิภาพของสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus โดยแปรชนิดของของสารดึงดูด 4 ชนิดได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลืองป่น รำป่น และสาหร่ายเกลียวทอง (*spirulina* sp.)เปรียบเทียบกับอาหารสูตรมาตรฐาน (ไม่ใส่สารดึงดูด) โดยพิจารณาจากจำนวนหอยที่เข้าหาอาหารและกินอาหาร พบว่าปลาป่นเป็นสารดึงดูดที่ดีที่สุด รองลงมาคือ สาหร่ายสาหร่ายเกลียวทอง กากถั่วเหลือง ไม่ใส่สารดึงดูด และรำ ตามลำดับ

3. ศึกษาพัฒนาระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในภาชนะพลาสติก 4 แบบคือ ภาชนะพลาสติกทรงกลมโปร่งใส ภาชนะพลาสติกทรงกลมทึบแสง ภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมโปร่งแสง ภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสง พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในภาชนะพลาสติกทรงเหลี่ยมทึบแสงให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงสุดจึงเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อมากที่สุด

4. ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ระดับโปรตีนในอาหารทดลองมี 5 ระดับคือ 35%, 30%, 25%, 20% และ 15% และระดับไขมันมี 2 ระดับ คือ 0% และ 5% ผลการทดลองพบว่าอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 30% ไขมัน 0% พลังงานรวม 396 kcal/100g และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน 13:1 ให้ผลการเติบโตดีที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จรูปอาจปรับปรุงให้ดีขึ้นอีก ถ้ามีการทดลองหลายๆซ้ำโดยการเพิ่มรางที่ใช้ทดลองจะทำให้ได้ค่าที่แม่นยำและถูกต้องมากขึ้น และ มีการเปรียบเทียบขนาดหอยระหว่าง ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็กเพื่อพิจารณาว่าหอยเป๋าฮื้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตอบสนองต่อสารดึงดูดแตกต่างกันหรือไม่

2. เมื่อได้สารดึงดูดที่ดีที่สุดแล้วอาจจะมีการทดลองต่อไปเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อต่อไป

3. ชนิดของสารดึงดูดที่นำมาใช้ในการทดลองควรจะศึกษาจากหลายๆตัวอย่างซึ่งจะทำให้ได้สารดึงดูดที่ดีที่สุดและในการทดลองถ้าเพิ่มจำนวนรางที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารดึงดูดแต่ละชนิดจะทำให้ให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4. ระบบที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ควรเป็นระบบกึ่งปิดซึ่งมีระบบบำบัดคุณภาพน้ำก่อนนำกลับมาใช้ใหม่เพราะถ้าเป็นระบบเปิดมักจะประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ซึ่งมีผลต่อการกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อ นอกจากนี้การกรองยังสามารถที่จะลดสิ่งต่างๆที่มากับน้ำทะเลซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อหอยเป๋าฮื้อได้

5. การชั่งวัดหอยเป๋าฮื้อในแต่ละครั้งควรระวังไม่ให้มีการบาดเจ็บซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หอยเป๋าฮื้อตายในระหว่างการทดลองหรือไม่กินอาหาร ก่อนการทดลองทุกครั้งควรมีการปรับสภาพของหอยเป๋าฮื้อให้คุ้นเคยกับระบบทดลองก่อน

6. การทดลองที่ต้องการทราบเกี่ยวกับการเจริญเติบโต ควรควบคุมเรื่องขนาดเริ่มต้นของสัตว์ทดลองที่นำมาใช้ เพราะสัตว์ทดลองที่นำมาศึกษาจะได้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน

7. การทดลองหากมีการศึกษาเรื่องเพศของหอยเป๋าฮื้อควรออกแบบระบบที่เหมาะสมสำหรับการศึกษา คือ มีการแยกตัวของหอยเป๋าฮื้อ น้ำที่ใช้ในการเลี้ยง ออกจากกันอย่างชัดเจนเพื่อป้องกันสิ่งเร้าต่างๆที่มีผลต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อ

8. ขั้นตอนสุดท้ายของการทดลองนี้ควรมีการเปรียบเทียบเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อสัมผัส รสชาติ ความอร่อย ของหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆเพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการหาข้อสรุปเกี่ยวกับสูตรอาหารที่เหมาะสมกับการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คเชนทร เฉลิมวัฒน์. 2544. การเพาะเลี้ยงหอย กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์รั้วเขียว, 253 หน้า.

ฐิติมา โชคชัยไพศาล. 2539. ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จของหอยเป๋าฮื้อวัยรุ่น *Haliotis ovina* และ *Haliotis varia* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชัย ทองน้อย, วาลุกา กฤตรัชตนันต์, ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยงและกัตติดา ตูวิเชียร. 2548. การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linne) ด้วยการควบคุมแสงต่างกัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสตูล. 18 หน้า

ธานินทร สิงหะไกรวรรณ และ มาซาโนริ โคอิ. 2536. การทดลองเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมืองของไทย (*Haliotis asinina* Linne) ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร, 33 หน้า.

ธเนศ พุ่มทองและสกนธ์ แสงประดับ.2547. การเติบโต การรอดตายและอัตราการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นเนื้อของหอยเป๋าฮื้อ(*Haliotis asinina* Linne,1758) ที่เลี้ยงในบ่อที่คลุมและไม่คลุมกระเบื้อง. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์. 21 หน้า

นพดล ค้าขาย และ ครรชิต เพ็ชรจำรัส. 2535. การสำรวจและรวบรวมหอยโข่งทะเล สำหรับพ่อแม่พันธุ์ ในเขตจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดตราด. เอกสารวิชาการ เลขที่ 6/2535. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดระยอง. กรมประมง, 31หน้า.

ประมง,กรม. 2541. หลักการเพาะเลี้ยงปลา สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. กรมประมง. 138 หน้า.

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

พายัพ ยังปักษี. 2541. หอยเป๋าฮื้อ. สัตว์น้ำ. 10:169-174.

เพ็ญแข คุณาวงค์เดช. 2548. การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (Haliotis asinina Linnaeus,1758) ด้วยการบำบัดน้ำทางชีวภาพ. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน. 19 หน้า.

เพ็ญแข คุณาวงค์เดช, วิเชียร สาคเรศ, พิสมัย สมสืบและสุภิชา แก้วมานพ. 2548. เปรียบเทียบการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (Haliotis asinina Linnaeus, 1758) ด้วยสาหร่ายสด สาหร่ายแห้งและอาหารผสมอัดเม็ด. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน. 16 หน้า.

เพ็ญแข คุณาวงค์เดช, วิเชียร สาคเรศ,สุภิชา แก้วมานพและสาคร มากท่า. 2548. การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (Haliotis asinina Linnaeus, 1758) ที่ความหนาแน่นต่างกันโดยเปลี่ยนน้ำสัปดาห์ละครั้ง. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน. 15 หน้า.

มนทกานติ ท้ามติ้น, สุพิศ ทองรอด, ชูชาติ ชัยรัตน์, อนันต์ ตันสุตะพานิช 2551. โภชนะอาหารของสาหร่ายทะเลบางชนิดและอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของหอยเป๋าฮื้อ สำนักงานวิชาการ กรมประมง. 198 หน้า.

มะลิ บุณยรัตผลิน, ทวี โรจนสารัมภกิจ, ชูชาติ ชัยรัตน์, สุพิศ ทองรอด, สกนธ์ แสงประดับ, ธเนศ พุ่มทอง, มนทกานต์ ท้ามติ้น, อัตรา ชัยมงคลและชูศักดิ์ บริสุทธิ์ . 2546. การพัฒนาอาหารสำเร็จเพื่อการผลิตหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ สำนักงานวิชาการ กรมประมง. 198 หน้า.

รัดเกล้า เรืองขนาบและพณารัตน์ สอนสุกใส. 2547. การเจริญเติบโตและการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linnaeus) ที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่างกัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์. 16 หน้า

ลิลา เรืองแป้น. 2543. การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ. สัตว์น้ำ 12:126-136.

วันทนา อยู่สุข. 2528. หอยทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 139 หน้า.

วัลลภ อิ่มสุวรรณ. 2547. อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2535. อาหารปลา กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 261 หน้า.

วีระศักดิ์ สหชัยเสรี. 2544. โปรตีนเทคโนโลยี โครงการตำราและเอกสารประกอบการเรียนเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 238 หน้า.

สุวรรณี เฉินบำรุง. 2536. การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยเป๋าฮื้อ Haliotis asinina Linne. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุวัติ นทีวัฒนา และ ยอร์น ฮิลลิแบรก. การสำรวจชนิดของหอยโข่งทะเล บริเวณเกาะภูเก็ตและความเป็นไปได้ของการเพาะเลี้ยงหอยโข่งในประเทศไทย. วารสารประมง(2). 2529: 177-190.

อภิชา แย้มเกสร. 2539. ระดับและแหล่งของโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis ovina Gmelin* วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists 16th ed. Washington D.C., pp. 39-63

Bautista-Teruel, M.N., Fermin, A.C. and Koshio, S.S. 2003. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: animal and plant protein sources. Aquaculture 219:645-653.

Bautista-Teruel, M.N. and Millamena, O.M. 1999. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: protein/energy levels. Aquaculture 178:117-126.Cochran, W.C., and Cox, G.M. 1985. Experimental Designs. New York: John Wiley & Sons, 611 pp.

De Silva, S. and Anderson, T. 1995. Fish nutritional in aquaculture. Handbook of Culture of abalone and Other Marine Gastropods, pp156-160.

Fallu, R. 1991. Abalone Farming Oxford: Fishing News Books, 195 pp.

FAO. 1998. FAO Yearbook Fishery Statistics, Catches and Landings 68: 276.

FAO. 2002. FAO Yearbook Fishery Statistics, Catches and Landings 32: 251.

Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J. and Hone, P.W.1996.The development of artificialdiets for abalone : A review and future directions. Aquaculture 140: 5-53.

Grasshoff, K. 1976. Method of Seawater Analysis. Verlag Chemic, Germany. 314 pp.

Hahn, O.K. 1989. Nutrition and growth of abalone. In K.O.Hahn (ed), Handbook of Culture of abalone and Other Marine Gastropods, pp135-156.

Halver, N. J.E. 1989. Fish Nutritional 2nd. ed. New York: Academic press.

Harada, R. and Akishima, Y. 1985. Feeding attractive activities of protein, amino acid, lipid and nitrogenous base for abalone. Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 51:2015-2058.

Harada, K. and Kawasaki, O. 1982. The attractive effect of seaweeds based on the behavioral responses of young herbivorous abalone *Haliotis discus*. Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 48:617-621.

Harada, K., Maruyama, S. and Nakano, K. 1984. Feeding attractants in chemical constituents of brown alga for young abalone. Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 50:1541-1544.

Ino, T. 1980. Abalone and their industry in Japan. In U. Noda (ed.), Fisheries in Japan, Abalone and Oyster, pp.165-200. Tokyo: Marine Product Photo Materials Association.

Nie, Q.Z., Wang, P., Wang, Z.Q. and Yan, J.P. 1986. Experiments on preparing offormulated feed and feeding efficiency of young abalone *Haliotis discus hannia* Ino. Marine Fisheries Research 7:53-64.

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

Mai, K., Mercer, J.P. and Donlon, J. 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture 136:165-180.

Ogino, C. and Kato, N. 1964. Studies on the nutrition of abalone II. Protein requirements for growth of abalone, *Haliotis discus*. Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 30(6):524-526.

Sakata, K. and Ina, K. 1985. Digalacosyldiacylglycerols and phosphatidyl cholines isolated from a brown alga as effective phagostimulants for a young abalone. Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 51: 659-665.

Thongrod, S., Tamtin, M., Chairat, C. and Boonyaratpalin, M.2003. Lipid to carbohydrate ratio in donkey's ear abalone (*Haliotis asinina*) diets. Aquaculture 225:165-174.

Uki, N.,and Watanabe, T. 1992. Review of the nutritional requirements of abalone (*Haliotis spp.*) and development of more efficient diets. In S.A. Shepherd, M.J. Magner, and S.A. Guzman Del Proo. (eds.), Abalone of the World, pp. 504-517. Oxford: Fishing News Books.

Uki, N., Kemuyama, A. and Watanabe, T. 1985. Development of semipurified test diet for abalone. Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 52:1005-1012.

Uki, N., Kemuyama, A. and Watanabe, T. 1986. Optimum protein level in diets for abalone . Bulletin of the Japan Society of Scientific Fisheries 52(6):1013-1023.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน (WTE binder รุ่น E-53)

ถ้วยชั่งอะลูมิเนียม

เดซิเคเตอร์

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ภาชนะอะลูมิเนียมซึ่งอบแห้ง และชั่งน้ำหนักไว้แล้ว

2. นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

3. นำมาทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน(Gerhardt kjeldtherm digestion unit และ Gerhardt vapodest)

สารเคมี

สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 98%

สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.1N

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 35 โดยปริมาตร

สารละลายกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยปริมาตร

ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst-selenium mixture)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ลงในขวดย่อย

2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม

3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 20 มิลลิลิตร

4. ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Buchi Digestion จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลืองอ่อน

5. กลั่นตัวอย่างที่ย่อยได้ด้วยเครื่อง Buchi Distillation โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยา และเก็บสารละลายที่กลั่นได้ในสารละลายบอริก ซึ่งเติม methyl red-methylene blue เป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

6. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1 N คำนวณปริมาณโปรตีนโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{A \times B \times 6.25 \times 1.4}{C}$$

A = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก ที่ใช้ไตเตรท

B = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

ชุดสกัดไขมัน (Gerhardt Soxtherm Automatic, S166)

ทิมเบิล

ตู้อบลมร้อน (WTE binder รุ่น E-53)

กระดาษกรอง Whatman No.1

เดซิกเคเตอร์

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

วิธีทดลอง

1.ชั่งตัวอย่างแล้วนำไปอบแห้งให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1

2.ใส่ตัวอย่างในทิมเบิลซึ่งบรรจุในขวดสกัดที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

3. เติม petroleum ether ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด แล้วต่อเข้ากับชุดสกัดใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 3-4 ชั่วโมง

4. ระเหยเอา petroleum ether ออกจากไขมันที่สกัดได้

5. นำไขมันที่ได้หรือน้ำมันที่ได้ในขวดสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

6. ชั่งน้ำหนักของน้ำมันที่ได้จากการสกัด คำนวณปริมาณไขมันโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

A = น้ำหนักที่แน่นอนของขวดก้นกลมและไขมันที่สกัดได้ (กรัม)

B = น้ำหนักที่แน่นอนของขวดก้นกลม (กรัม)

C = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

เตาเผา (Isotherm Muffle Furnace)

ครูซิเบิล

เดซิเคเตอร์

เตาให้ความร้อน (hot plate)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในครูซิเบิล ที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำตัวอย่างไปให้ความร้อนเพื่อไล่ควัน จนกระทั่งตัวอย่างไม่มีควัน

2. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่ 500-550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

3. ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณเถ้าโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณเถ้า (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ก.5 ไนไตรท์–ไนโตรเจน (Nitrite–nitrogen)

วิธีการ : ปรับปรุง NED Colourimetric Method (Strickland and Parsons, 1972)

สารละลาย (Reagent)

1. Sulphanilamide Solution :

ชั่ง Sulphanilamide 5 กรัม ละลายในกรด HCl 50 มล. + น้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มล.

2. N- (1-Naphthyl ethylenediamine dihydrochloride solution (NED) :

ชั่ง NED 0.50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มล. ใส่ขวดสีชาเก็บตู้เย็น

3. Nitrite standard solution

- Stock solution ชั่ง $NaNO_2$ (อบ 110 $^{\circ}C$ /1 ชม) 0.345 กรัม ละลายน้ำกลั่น ให้ได้ 1 ลิตร (เข้มข้น 5 mg-at NO_2^--N/L)
- Working solution ดูด Stock solution มา 5.0 มล. เจือจางน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร (เข้มข้น 0.05 mg-at N/L; 50 µg-at N/L) เตรียมทุกครั้งก่อนใช้

วิธีวิเคราะห์

ก) ดูดน้ำตัวอย่าง 50 มล. ใส่ใน Erlen. flask 125 มล. เติม Sulphanilamide 1 มล. และ NED 1 มล. ตั้งทิ้งไว้ 20-30 นาที

ข) วัด Absorbance ที่ 543 nm ใช้น้ำตัวอย่าง 50 มล. เติม Sulphanilamide 1 มล. เป็น Reference solution (Turbidity blank)

วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ดูด Working solution มา 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0 มล. ใส่ใน Volumetric flask เติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 มล. เข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0 µg-at N/l) เติมสารเช่นเดียวกับตัวอย่าง

2. วัด Absorbance โดยใช้น้ำกลั่น 50 มล. เติม Sulphanilamide และ NED อย่างละ 1 มล. เป็น Reference solution

ก.6 ไนเตรท–ไนโตรเจน (Nitrate–nitrogen)

วิธีการ ; ปรับปรุง Cadmium Reduction Colourimetric method (Strickland and Parsons, 1972)

สารละลาย (Reagent)

1. Ammonium chloride ;
   - เข้มข้น ชั่ง NH_4Cl 125 กรัม ละลายน้ำกลั่น 500 มล. ใส่ขวดแก้วหรือขวดพลาสติก
   - เจือจาง ดูดสารเข้มข้น 50 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ 2 ลิตร เก็บในขวดแก้ว, พลาสติก
2. Sulphanilamide และ NED (ดูในวิธีวิเคราะห์ไนไตรท์)
3. Cadmium – Copper Column เตรียมจากผง Cadmium เคลือบด้วย $CuSO_4.5H_2O$ บรรจุลงใน Column (อัตราไหล ~ 10 มล. / นาที) ล้าง+เก็บรักษา Column ด้วยสารละลาย NH_4Cl เจือจาง (ดูการเตรียม Column ในวิธีการละเอียด)
4. น้ำทะเลเทียม ชั่ง NaCl 125 กรัม, $MgSO_4.7H_2O$ 25 กรัม, $NaHCO_3$ 0.125 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 5 ลิตร
5. Standard Nitrate
   - Stock Solution ชั่ง KNO_3 1.02 กรัม ละลายน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร ใส่ขวดแก้วสีชาเก็บตู้เย็น สารละลาย Stable ตลอดไป (เข้มข้น 10.0 mg-at NO_3^--N/L)
   - Working Solution ดูดสาร Stock solution มา 5.0 มล เจือจางน้ำทะเลเทียมให้ได้ 500 มล. (ความเข้มข้น 0.1 mg-at N/L ; 100 µg-at N/L) เตรียมทุกครั้งก่อนใช้

วิธีวิเคราะห์

ก) กรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรอง GF/C โดยใช้ปั๊มมือ

ข) ตวงน้ำตัวอย่างที่ได้ 100 มล. เติม NH_4Cl เข้มข้น 2.0 มล. ใส่น้ำตัวอย่างลงใน Column โดยเปิดทิ้งน้ำที่ออก 50 มล.แรก และเก็บน้ำช่วงหลังให้ได้ 50 มล.

ค) เติมสาร Sulphanilamide และ NED อย่างละ 1 มล. เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 20-30 นาที

ง) วัด Absorbance ที่ 543 nm โดยใช้น้ำกลั่น เป็น Reference Solution

วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ดูด Working solution มา 2.5, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 80.0 มล. ผสมน้ำทะเลเทียมใน Volum. Flask ให้ได้ 100 มล. (เข้มข้น 2.5, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 80.0 µg-at N/L)
2. ใส่สารมาตรฐานแต่ละขวดผ่าน Cadmium-Copper Column และเติมสารในน้ำที่ได้เช่นเดียวกับตัวอย่าง

3. วัด Absorbance โดยใช้น้ำกลั่นผสม Sulphanilamide และ NED อย่างละ 1 มล. เป็น Reference solution *(น้ำกลั่นไม่ต้องผ่าน Column)*

ก.7 แอมโมเนีย–ไนโตรเจน (Ammonia–nitrogen)

วิธีการ : ปรับปรุง Phenol - hypochloride (Grasshoff, 1976)

สารละลาย (Reagent)

1. น้ำกลั่นชนิด de-ionized distilled water โดยตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียก่อนใช้ และใช้น้ำกลั่นนี้เตรียมสารละลายและการวิเคราะห์ทั้งหมด
2. 0.5 N NaOH solution ชั่ง NaOH 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
3. Phenol solution ชั่ง phenol, (C_6H_5OH) 3.8 กรัม และ disodium nitroprusside dihydrate, ($Na_2Fe(CH)_5NO.2H_2O$) 0.040 กรัม ละลายและเติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มล. เก็บในขวดสีชาแช่ตู้เย็น อายุการใช้งาน ~ 1 เดือน
4. Tri-Sodium Citrate solution ชั่ง $C_6H_5Na_3O_7.2H_2O$ 240 กรัม ละลายน้ำกลั่น เติม 0.5 N NaOH 20 มล. ต้มไล่ NH_3 ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ได้ 500 มล. เก็บในขวดพลาสติก
5. Sodium Hypochlorite Solution
   - Stock Solution ใช้ไฮเตอร์ โดยตรวจสอบให้มี active Chlorine ~ 5 % (ดูการเตรียมในวิธีการละเอียด) และควรไตเตรท Hypochlorite ทุกครั้งก่อนใช้
   - Working Solution โดยเจือจาง Stock solution ใน 0.5 N NaOH โดยให้สารละลายที่ได้มี available chlorine 0.15 % (150 มก. ต่อสาร 100 มล.) เก็บในขวดพลาสติกแช่ตู้เย็น อายุการใช้งานหลายสัปดาห์
6. Standard Ammonia solution
   - Stock Solution ชั่ง NH_4Cl (ที่อบแห้ง 100 $^{\circ}C$) 0.535 กรัม ละลายน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร เติม Chloroform 10 หยด เก็บในขวดสีชาแช่ตู้เย็น อายุการใช้งาน ~ 1 เดือน (เข้มข้น 10.0 mg-at NH_3^--N/L)
   - Working Solution ดูด Stock Solution มา 5.0 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มล. (เข้มข้น 0.1 mg-at N/L ; 100 µg-at N/L) เตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้

วิธีการวิเคราะห์

ก) ใช้น้ำตัวอย่างที่ทิ้งไว้ให้ได้อุณหภูมิห้องและตกตะกอน โดยไม่ผ่านการกรอง

ข) ดูดน้ำใสจากกลางขวด 35 มล. ใส่ใน Stopped Cylinder เติม 1 มล. ของสารละลาย Tri-Sodium Citrate, Phenol, Hypochlorite เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง (ข้ามคืน)

ค) วัด Absorbance ด้วย Spectrophotometer ที่ Wave length 630 nm โดยใช้น้ำตัวอย่างเป็น Reference solution (Turbidity blank)

วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ดูด Working Solution มา 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 มล. ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 มล. ด้วย Pipette ความเข้มข้น 0.2, 1.0, 2.0, 4.0, 10.0, 20.0 µg-at N/l เติม Reagent เช่นเดียวกับในตัวอย่าง
2. วัดค่า Absorbance โดยใช้ Reagent blank เป็น Reference solution

ก.8 แอมโมเนีย–ไนโตรเจน (Ammonia–nitrogen)

<u>วิธีการ</u> : ปรับปรุง Phenol - hypochloride (Grasshoff, 1976)

สารละลาย (Reagent)

1. น้ำกลั่นชนิด de-ionized distilled water โดยตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียก่อนใช้และใช้น้ำกลั่นนี้เตรียมสารละลายและการวิเคราะห์ทั้งหมด
2. 0.5 N NaOH solution ชั่ง NaOH 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
3. Phenol solution ชั่ง phenol, (C_6H_5OH) 3.8 กรัม และ disodium nitroprusside dihydrate, ($Na_2Fe(CH)_5NO.2H_2O$) 0.040 กรัม ละลายและเติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มล. เก็บในขวดสีชาแช่ตู้เย็น อายุการใช้งาน ~ 1 เดือน
4. Tri-Sodium Citrate solution ชั่ง $C_6H_5Na_3O_7.2H_2O$ 240 กรัม ละลายน้ำกลั่น เติม 0.5 N NaOH 20 มล. ต้มไล่ NH_3 ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ได้ 500 มล. เก็บในขวดพลาสติก
5. Sodium Hypochlorite Solution

- Stock Solution ใช้ไฮเตอร์ โดยตรวจสอบให้มี active Chlorine ~ 5 % (ดูการเตรียมในวิธีการละเอียด) และควรไตเตรท Hypochlorite ทุกครั้งก่อนใช้
- Working Solution โดยเจือจาง Stock solution ใน 0.5 N NaOH โดยให้สารละลายที่ได้มี available chlorine 0.15 % (150 มก. ต่อสาร 100 มล.) เก็บในขวดพลาสติกแช่ตู้เย็น อายุการใช้งานหลายสัปดาห์

6. Standard Ammonia solution

- Stock Solution ชั่ง NH_4Cl (ที่อบแห้ง 100 °C) 0.535 กรัม ละลายน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร เติม Chloroform 10 หยด เก็บในขวดสีชาแช่ตู้เย็น อายุการใช้งาน ~ 1 เดือน (เข้มข้น 10.0 mg-at NH_3^--N/L)
- Working Solution ดูด Stock Solution มา 5.0 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มล. (เข้มข้น 0.1 mg-at N/L ; 100 µg-at N/L) เตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้

วิธีการวิเคราะห์

ก) ใช้น้ำตัวอย่างที่ทิ้งไว้ให้ได้อุณหภูมิห้องและตกตะกอน โดยไม่ผ่านการกรอง

ข) ดูดน้ำใสจากกลางขวด 35 มล. ใส่ใน Stopped Cylinder เติม 1 มล. ของสารละลาย Tri-Sodium Citrate, Phenol, Hypochlorite เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง (ข้ามคืน)

ค) วัด Absorbance ด้วย Spectrophotometer ที่ Wave length 630 nm โดยใช้น้ำตัวอย่างเป็น Reference solution (Turbidity blank)

วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ดูด Working Solution มา 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 มล. ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 35 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 มล. ด้วย Pipette ความเข้มข้น 0.2857, 1.42857, 2.85714, 5.7143, 14.2857, 28.5714 µg-at N/l เติม Reagent เช่นเดียวกับในตัวอย่าง
2. วัดค่า Absorbance โดยใช้ Reagent blank เป็น Reference solution

ก.10 ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Phosphate-phosphorus)

<u>วิธีการ</u> : Ascorbic acid (Grasshoff, 1976)

สารละลาย (Reagent)

1. น้ำกลั่น 2 ครั้ง จากเครื่องกลั่นแก้ว ปราศจากฟอสเฟต ควรตรวจสอบฟอสเฟตก่อนใช้
2. 9.0 N H_2SO_4 ผสม H_2SO_4 เข้มข้น 250 มล. ในน้ำกลั่น ~ 750 มล. ตั้งในที่เย็น เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร
3. Ammonium Heptamolybdate Solution ชั่ง $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 9.5 กรัม ละลายน้ำกลั่น และเติมให้ได้ 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว อายุใช้งานนาน ถ้าไม่ขุ่นขาว
4. Potassium Antimonyl Tartrate Solution ชั่ง $K(SbO)C_6H_4O_6$ 3.25 กรัม ละลายน้ำกลั่น 100 มล. เก็บในขวดแก้ว อายุการใช้งานนาน ถ้าไม่เปลี่ยนเป็นตะกอนขุ่นขาว
5. Mixed Reagent ผสมสาร Molybdate 45 มล ใน 9.0 N H_2SO_4 200 มล. แล้วเติมสาร Tartrate 5 มล. เก็บในขวดสีชาแช่ตู้เย็น อายุการใช้งานหลายเดือน

6. Ascorbic Acid Solution (reductant) ชั่ง Ascorbic Acid ($C_6H_8O_6$) 7.0 กรัม ละลายน้ำกลั่น 100 มล. เก็บในขวดแก้วสีชาแช่ตู้เย็น อายุการใช้งาน ~ 1 เดือน ถ้าไม่มีสี
7. Standard Phosphate Solution
   - Stock Solution ชั่ง KH_2PO_4 136.1 มิลลิกรัม ละลายน้ำกลั่น เติม 1 มล. ของ 9N H_2SO_4 และเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร (เข้มข้น 10.0 mg-at PO_4^{3-}-P/L)
   - Working solution ดูด Stock Solution มา 5.0 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มล. (เข้มข้น 0.1 mg-at P/L ; 100 µg-at P/L) เตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้

วิธีวิเคราะห์

ก) กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง GF/C ที่แช่กรด 10% HCl แล้ว โดยใช้ปั๊มมือ

ข) ดูดตัวอย่างมา 25 มล. ใส่ใน Erlen. flask ขนาด 125 มล. เติม Mixed reagent และ Ascorbic acid อย่างละ 1 มล. เขย่า ตั้งทิ้งไว้ ~ 5-30 นาที

ค) วัด Absorbance ที่ Wave length 880 nm โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Reference Solution

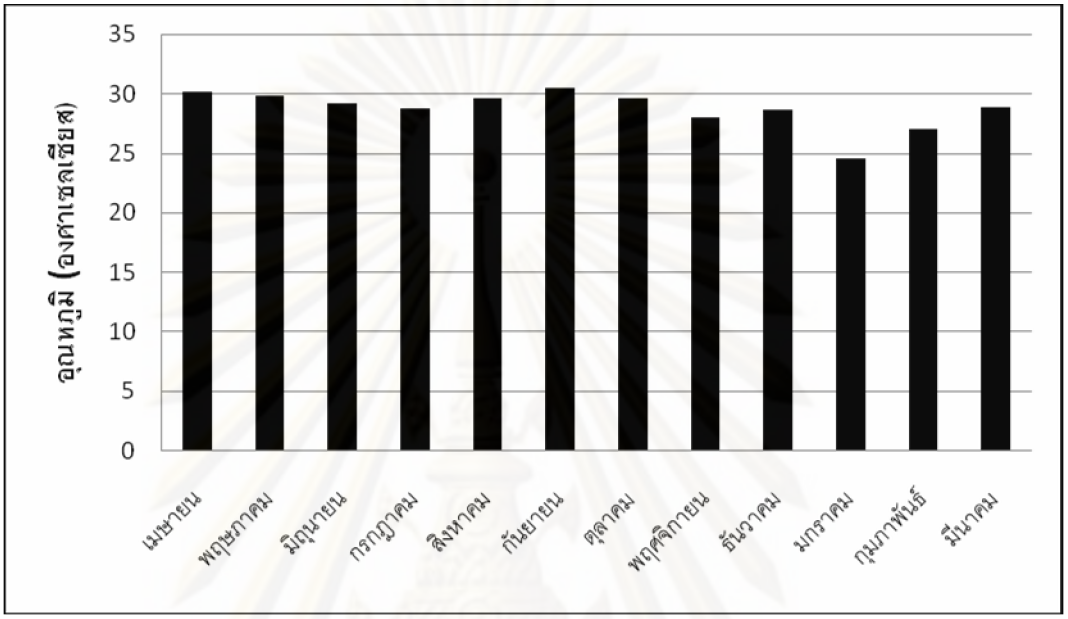
วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. เจือจาง Working Solution จำนวน 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 มล. ใน Volum. flask ขนาด 25 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ 25 มล. ด้วย Pipette เขย่า ความเข้มข้น 2.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0, 24.0 µg-at P/L เติมสารละลายเช่นเดียวกับตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ 10-30 นาที
2. วัด Absorbance โดยใช้ Reagent blank เป็น Reference solution

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี



รูปที่ ข.1 อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนเมษายน 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553

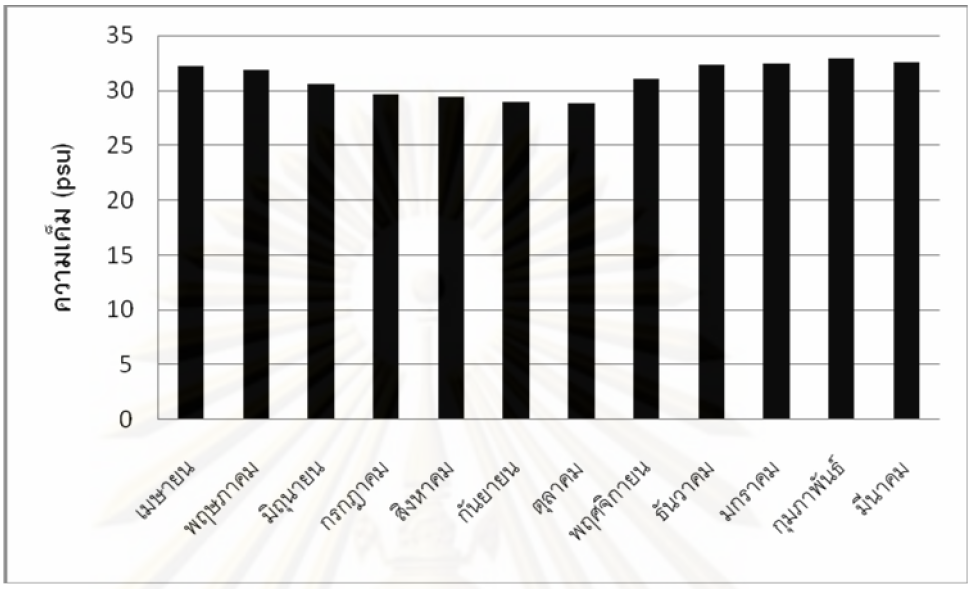
หมายเหตุ:

ศึกษาระบบทดลองที่เหมาะสม เมษายน – กรกฎาคม 2552

ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในช่วงเดือน กันยายน 2552 – กุมภาพันธ์ 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเค็มของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี



รูปที่ ข.2 ความเค็มของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนเมษายน 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553

หมายเหตุ:

ศึกษาระบบทดลองที่เหมาะสม เมษายน – กรกฎาคม 2552

ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในช่วงเดือน กันยายน 2552 – กุมภาพันธ์ 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

สัตว์ทดลองและอาหารทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

รูปที่ ค.1 หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ใช้เป็นสัตว์ทดลองในงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.2 ตัวอย่างอาหารทดลองที่ใช้ในงานวิจัย สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*

รูปที่ ค.3 อาหารสำเร็จ(อาหารกุ้ง)ที่ใช้สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*
ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลศึกษาศึกษาการออกจากที่หลบซ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆเมื่อมีและไม่มีอาหารสำเร็จรูป

ตารางที่ ง.1 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาทีตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 ไม่มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 1

เวลา(นาที)	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่ออกจากที่หลบซ่อนที่ความเข้มแสงต่างๆ				
	400 lux	200 lux	100 lux	50 lux	0 lux
0	0	0	0	0	0
30	0	0	6	10	14
60	0	0	8	13	17
90	0	1	6	17	14
120	0	0	5	11	14
150	0	0	6	9	15
180	0	0	4	4	14
210	0	0	3	5	9
240	0	0	5	2	9
270	0	0	4	0	12
300	0	1	4	0	8
330	0	1	3	0	7
360	0	1	3	0	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาทีตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 1

เวลา(นาที)	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่ออกจากที่หลบซ่อนที่ความเข้มแสงต่างๆ				
	400 lux	200 lux	100 lux	50 lux	0 lux
0	0	0	0	0	0
30	0	0	8	13	17
60	0	1	7	17	18
90	0	2	6	18	15
120	0	3	7	10	16
150	0	5	8	4	19
180	0	6	13	3	15
210	0	7	11	1	13
240	0	6	10	1	9
270	0	5	7	1	8
300	0	5	7	1	5
330	0	3	4	0	5
360	0	2	3	0	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาทีตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 ไม่มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 2

เวลา(นาที)	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่ออกจากที่หลบซ่อนที่ความเข้มแสงต่างๆ				
	400 lux	200 lux	100 lux	50 lux	0 lux
0	0	0	0	0	0
30	0	0	7	11	12
60	0	1	7	11	15
90	0	3	8	12	11
120	0	3	6	6	15
150	0	4	9	6	13
180	0	6	8	2	15
210	0	5	6	1	9
240	0	3	4	1	10
270	0	4	2	1	7
300	0	3	2	1	5
330	0	1	1	0	5
360	0	1	1	0	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่อยู่นอกที่หลบซ่อนที่บันทึกไว้ทุก 30 นาทีตลอดการทดลอง 6 รางที่ 1 มีอาหาร ทดลองซ้ำที่ 2

เวลา(นาที)	จำนวนหอยเป๋าฮื้อ(ตัว)ที่ออกจากที่หลบซ่อนที่ความเข้มแสงต่างๆ				
	400 lux	200 lux	100 lux	50 lux	0 lux
0	0	0	0	0	0
30	0	3	8	15	14
60	0	5	10	16	17
90	0	7	11	13	14
120	0	8	12	8	14
150	0	8	11	5	11
180	0	9	14	3	9
210	0	4	10	2	8
240	0	3	6	1	10
270	0	2	1	0	6
300	0	1	1	1	2
330	0	1	1	0	1
360	0	1	1	0	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

สำหรับการทดลองที่ 3 เรื่องระบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยพิจารณาผลการเจริญเติบโตดังนี้

- น้ำหนักหอยเป๋าฮื้อ (กรัม)

- ความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อ (เซนติเมตร)

แสดงผลดังตารางที่ จ.1

หมายเหตุ : เครื่องหมาย " – " หมายถึงไม่มีข้อมูลเนื่องจากหอยเป๋าฮื้อตัวนั้นตาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะเหลี่ยมโปร่งแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552)

จำนวน (ตัว)	เหลี่ยมโปร่งแสง				
	0 สัปดาห์		16 สัปดาห์		
	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ความยาวเพิ่ม(ซม.)
1	2.3	2.1	2.9	4.5	0.60
2	2.4	3.2	3.3	7.6	0.90
3	2.2	2.8	3.1	6.2	0.90
4	2.3	2.5	2.8	4.7	0.50
5	2.3	2.9	3.0	5.1	0.70
6	2.4	3.5	2.9	6.4	0.50
7	2.5	3.4	3.1	6.1	0.60
8	2.6	3.1	3.2	7.6	0.60
9	2.6	3.8	3.1	7.0	0.50
10	2.6	4.2	3.4	8.3	0.80
11	2.4	3.0	3.2	6.9	0.80
12	2.2	2.6	3.1	6.6	0.90
13	2.5	3.0	3.0	6.1	0.50
14	2.3	2.8	3.0	5.0	0.70
15	2.5	3.7	3.2	7.4	0.70
16	2.2	1.9	-	-	-
17	2.5	3.3	3.2	6.6	0.70
18	2.3	2.5	2.9	4.7	0.60
19	2.3	2.7	2.8	5.1	0.50
20	2.4	2.5	3.1	5.8	0.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะเหลี่ยมทึบแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552)

จำนวน (ตัว)	เหลี่ยมทึบแสง				
	0 สัปดาห์		16 สัปดาห์		
	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ความยาวเพิ่ม(ซม.)
1	2.6	3.5	3.3	7.3	0.7
2	2.1	2.6	3.1	6.3	1
3	2.8	4	3.5	8.1	0.7
4	2.3	2.6	2.8	4.2	0.5
5	2.8	4.2	3.3	7	0.5
6	2.5	3.1	2.9	5.4	0.4
7	2.4	2.6	3	6	0.6
8	2.5	3.6	3.1	6.1	0.6
9	2.6	2.6	3.4	6	0.8
10	2.4	3.1	3.5	7	1.1
11	2.1	1.9	2.7	4.3	0.6
12	2.2	2.3	3.1	6.2	0.9
13	2.3	2.4	3	5	0.7
14	2.2	2.5	3.1	6	0.9
15	2.5	3.2	3.2	6.1	0.7
16	2.2	2.2	3.2	7.3	1
17	2.6	4	3	4.8	0.4
18	2.3	2.7	3.3	6.8	1
19	2.1	1.9	3.1	6.8	1
20	2.1	1.7	3.1	7.2	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะกลมโปร่งแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552)

จำนวน (ตัว)	กลมโปร่งแสง				
	0 สัปดาห์		16 สัปดาห์		
	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ความยาวเพิ่ม(ซม.)
1	2.5	3.1	3.1	4.4	0.6
2	2.2	2.7	2.8	3.9	0.6
3	2.4	3	3.1	5.5	0.7
4	2.4	3	3	5.3	0.6
5	2.3	2.3	2.9	4.8	0.6
6	2.3	2.8	3	5.9	0.7
7	2.7	4.5	3.4	7.3	0.7
8	2.3	2.7	2.6	3.7	0.3
9	2.7	4.1	3.2	7.1	0.5
10	2.5	3.1	3	4.7	0.5
11	2.4	2.8	2.8	3.7	0.4
12	2.6	3.9	3.2	6.8	0.6
13	2.4	2.8	3	4.9	0.6
14	2.5	3.5	3	4.6	0.5
15	2.7	4.4	3	5.3	0.3
16	2.5	3.2	3	5.7	0.5
17	2.5	3.4	-	-	-
18	2.4	2.8	3	5.7	0.6
19	2.4	2.7	3.2	6.8	0.8
20	2.6	3.6	3.1	6.7	0.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.4 ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัวในภาชนะกลมทึบแสง เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรมาตรฐาน(อาหารกุ้ง) ในระหว่างสัปดาห์ที่ 0-16 (เดือนเมษายน 2552) ถึง สัปดาห์ที่ 16 (เดือนกรกฎาคม 2552)

จำนวน (ตัว)	กลมทึบแสง				
	0 สัปดาห์		16 สัปดาห์		
	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ยาว (ซม.)	นน. (กรัม)	ความยาวเพิ่ม(ซม.)
1	2.5	2.7	2.8	4.5	0.3
2	2.8	4.2	3.2	5.4	0.4
3	2.4	3.2	2.7	4.6	0.3
4	2.2	2.1	2.9	6	0.7
5	2.2	2	3	6.2	0.8
6	2.6	3.8	3.1	6.5	0.5
7	2.5	3.4	3.3	7.4	0.8
8	2.4	2.6	3.1	6.9	0.7
9	2.5	4	3.3	7	0.8
10	2.5	3.6	3.2	6.6	0.7
11	2.7	4.1	3	6.2	0.3
12	2.4	3.4	2.8	4.7	0.4
13	2.2	2.1	3.4	7.4	1.2
14	2.3	2.8	3.3	7.5	1
15	2.4	2.6	-	-	-
16	2.5	3.5	3.1	6	0.6
17	2.6	3.7	3	6.5	0.4
18	2.6	4.2	2.9	4.7	0.3
19	2.4	2.5	3.1	6.2	0.7
20	2.5	2.6	3	6.1	0.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อระบบรายตัว

สำหรับการทดลองที่ 4 ศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยพิจารณาผลการเจริญเติบโตดังนี้

- น้ำหนักหอยเป๋าฮื้อ (กรัม)

- ความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อ (เซนติเมตร)

แสดงผลดังตารางที่ ฉ.1-ฉ.4

หมายเหตุ : เครื่องหมาย " – " หมายถึงไม่มีข้อมูลเนื่องจากหอยเป๋าฮื้อตัวนั้นตาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.1 ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อเริ่มต้นการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 0 (เดือนสิงหาคม2552)

บ่อ/protein	35		35F		30		30F		25		25F	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.0	1.6	2.1	1.6	2.1	1.7	2.0	1.7	2.1	1.7	2.0	1.7
	2.0	1.7	2.0	1.8	2.0	1.7	2.0	1.7	2.0	1.7	2.0	1.6
	2.0	1.8	2.1	1.5	2.0	1.6	2.0	1.8	2.0	1.6	2.0	1.5
บ่อ 2	2.1	1.6	2.0	1.5	2.0	1.6	2.1	1.8	2.1	1.8	2.0	1.8
	2.0	1.6	2.0	1.7	2.0	1.8	2.0	1.7	2.0	1.7	2.1	1.5
	2.0	1.7	2.1	1.7	2.1	1.8	2.0	1.7	2.0	1.7	2.0	1.5
บ่อ 3	2.0	1.7	2.0	1.6	2.0	1.8	2.0	1.5	2.0	1.5	2.1	1.8
	2.1	1.8	2.1	1.8	2.0	1.6	2.1	1.8	2.0	1.8	2.0	1.7
	2.1	1.8	2.0	1.6	2.0	1.8	2.0	1.7	2.0	1.5	2.1	1.8
บ่อ 4	2.0	1.8	2.0	1.7	2.1	1.8	2.0	1.8	2.1	1.6	2.0	1.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.1(ต่อ) ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อเริ่มต้นการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 0 (เดือนสิงหาคม2552)

บ่อ/protein	20		20F		15		15F		สูตรมาตรฐาน	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.0	1.8	2.1	1.8	2.1	1.8	2.0	1.7	2.1	1.7
	2.0	1.7	2.0	1.7	2.0	1.6	2.1	1.8	2.1	1.8
	2.0	1.5	2.0	1.7	2.0	1.5	2.1	1.8	2.0	1.5
บ่อ 2	2.1	1.8	2.1	1.5	2.1	1.5	2.1	1.8	2.0	1.8
	2.03	1.5	2	1.6	2	1.8	2	1.7	2.05	1.8
	2.06	1.8	2	1.7	2	1.7	2.05	1.7	2.02	1.8
บ่อ 3	2	1.6	2.08	1.8	2.07	1.6	2.05	1.8	2.02	1.6
	2	1.8	2.07	1.7	2	1.6	2	1.7	2	1.6
	2.05	1.7	2	1.7	2.07	1.7	2	1.5	2	1.7
บ่อ 4	2.05	1.8	2.02	1.8	2	1.7	2	1.6	2	1.6

ตารางที่ ฉ.2 ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 8 (เดือนตุลาคม2552)

บ่อ/protein	35		35F		30		30F		25		25F	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.5	3.5	2.2	2.3	2.6	4.7	2.4	2.9	2.3	2.6	2.5	3.2
	2.4	2.9	2.7	4.3	2.6	4.3	2.4	3	2.4	3.5	2.3	2.6
	2.6	4	2.8	4.3	2.5	4	2.4	3.4	2.5	3.5	2.2	2.8
บ่อ 2	2.5	3.1	2.4	2.7	2.4	3.6	2.6	3.8	2.4	2.6	2.4	3.4
	2.5	3.1	2.6	3.9	2.6	4.3	2.7	4	2.3	2.9	2.2	1.9
	2.5	3.7	2.6	4.5	2.7	4.7	2.2	2.6	2.5	3.3	2.6	3.3
บ่อ 3	2.5	4.1	2.7	4.3	2.6	4.2	2.6	3.3	2.1	4.3	2.6	3.6
	2.2	2.5	2.6	4.2	2.5	3.7	2.3	2.8	2.4	3.8	2.5	3.6
	2.5	3	2.6	4	2.4	3.4	2.3	2.5	2.3	3.3	2.4	3.3
บ่อ 4	2.5	3.5	2.4	3.2	2.6	4.7	2.4	3.1	2.5	3.6	2.5	3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.2(ต่อ) ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 8 (เดือนสิงหาคม2552)

บ่อ/protein	20		20F		15		15F		สูตรมาตรฐาน	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.4	3.7	2.5	3.1	2.6	3.7	2.2	2.5	2.4	3.1
	2.1	1.9	2.3	2.8	2.3	2.7	2.3	2.4	2.5	3.7
	2.2	2.6	2.2	1.9	2.3	2.8	2.4	2.7	2.5	3.7
บ่อ 2	2.4	2.9	2.3	2.6	2.4	2.8	2.1	2	2.1	2.3
	2.4	2.9	2.3	2.7	2.3	3.4	2.3	2.9	2.6	4.4
	2.5	4.5	2.4	3.2	2.2	2.4	2.1	2	2.4	3.7
บ่อ 3	2.4	3	2.5	3	2.3	2.4	2.5	3	2.6	3.4
	2.7	4.1	2.1	2.1	2.3	2.2	2.2	2.5	2.4	3.4
	2.5	2.5	2.5	3.7	2.5	3.2	2.5	3.1	2.5	3.5
บ่อ 4	2.3	3.3	2.4	2.9	2.3	3.2	2.3	2.7	2.3	2.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.3 ความยาว (ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 16 (เดือนธันวาคม2552)

บ่อ/protein	35		35F		30		30F		25		25F	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.56	4.5	2.6	4.1	3.2	6.6	2.7	4.8	2.6	3.2	2.9	4.9
	2.75	3.8	3.25	7.1	3	6.9	2.95	5.5	2.9	4.7	2.7	4.3
	3.1	6	3.1	5.5	2.8	6.3	2.73	4.7	3.63	4.5	2.8	4.5
บ่อ 2	2.95	4.8	2.56	3.5	2.8	5.3	2.8	4.9	3.65	4.6	2.85	5.3
	2.75	4.5	3	5.5	3.06	5.8	3	6.2	2.6	3	2.7	3.7
	2.95	5.6	3.15	5.6	3.15	7	2.7	4.5	2.8	5.1	3.1	6.5
บ่อ 3	3.15	6.1	3	4.8	2.92	5	2.81	4.2	2.95	4.9	2.81	4.1
	2.25	2.8	2.92	5.3	2.85	4.5	2.56	3.5	2.82	4.4	2.87	5.1
	2.92	5.4	3.12	5.7	2.85	5.2	2.85	4.7	2.7	3.6	2.82	5.3
บ่อ 4	2.2	3.1	2.5	2.6	2.7	3.4	2.5	2.3	2.5	2.8	2.56	3.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.3 (ต่อ) ความยาว (ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 16 (เดือนธันวาคม2552)

บ่อ/protein	20		20F		15		15F		สูตรมาตรฐาน	
	2.85	4.9	2.8	4.5	2.95	4.7	2.6	4	2.85	4.8
บ่อ 1	2.9	4.9	2.65	3.7	2.72	4.4	2.65	3.7	2.82	5
	2.5	3	2.82	4.7	2.85	4.9	2.65	4.4	3.05	6.2
บ่อ 2	2.83	4.8	2.95	5.4	2.65	4.1	2.3	2.8	2.4	3
	2.75	4.9	2.65	4.2	2.75	5	2.8	4.6	3.05	6
	3	6	2.8	5	2.75	4.7	2.4	2.9	2.9	6.9
บ่อ 3	2.72	3.1	2.75	3.8	2.5	3.7	2.96	4.3	2.97	4.8
	3.05	5.7	2.5	3.5	2.5	2.6	2.5	3.4	2.9	5.3
	2.81	4.7	2.92	5.4	2.75	3.9	2.83	4.6	2.85	4.5
บ่อ 4	2.4	2.5	2.6	2.5	2.25	1.5	2.45	1.9	2.5	2.5
	2.85	4.9	2.8	4.5	2.95	4.7	2.6	4	2.85	4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.4 ความยาว(ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 24 (เดือนกุมภาพันธ์ 2553)

บ่อ/protein	35		35F		30		30F		25		25F	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.5	3.5	2.2	2.3	2.6	4.7	2.4	2.9	2.3	2.6	2.5	3.2
	2.4	2.9	2.7	4.3	2.6	4.3	2.4	3	2.4	3.5	2.3	2.6
	2.6	4	2.8	4.3	2.5	4	2.4	3.4	2.5	3.5	2.2	2.8
บ่อ 2	2.5	3.1	2.4	2.7	2.4	3.6	2.6	3.8	2.4	2.6	2.4	3.4
	2.5	3.1	2.6	3.9	2.6	4.3	2.7	4	2.3	2.9	2.2	1.9
	2.5	3.7	2.6	4.5	2.7	4.7	2.2	2.6	2.5	3.3	2.6	3.3
บ่อ 3	2.5	4.1	2.7	4.3	2.6	4.2	2.6	3.3	2.1	4.3	2.6	3.6
	2.2	2.5	2.6	4.2	2.5	3.7	2.3	2.8	2.4	3.8	2.5	3.6
	2.5	3	2.6	4	2.4	3.4	2.3	2.5	2.3	3.3	2.4	3.3
บ่อ 4	2.5	3.5	2.4	3.2	2.6	4.7	2.4	3.1	2.5	3.6	2.5	3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.4 (ต่อ) ความยาว (ซม.)และน้ำหนัก(กรัม)ของหอยเป๋าฮื้อในการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 11 สูตร สัปดาห์ที่ 24 (เดือนกุมภาพันธ์ 2553)

บ่อ/protein	20		20F		15		15F		สูตรมาตรฐาน	
	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.	ยาว	น.น.
บ่อ 1	2.4	3.7	2.5	3.1	2.6	3.7	2.2	2.5	2.4	3.1
	2.1	1.9	2.3	2.8	2.3	2.7	2.3	2.4	2.5	3.7
บ่อ 2	2.2	2.6	2.2	1.9	2.3	2.8	2.4	2.7	2.5	3.7
	2.4	2.9	2.3	2.6	2.4	2.8	2.1	2	2.1	2.3
	2.4	2.9	2.3	2.7	2.3	3.4	2.3	2.9	2.6	4.4
บ่อ 3	2.5	4.5	2.4	3.2	2.2	2.4	2.1	2	2.4	3.7
	2.4	3	2.5	3	2.3	2.4	2.5	3	2.6	3.4
	2.7	4.1	2.1	2.1	2.3	2.2	2.2	2.5	2.4	3.4
บ่อ 4	2.5	2.5	2.5	3.7	2.5	3.2	2.5	3.1	2.5	3.5
	2.3	3.3	2.4	2.9	2.3	3.2	2.3	2.7	2.3	2.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ราคาต้นทุนอาหารสูตร 2 (โปรตีน 30% ไขมัน 0%)

ตารางที่ ช.1 ราคาสูตรอาหาร สูตร 2 (โปรตีน 30% ไขมัน 0%)

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม/กิโล)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ราคาอาหาร (บาท/1กิโลอาหาร)
กากถั่วเหลืองป่น	400	13	5.2
แป้งสาลี	400	28	11.2
ปลาป่น	50	25	1.25
แป้งดัดแปร	50	25	1.25
วิตามินรวม	15	150	2.25
แร่ธาตุรวม	20	150	3
วิตามินซี	15	200	3

ราคาอาหารสำเร็จสูตร 2 (โปรตีน 30% ไขมัน 0%) เท่ากับ กิโลกรัมละ 27 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมนตรี อินทร์นวล เกิดวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2526 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ในปี พ.ศ.2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย