อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus

นายวัลลภ อิ่มสุวรรณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN-974-17-7182-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMAL ENERGY TO PROTEIN RATIO OF FORMULATED DIETS FOR ABALONE *Haliotis asinina* Linnaeus

Mr. Wanlop Imsuwan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-17-7182-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus
โดย	นายวัลลภ อิ่มสุวรรณ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. พอจำ อรัณยกานนท์

คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. พอจำ อรัณยกานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัลลภ อิ่มสุวรรณ : อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus (OPTIMAL PROTEIN TO ENERGY RATIO OF FORMULATED DIETS FOR ABALONE *Haliotis asinina* Linnaeus) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร. พอจำ อรัณยกานนท์ , 104 หน้า. ISBN 974-17-7182-7

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus โดยในขั้นต้นได้ศึกษาชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรชนิดของสารเหนียวที่ใช้เป็น 5 ชนิดได้แก่ sodium alginate , agar , pregelatinized starch , carboxymethylcellulose (CMC) และไคโตซาน และแปรระดับสารเหนียวเป็น 2 ระดับคือ 2% และ 5% ตามลำดับ พบว่า ไคโตซานที่ระดับ 2% เป็นชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสม และเมื่อแปรระดับไคโตซานเพิ่มอีก 3 ระดับคือ 2% , 1% และ 0.5% พบว่าไคโตซานที่ระดับ 1 % เป็นระดับสารเหนียวที่เหมาะสมโดยมีความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ดีและมีปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาได้ดี ต่อมาศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรชนิดของของสารดึงดูด 3 ชนิดได้แก่ สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.) และ abalone viscera silage พบว่าสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน ต่อมาศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรอัตราส่วนโปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยวเป็น 4:0 , 3:1 , 2:2 , 1:3 และ 0:4 สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าอาหารทดลองสูตรโปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยวเท่ากับ 4:0 ให้ผลการเติบโตที่ดีที่สุด ขั้นสุดท้ายศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แปรระดับโปรตีนในอาหารทดลองเป็น 25% , 35% และ 45% และแปรปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน ในอาหารทดลองเป็น 13% , 23% และ 33% พบว่าอาหารทดลองสูตรโปรตีน 25.20% พลังงาน186.48 kcal/100g และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน 7.4 ให้ผลการเติบโตที่ดีที่สุด อีกทั้งยังเป็นระดับพลังงานและโปรตีนที่ต่ำที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา....เทคโนโลยีทางอาหาร.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2547..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572490223 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: ABALONE/ FORMULATED DIET/ OPTIMAL ENERGY TO PROTEIN RATIO
WANLOP IMSUWAN : OPTIMAL ENERGY TO PROTEIN RATIO OF FORMULATED DIETS FOR ABALONE *Haliotis asinina* Linnaeus THESIS ADVISOR : ASST.PROF. ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D. THESIS COADVISOR :PORCHAM ARANYAKANANDA, Ph.D. , 104 pp. ISBN 974-17-7182-7

The optimal energy to protein ratio of formulated diets for abalone *Haliotis asinina* Linnaeus was studied. The first part of this research involved the study of suitable binder and level used for the formulated diets. Five binders were used, i.e. sodium alginate, agar, pregelatinized starch, carboxymethylcellulose (CMC) and chitosan, at 2% and 5% concentration level. The results showed that 2% chitosan was the optimal condition. The level of chitosan was varied further to 0.5%, 1% and 2%. It was found that 1% chitosan was the best .The second part of this study was the evaluation of suitable attractants; *Spirulina* sp., *Gracilaria* sp. and abalone viscera silage were chosen. The results from 3 attractants were not significantly difference. The optimal protein source for the formulated diet was evaluated. The ratio of soy protein concentrate to single cell protein were varied to five combinations which were 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4. The formulated diets were fed to abalone of average shell length of 10mm for 24 weeks. The 4:0 ratio effectively promoted the growth of these abalones. In the final part of this research, the optimal energy to protein ratio was studied for 24 weeks. This was done by varying the protein content to 25%, 35% and 45%. In addition, the energy levels were varied by adjusting the carbohydrate content in the formulated diets to 13%, 23% and 33%. The diet with 25.20% protein, 186.48 kcal/100g energy level and 7.4 energy to protein ratio resulted in the highest growth. This ratio was of the lowest protein and energy level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department……Food Technology…… Student's signature……..
Field of study….Food Technology…..… Advisor's signature……..
Academic year……...2004……. Co-Advisor's signature……...

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ
กิตติกรรมประกาศ……ฉ
สารบัญ……ช
สารบัญตาราง……ซ
สารบัญรูป……ฎ

บทที่

1 บทนำ……1
2 วารสารปริทัศน์……3
หอยเป๋าฮื้อ……3
อาหารสำเร็จ……8
3 วิธีการทดลอง……22
สัตว์ทดลอง……22
วัตถุดิบเตรียมอาหารทดลอง……22
สารเคมี……22
อุปกรณ์……23
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย……25
4 ผลการทดลอง……34
5 วิจารณ์ผลการทดลอง……55
6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ……66
รายการอ้างอิง……69
ภาคผนวก……75
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……104

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ลักษณะของหอยเป๋าฮื้อไทย.....6

2.2 ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากการเพาะเลี้ยง.....7

2.3 ผลผลิต (ตัน) หอยเป๋าฮื้อที่จับและขึ้นท่าเรือของโลก.....8

2.4 ชนิดของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนสำหรับหอยเป๋าฮื้อ.....13

2.5 อัตราส่วนของกรดอะมิโนแต่ละตัวในเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่สัมพันธ์กับไลซีน (Lysine).....14

3.1 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาสารเหนียวและสารดึงดูดที่เหมาะสม.....25

3.2 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสม.....29

3.3 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน.....32

3.4 องค์ประกอบอาหารสำเร็จสำหรับใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง.....32

4.1 ความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ใช้ agar , pregelatinized starch , CMC ,sodium alginate และ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2% และ 5%.....34

4.2 ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำของอาหารสำเร็จที่ใช้ agar , pregelatinized starch , CMC ,sodium alginate และ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2% และ5% เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที 35

4.3 ความคงตัวของอาหารสำเร็จเมื่อใช้ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2%, 1%, และ 0.5% 36

4.4 ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำของอาหารสำเร็จที่ใช้ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2%, 1%, และ0.5% เมื่อเวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที 37

4.5 ปริมาณอาหารที่หอยกินใน 2 ชั่วโมง เมื่อใช้สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.), สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.), Abalone Viscera Silage เป็นสารดึงดูด.....38

4.6 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้าหาอาหารทดลอง จากจำนวนหอย 30 ตัวเมื่อใช้สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.), สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.), Abalone Viscera Silage เป็นสารดึงดูด ที่เวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที.....38

ตารางที่ หน้า

4.7 น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....39
4.8 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....40
4.9 ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....41
4.10 ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....42
4.11 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....43
4.12 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตรเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....43
4.13 อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....44
4.14 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....45
4.15 องค์ประกอบทางเคมี ระดับพลังงาน และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนในอาหารสำเร็จ 5 สูตร.....45
4.16 การวิเคราะห์กรดอะมิโนในอาหารสำเร็จ 5 สูตรที่ใช้ในการทดลอง.....46
4.17 น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์....47
4.18 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....48
4.19 ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....49
4.20 ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....50
4.21 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....51
4.22 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....51

ตารางที่ หน้า

4.23 อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....52
4.24 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์.....53
4.25 องค์ประกอบทางเคมี ระดับพลังงาน และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนในอาหารสำเร็จ 10 สูตร 54
5.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อช่วง0-24สัปดาห์ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่แปรระดับโปรตีน(P) และพลังงาน (E) อย่างละ 3 ระดับ.....62
ก.1 ค่า OD ของสารละลาย Bovine serum albumin ความเข้มข้น 0-300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เพื่อทำกราฟมาตรฐาน.....84
ข.1 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารทดลอง.....85
ข.2 ส่วนผสมและปริมาณของวิตามินรวมที่ใช้ในอาหารทดลอง.....86
ข.3 ส่วนผสมและปริมาณของแร่ธาตุรวมที่ใช้ในอาหารทดลอง.....87
ช.1 ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัว เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 1-10 ในระหว่างสัปดาห์ที่ 16 – สัปดาห์ที่24.....94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบอวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ.....4

ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Bovine serum albumin ความเข้มข้น 0-300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร.....84

ค.1 อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2547 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2548.....88

ง.1 High Performance Liquid Chromatography (HPLC).....89

จ.1 หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeusที่ใช้เป็นสัตว์ทดลองในงานวิจัย.....90

จ.2 ตัวอย่างอาหารทดลองที่ใช้ในงานวิจัย สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus.....91

จ.3 อาหารสำเร็จที่ใช้สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี.....91

ฉ.1 ขั้นตอนการเตรียม abalone viscera silage.....92

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

หอยเป๋าฮื้อเป็นหอยทะเลฝาเดียวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีรสชาติดีและเป็นที่นิยมบริโภคทั้งในอเมริกา ญี่ปุ่น จีน และกลุ่มประเทศยุโรป ชาวจีนเชื่อว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีสรรพคุณในการบำรุงสุขภาพโดยเฉพาะต้านการก่อเกิดโรคมะเร็งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถนำเปลือกมาทำเครื่องประดับและใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณได้อีกด้วย ปัจจุบันการบริโภคหอยเป๋าฮื้อในสหรัฐอเมริกา มีมูลค่าสูงถึง 750 ล้านบาท/ปี ขณะที่ในเอเชียมีมูลค่าสูงที่สุดประมาณ 7,500 – 10,000 ล้านบาท/ปี โดยตลาดใหญ่อยู่ในญี่ปุ่น จีนและฮ่องกง (ดวงแก้ว ผุงเพิ่มตระกูล, 2547)

ผลผลิตของหอยเป๋าฮื้อเกือบทั้งหมดได้มาจากการจับจากธรรมชาติ อย่างไรก็ดีในช่วงระยะเวลา 5-7 ปีที่ผ่านมานี้ ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อโดยรวมของโลกมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แนวคิดในการผลิตหอยเป๋าฮื้อโดยการเพาะเลี้ยงจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง (มะลิ บุญย-รัตผลินและคณะ, 2546)

หอยเป๋าฮื้อในธรรมชาติเป็นสัตว์กินพืชและออกหากินอาหารในเวลากลางคืน อาหารที่มันกินส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่าย แต่ปัจจุบันการใช้สาหร่ายมีข้อจำกัดเนื่องจากปริมาณที่ต้องการสูง ทำให้ในบางครั้งต้องหาแหล่งเพาะเลี้ยงที่อยู่ใกล้กับแหล่งสาหร่าย อีกทั้งสาหร่ายเหล่านี้จะมีมากในบางฤดูเท่านั้น ทำให้อาหารขาดแคลนและเป็นอุปสรรคในการเพาะเลี้ยง การใช้อาหารสำเร็จจะสามารถลดข้อจำกัดต่างๆลงได้ เพราะอาหารสำเร็จเหล่านี้สามารถเก็บได้นาน มีคุณค่าอาหารครบและราคาถูกกว่าสาหร่ายขนาดใหญ่ และยังสามารถเลี้ยงหอยได้ในความหนาแน่นสูงโดยไม่ทำให้การเติบโตลดลง (Hahn, 1989)

ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบอาหารสำเร็จให้มีประสิทธิภาพสามารถทดแทนสาหร่ายจากธรรมชาติซึ่งเป็นอาหารหลักที่ไม่สามารถควบคุมสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ในการผลิตอาหารสำเร็จ โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นที่สุดต่อการเติบโต และเป็นตัวกำหนดค่าใช้จ่ายของต้นทุน จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาสูตรอาหารให้มีปริมาณโปรตีนในระดับต่ำสุดต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อที่จะนำไปใช้ในการเติบโตและใช้แหล่งพลังงานอื่นๆที่ไม่ใช่

โปรตีนในการให้พลังงานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ ดังนั้นอาหารสำเร็จที่ดีควรมีอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมกับความต้องการของหอยเป๋าฮื้อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus ซึ่งเป็นหอยเป๋าฮื้อที่มีแนวโน้มในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการลดต้นทุนการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่2

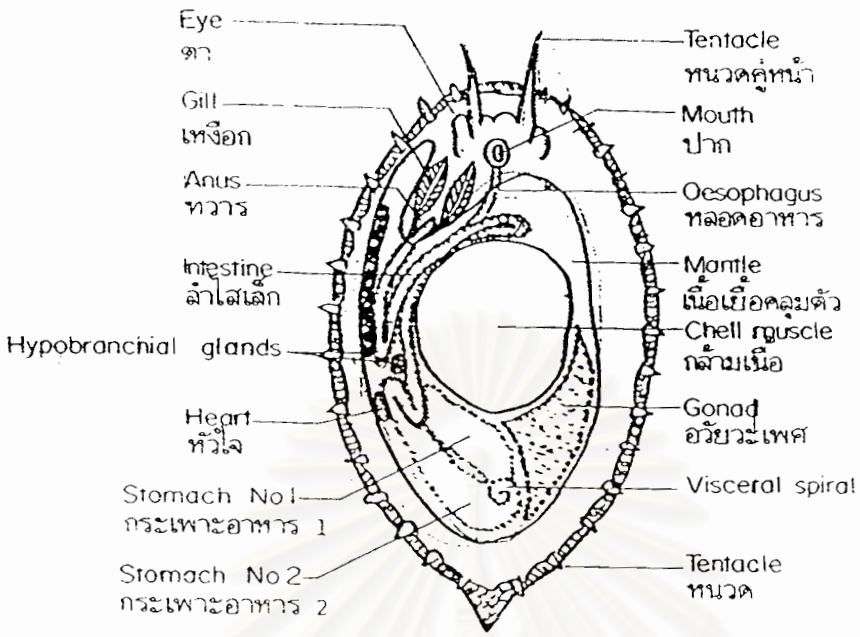
วารสารปริทัศน์

1. หอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อหรือหอยโข่งทะเลเป็นหอยทะเลฝาเดียวอยู่ใน Class Gastropoda, Order Archaeogastropoda, Family Haliotidae, Genus Haliotis เป็นสัตว์น้ำที่กินพืชโดยจะแทะเล็มสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นอาหาร แหล่งอาหารคือตามกองหินและปะการังใต้น้ำ เพื่อหลบแสงสว่างและศัตรู จะออกหากินในเวลากลางคืน เคลื่อนที่ได้ช้า ถูกจับได้ง่าย โดยปกติพบแพร่กระจายตามชายฝั่งทะเลทวีปต่างๆ ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว (Ino, 1980)

เปลือกของหอยเป๋าฮื้อ มีรูปร่างกลมรีคล้ายรูปไข่ ตามขอบเปลือกด้านหนึ่งมีรูเรียงเป็นแถวยาวรูที่เปิดจะเป็นช่องสำหรับหายใจ เมื่อหอยมีขนาดใหญ่ขึ้นรูใหม่จะเกิดขึ้นถัดจากรูแรก ส่วนรูแรกจะปิดจากด้านในและจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ตลอดระยะเวลาที่มีการเจริญเติบโต รูเปิดเล่านี้นอกจากจะเป็นที่ผ่านของของเสียที่ถูกขับออกแล้วยังเป็นที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูผสมพันธุ์อีกด้วย(Hahn, 1989)

ลักษณะทั่วไปของหอยเป๋าฮื้อมีตา 1 คู่ หนวด (tentacle) 1 คู่ และมีปากอยู่บริเวณส่วนหัว มีอวัยวะสำหรับบดอาหารที่เรียกว่า แรดูลา (radula) อยู่จากปากไปจนถึงกลางลำตัว มี hyoid cartilages อยู่คู่หนึ่งช่วยยึดส่วนฟัน หนวดอยู่ติดกับส่วนของ mantle จะยืดยาวผ่านทางช่องหายใจ และมีหนวดเล็กหลายสันเรียงไปตามขอบของส่วนเท้า ส่วนเท้ามีสีแตกต่างกันในแต่ละชนิด มีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่เจริญอยู่บนส่วนกลางของด้านหลังส่วนเท้า และมีกล้ามเนื้อเล็กๆ 1 อัน ยึดติดกับด้านในของเปลือกหอย อวัยวะภายในได้แก่ เหงือก 1 คู่อยู่ทางด้านซ้ายวางอยู่ด้านใต้ของรูเปิด หัวใจมี 3 ห้องประกอบด้วย ventricle 1 ห้อง และauricle 2 ห้อง ตับมีลักษณะคล้ายเขาวัว อยู่ทั้งสองด้านของกระเพาะ(พายัพ ยังปักษี, 2541) โดยระบบอวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อแสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบอวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ
ที่มา: พายัพ ยังปักษี (2541)

ในด้านการสืบพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์ที่มีเพศแยกจากกัน มีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1:1 อวัยวะสืบพันธุ์จะพัฒนาอยู่รอบ ๆ ส่วนที่เรียกว่าต่อมสร้างน้ำย่อย อวัยวะเพศของหอยเป๋าฮื้อจะยื่นออกมาคล้ายเขาวัวสามารถมองเห็นได้โดยการหงายท้องขึ้นและเปิดกล้ามเนื้อเท้าทางขวาตอนล่างของเปลือกออก ถ้าเป็นเพศผู้จะเห็นอวัยวะนี้เป็นสีขาวครีมชัดเจน ส่วนรังไข่ของเพศเมียเป็นสีเขียวเข้มจะมองเห็นไม่ชัดเจนเนื่องจากมีสีคล้ายกับสีของอวัยวะภายใน (พายัพ ยังปักษี, 2541)

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญในแถบเอเชีย ประเทศญี่ปุ่นได้เริ่มศึกษาการเพาะเลี้ยงตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 18 โดยมีการเพาะในโรงเพาะและอนุบาลจนหอยมีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร จึงนำไปปล่อยในทะเลบริเวณที่มีสาหร่ายซึ่งเป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อ หอยเป๋าฮื้อจะเจริญเติบโตในธรรมชาติจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการจึงจะจับไปขาย หอยเป๋าฮื้อในประเทศญี่ปุ่นเป็นหอยพันธุ์ *Haliotis discus hanni* ราคาเนื้อหอยรวมเปลือกประมาณกิโลกรัมละ 50,000 เยน ในปี ค.ศ. 1991 ญี่ปุ่นได้นำเข้าหอยเป๋าฮื้อเป็นปริมาณ 977 เมตริกตัน มูลค่า

28,005 พันเหรียญสหรัฐ และในปี ค.ศ. 1992 ญี่ปุ่นนำเข้าหอยเป๋าฮื้อเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณ 1,138 เมตริกตัน โดยมีมูลค่า 34,565 พันเหรียญสหรัฐ (Uki and Watanabe, 1992) ส่วนหอยเป๋าฮื้อในประเทศอเมริกาเป็นหอยพันธุ์ *H. rufescens* ขนาดที่ตลาดต้องการมีความยาวเปลือก 5-7.5 เซนติเมตร ราคาประมาณกิโลกรัมละ 40-60 เหรียญสหรัฐ (Chew, 1984)

ในประเทศไต้หวันได้ทำการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ *H. diversicolor*ให้ได้ขนาดตลาดในบ่อเลี้ยง โดยการนำเทคโนโลยีมาใช้ดำเนินการจนสามารถส่งเป็นสินค้าออกได้ ราคาหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ *H. diversicolor* ประมาณกิโลกรัมละ 2,000-2,400 บาท และมีการแปรรูปหอยเป็นแบบแช่ในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องเพื่อเพิ่มมูลค่าให้หอยเป๋าฮื้อ(Chen,1989)

สำหรับประเทศจีนซึ่งปัจจุบันเป็นแหล่งผลิตรายใหญ่ของโลกประเทศหนึ่งนั้นสามารถเพาะพันธุ์ *Haliotis discus hannai* Ino ได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1976 จนกระทั่งปี ค.ศ. 1997 จึงมีการพัฒนาเป็นการเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ โดยมีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 10,000 ตันต่อปี มีมูลค่าประมาณ 12,000 ล้านบาท มีพื้นที่เลี้ยง 5,000 เฮกเตอร์ อยู่ในมณฑลกวางตุ้งถึง 2,000 เฮกเตอร์ ตอนเหนือของประเทศจีนจะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ *Haliotis discus hannai* Ino และตอนใต้จะเลี้ยงพันธุ์ *H. diversicolor* หอยขนาดตลาดคือ 50-60 ตัวต่อกิโลกรัม หรือมีขนาดความยาวเปลือก 5.5-6.0 เซนติเมตร (Chen,1989)

ปัจจุบันมีการค้นพบหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกประมาณ 100 ชนิด แต่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีประมาณ 20 ชนิด ใน 20 ชนิดนี้เป็นหอยเป๋าฮื้อเมืองหนาวเกือบทั้งหมด ซึ่งเป็นหอยขนาดใหญ่มีความยาวเปลือก 15–30 เซนติเมตร มีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่เป็นหอยเป๋าฮื้อเมืองร้อน ซึ่งมีขนาดเล็ก มีความยาวเปลือก 8–12 เซนติเมตร (Hahn, 1989)

หอยเป๋าฮื้อเมืองหนาวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่

1. หอยเป๋าฮื้อปากดำ black-lip abalone (*H. rubra*) หอยเป๋าฮื้อปากน้ำตาล brown-lip abalone (*H. concipora*) และหอยเป๋าฮื้อปากเขียว green-lip abalone (*H. laevigata*) พบในออสเตรเลีย ทางฝั่งตะวันออก ฝั่งตะวันตกเฉียงใต้และฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ

2. หอยเป๋าฮื้อแดง red abalone (*H. rufescens*) พบทางฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก ประเทศชิลี เม็กซิโก และรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

3. หอยเป๋าฮื้อเปาว์ paua (*H. iris*) ของนิวซีแลนด์

4.หอยเป๋าฮื้อออแมร์ the ormer (*H. tuberculata*) ของฝรั่งเศส

5. หอยเป๋าฮื้อพินโต pinto abalone (*H.kamtschatkana*) ของอเมริกาเหนือ

6. หอยเป๋าฮื้ออีโซ่ ezo abalone (*H. discus*) พบทางฝั่งแปซิฟิกของญี่ปุ่น

7. หอยเป๋าฮื้อเพอลีเมิน perlemoen abalone (*H. midae*) ของแอฟริกาใต้

หอยเป๋าฮื้อเมืองร้อนและกึ่งร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่

1. หอยเป๋าฮื้อเล็ก small abalone (*H. diversicolor*) พบตามชายฝั่งของประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน เป็นชนิดที่เพาะเลี้ยงในประเทศจีนและไต้หวัน

2. หอยเป๋าฮื้อหูลา ass'ear หรือ donkey's ear abalone (*H. asinina*) เป็นชนิดที่ส่งเสริมให้เพาะเลี้ยงในประเทศไทย (มะลิ บุญยรัตผลิน, 2545)

หอยเป๋าฮื้อในประเทศไทยเป็นหอยเป๋าฮื้อในเขตร้อน มีขนาดเล็ก (4-8 เซนติเมตร) อาศัยตามโขดหินชายทะเลหรือเกาะอยู่ตามปะการังที่อยู่ใต้น้ำ กินตะไคร่ตามโขดหินและปะการังเป็นอาหาร หอยเป๋าฮื้อที่ค้นพบในประเทศไทย มีอย่างน้อย 4ชนิด พบทั้งฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย *ได้แก่ Haliotis ovina , H. asinina , H. varia , H. planata* (ฐิติมา โชคชัยไพศาล , 2539) จากรายงานของนพดล 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	6	30	อันดามัน

ที่มา: คเชนทร เฉลิมวัฒน์ (2544)

ประเทศไทยมีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ที่มีศักยภาพทางการตลาดสูง เนื่องจากเป็นชนิดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดใน

กลุ่มหอยเป๋าฮื้อในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งมีสัดส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักตัวสูงถึง 85% และมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างเร็ว เมื่ออายุครบ 1 ปี มีความยาวเปลือก 42.7 มิลลิเมตร ดังนั้นการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้จึงมีความเป็นไปได้เชิงธุรกิจค่อนข้างสูง เพราะตลาดต่างประเทศนิยมหอยขนาดไม่ใหญ่นักโดยมีประเทศออสเตรเลีย อเมริกา และประเทศในเอเชียเป็นผู้รับซื้อแล้วแปรรูปบรรจุกระป๋องส่งออกอีกทีหนึ่ง (ลิลา เรืองแป้น, 2543)

ผู้ผลิตหอยเป๋าฮื้อรายใหญ่คือ ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน เม็กซิโก และนิวซีแลนด์ ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกประมาณ 12,968 ตันต่อปี ในเอเชียการบริโภค หอยเป๋าฮื้อมีมูลค่าประมาณ 7,500-10,000 ล้านบาท/ปี ขณะที่การบริโภคหอยเป๋าฮื้อในประเทศสหรัฐอเมริกามีมูลค่าเพียงประมาณ 750ล้านบาท/ปี ตลาดใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น ฮ่องกง จีน ไต้หวัน (FAO, 1998) โดยผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากการเพาะเลี้ยงและที่จับแสดงดังตารางที่ 2.2 และ2.3

ตารางที่ 2.2 ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากการเพาะเลี้ยง ในช่วงปี คศ. 1989-1996

ประเทศ	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
ชิลี	-	-	-	-	-	-	-	8
จีน-ไต้หวัน	915	1,124	1,294	1,355	1,051	1,048	1,582	1,814
เกาหลี	-	-	-	-	-	-	-	84
เม็กซิโก	-	-	-	-	-	-	-	1
สหรัฐ	-	-	-	-	-	-	-	265
รวม (ตัน)	915	1,124	1,294	1,355	1,051	1,048	1,582	2,172
มูลค่า ($, 1000)	19,208	22,102	24,276	34,431	18,429	26,678	33,059	44,187
ราคา ($, กก.)	20.99	19.66	18.76	25.41	17.54	25.46	20.90	20.34

ที่มา: FAO (1998)

ตารางที่ 2.3 ผลผลิต (ตัน) หอยเป๋าฮื้อที่จับและขึ้นท่าเรือของโลก ในช่วงปี คศ. 1989-1995

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
ออสเตรเลีย	5,495	5,163	5,195	5,072	4,713	4,723	5,151
ญี่ปุ่น	3,571	3,353	3,066	2,496	2,353	2,164	1,980
จีน-ไต้หวัน	1,034	1,144	1,324	1,370	1,065	1,063	1,596
เม็กซิโก	232	3,655	2,849	3,132	2,180	1,536	1,227
นิวซีแลนด์	1,077	1,228	1,294	1,481	1,099	1,080	1,280
แอฟริกาใต้	562	624	573	738	561	586	616
ฟิลิปปินส์	71	61	63	73	122	240	483
เกาหลี	336	344	376	320	361	281	260
สหรัฐอเมริกา	1,287	403	267	325	223	213	179
เกาะโซโลมอน	33	28	25	29	30	30	30
แคนาดา	48	50	40	30	-	-	-
รวม	15,835	16,053	15,072	15,066	12,707	11,916	12,802

ที่มา: FAO (1998)

2. อาหารสำเร็จ

แต่เดิมการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจะต้องใช้สาหร่ายจากธรรมชาติเป็นอาหารหลักซึ่งมีปริมาณไม่แน่นอนแล้วแต่ฤดูกาล ส่วนสาหร่ายที่ได้จากการซื้อหรือเพาะเลี้ยงก็มักมีราคาแพง รวมทั้งขอบเขตของการเพาะเลี้ยงจะถูกจำกัดอยู่ได้เพียงในบริเวณที่ใกล้กับบริเวณที่เลี้ยงสาหร่ายเท่านั้นเนื่องจากปัญหาในการขนส่งสาหร่ายสด ด้วยเหตุนี้เองจึงมีการผลิตอาหารสำเร็จขึ้นเพื่อใช้เสริมหรือทดแทนอาหารจากธรรมชาติ และเพื่อลดต้นทุนในการผลิต รวมทั้งช่วยในการขยายบริเวณที่ทำการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อออกไป

การใช้อาหารสำเร็จในการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อต้องคำนึงถึงคุณค่าทางอาหารและปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อ ในการผลิตอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อจะต้องคำนึงถึงความสมดุลทางโภชนาการของอาหารที่ผลิตได้ เพราะโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเติบโต หอยเป๋าฮื้อจะมีอัตราการเติบโตประมาณ2-3เซนติเมตรต่อปี ซึ่งต้องใช้เวลาในการเลี้ยงถึง 2-5 ปี จึงจะได้ตามขนาดที่ตลาดต้องการ ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงนอกจากจะจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมแล้วยังต้องให้อาหารที่พอเพียงทั้งปริมาณและคุณค่า โดยทั่วไปหอยเป๋าฮื้อต้องการอาหารเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ (1) เพื่อการเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย และ (2) เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ (Hahn, 1989) ถ้าอาหารที่ให้มีคุณค่าทางโภชนาการไม่เพียงพอจะทำให้หอยโตช้า ดังนั้นการดำเนินธุรกิจการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อให้ประสบผลสำเร็จจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพของอาหารสำเร็จที่ใช้

Nie และคณะ (1986) รายงานไว้ว่าการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* ขนาดความยาวเปลือก 13-16 มิลลิเมตร ด้วยอาหารสำเร็จจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.14 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมากกว่าเมื่อเลี้ยงด้วยสาหร่าย *Laminaria japonica* 1.78 เท่า โดยที่คุณภาพเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จจะมีโปรตีนสูงและมีน้ำน้อย และหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จจะมีอัตราการกินลดลงกว่าเมื่อใช้สาหร่ายเป็นอาหารเนื่องจากอาหารสำเร็จมีโปรตีนสูงกว่าสาหร่าย

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%

Viana และ Salas (1993) ได้ทดลองเปรียบเทียบการใช้อาหารสำเร็จกับสาหร่ายในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. fulgens* พบว่าการใช้อาหารสำเร็จมีประสิทธิภาพดีกว่า โดยอาหารสำเร็จที่ทำจากปลาป่น และเคซีนจะให้การเจริญเติบโตที่ดีกว่าการให้อาหารสาหร่าย *Macrocystis pyrifera*

2.1 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเติบโตของสิ่งมีชีวิต อาหารสำเร็จที่ดีจะต้องมีปริมาณโปรตีนที่เพียงพอต่อการเติบโต วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ ปลาป่น กากกุ้งป่น กากถั่วเหลือง เป็นต้น

2.1.1 แหล่งโปรตีน

2.1.1.1 ปลาป่น

ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้ผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากปลาป่นมีโปรตีนที่มีคุณภาพสูงมากกว่า 55-60 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนครบถ้วนทุกชนิด มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสปริมาณมาก และยังมีกลิ่นที่ดีช่วยกระตุ้นให้สัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น ปลาป่นที่จะนำมาผลิตอาหารสัตว์ควรมีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นเหม็นไหม้ และปราศจากการปลอมปนจากทรายละเอียด เปลือกหอย ยูเรีย ขนไก่หรือสารปลอมปนอื่นๆ เนื่องจากทำให้คุณค่าทางโภชนาการของปลาป่นลดลง ดังนั้นการเลือกซื้อปลาป่นจึงควรซื้อปลาป่นที่มีคุณภาพสูง ปราศจากการปลอมปน ซึ่งถ้าผู้เลี้ยงหรือเจ้าของฟาร์มไม่แน่ใจในคุณภาพของปลาป่น ก็อาจนำไปวิเคราะห์ทางเคมี หรืออาจเลือกใช้กากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลักให้มากขึ้น เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีคุณภาพใกล้เคียงกับปลาป่น แต่กากถั่วเหลืองมีคุณภาพสม่ำเสมอดีกว่า สาเหตุที่มีการปลอมปนอย่างมากในปลาป่น เนื่องจากปลาป่นมีราคาแพง ทำให้มีการนำเอาวัสดุที่มีราคาถูกหรือคุณค่าทางโภชนาการต่ำใส่ปนเข้าไป เพื่อขายปลาป่นให้ได้ปริมาณมากขึ้น (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

2.1.1.2 กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลือง ที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์น้ำมี 3 ลักษณะ ได้แก่ กากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดไม่กะเทาะเปลือก และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดกะเทาะเปลือก กากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน มีไขมันประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ จึงเก็บไว้ได้ไม่นาน แต่กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน มีไขมันประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์จึงเก็บไว้ได้นานกว่ากากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดกะเทาะเปลือก มีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่ากากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดไม่กะเทาะเปลือก กล่าวคือ กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดกะเทาะเปลือก มีโปรตีนและเส้นใยประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดไม่กะเทาะเปลือก มีโปรตีนและเส้นใยประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเนื่องมาจากการกะเทาะเปลือกก่อนการสกัดน้ำมันจะเหลือแต่เมล็ดถั่วเหลืองเท่านั้น จึงทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าไม่กะเทาะเปลือก การพิจารณาเลือกซื้อกากถั่วเหลืองควรระมัดระวังอย่างยิ่ง เนื่องจากการผลิตกากถั่วเหลืองจำเป็น

ต้องมีความร้อนเกี่ยวข้อง ซึ่งถ้าใช้ความร้อนน้อยเกินไป จะทำให้สารยับยั้งทริพซินในกากถั่วเหลืองไม่ถูกทำลาย และเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่ถ้าใช้ความร้อนมากเกินไป กากถั่วเหลืองมีกลิ่นไหม้ และกรดอะมิโนชนิดไลซีนจับตัวกับน้ำตาล ทำให้สัตว์น้ำใช้ประโยชน์ได้น้อยและเติบโตช้า ดังนั้นจึงควรเลือกซื้อกากถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนพอดี(วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

2.1.1.3 **ยีสต์** (yeast)

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยว มีลักษณะแตกต่างจากสาหร่ายเนื่องจากไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ และแตกต่างจากโปรโตซัว(protozoa) เนื่องจากมีผนังเซลล์ที่แข็งแรง(นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2539) ยีสต์บางชนิดมีบทบาทในการประกอบอาหารของมนุษย์ เช่น *Saccharomyces carlsbergensis* ใช้ในกระบวนการหมักเพื่อผลิตเบียร์ *Saccharomyces ellipsoideus* ใช้ในกระบวนการทำไวน์ และ *Saccharomyces cerevisiae* ใช้ในกระบานการทำขนมปัง (Reed and Peppler, 1973)

ยีสต์หลายชนิดสามารถเลี้ยงได้โดยใช้ของเสียที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นการลดปัญหามลภาวะ ผลผลิตที่ได้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เช่น เสริมในอาหารไก่ ทำให้ไก่มีการเติบโตดีขึ้น เนื่องจากยีสต์ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนปริมาณร้อยละ 7-9 ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโปรตีนและสารประกอบอื่น ๆ ได้แก่ เพียวรีน (purine) พิริมิดีน (pyrimidine) กรดอะมิโน นิวคลีโอไทด์ และวิตามินบีรวม นอกจากนี้ยังประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและไขมันอีกด้วย ผลผลิตของยีสต์ที่ได้ขึ้นกับสายพันธุ์ของยีสต์รวมทั้งสภาพการเพาะเลี้ยง (วิลาวัณย์ เจริญจิระตะกูล, 2539) ยีสต์ที่นิยมใช้เป็นอาหาร ได้แก่ *Candida utilis* (torula yeast), *Saccharomyces fragilis* และ *Saccharomyces carlsbergensis* (Dabbah,1970) ยีสต์มีโปรตีนประมาณร้อยละ 40-60 ของน้ำหนักแห้ง ในปริมาณนี้มีไนโตรเจนบางส่วนเป็นองค์ประกอบของสารที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารได้แก่ เพียวรีน พิริมิดีน และอื่น ๆ (Synder, 1970) กรดอะมิโนในยีสต์มีลักษณะเด่นคือมีไลซีนสูงแต่มีเมทไธโอนีนต่ำ(Reed and Peppler, 1973) นอกจากจะเป็นแหล่งโปรตีนแล้วยีสต์ยังเป็นแหล่งของวิตามินโดยเฉพาะวิตามินบีที่มีมาก คือ ไธอามีน ไรโบเฟลวิน และ ไนอะซิน นอกจากนี้ยังมี ไพริดอกซีน กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก กรดแพนโทเทนิก และไบโอติน (Peppler, 1986)

การใช้ยีสต์เพื่อเป็นอาหารมีข้อจำกัดอยู่ที่ผนังเซลล์ของยีสต์ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ชั้นสูงได้ (Synder, 1970) ผังเซลล์ของยีสต์

เป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณ 1 ใน 3 ของน้ำหนักทั้งหมดของยีสต์ และเป็นสารจำพวกโพลิเมอร์ของน้ำตาลที่ cross-link ด้วยพันธะไฮโดรเจน น้ำตาลดังกล่าวได้แก่ กลูโคซามีน (glucosamine) กลูโคส(glucose) แมนโนส(mannose) และไคติน (chitin) (Frazier and Westhoff, 1979) ดังนั้น การที่จะได้รับคุณค่าทางอาหารจากการบริโภคยีสต์จะต้องทำให้ยีสต์ตาย เพื่อให้สารต่าง ๆ ภายในเซลล์ไหลออกมาภายนอกเซลล์ จึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Synder, 1970) ระบบการเตรียมยีสต์สกัดทำได้หลายวิธี ได้แก่กระบวนการ autolysis กระบวนการ plasmolysis และกระบวนการ hydrolysis (Tannenbaum, 1978)

การนำเซลล์ยีสต์ *Candida lypolytic* มาผสมในอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาเทร้าต์ *Oncorhynchus mykiss* เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน พบว่าสามารถใช้แทนปลาป่นได้ร้อยละ 25-50 โดยพบการเติบโตสูงสุดของปลาที่ระดับยีสต์ร้อยละ 35 และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าต่ำสุดที่ระดับยีสต์ร้อยละ 25 (Matty and Smith, 1978) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองเติมเมทไธโอนีนลงในอาหารที่ใช้เซลล์ยีสต์ *Candida* sp. แทนปลาป่นสำหรับเลี้ยงปลาแซลมอน *Oncorhynchus kisutch* และปลาเทร้า โดยพบว่าสามารถใช้แทนปลาป่นได้ร้อยละ 25 ในการเลี้ยงปลาแซลมอน และร้อยละ 40 ในการเลี้ยงปลาเทร้า(Mahken, Spinelli and Waknitz, 1980) การทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาว 6 สัปดาห์ โดยใช้ยีสต์แทนปลาป่นที่ร้อยละ 25 และ 50 พบว่าการเติบโตของลูกปละกะพงขาวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่ต่างไปจากการใช้ปลาป่นอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 ระดับ(ชลลดา ปรีดา, 2526) ซึ่ง Mahkan, Spinelli และ Waknitz (1980) ได้ทดลองใช้ยีสต์ *Candida* sp. แทนปลาป่นในอาหารปลาเทร้าในปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 ที่เสริมด้วยเมทไธโอนีนจะช่วยให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีขึ้น ส่วนการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารกุ้งกุลาดำพบว่ากุ้งใช้เวลาย่อยยีสต์นานกว่าแหล่งโปรตีนชนิดอื่น เช่น อาร์ทีเมีย ปลาป่น และถั่วเหลือง ทำให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนไม่เต็มที่ ส่งผลให้กุ้งกุลาดำได้รับโปรตีนลดลง (Lan and Pan, 1993)

2.1.2 กรดอะมิโน

การทำอาหารโดยคำนึงถึงเฉพาะ crude protein อย่างเดียวนั้นจะไม่สามารถที่จะทำให้สัตว์สนองตอบได้ดีที่สุด โดยการที่สัตว์จะเจริญเติบโตให้เนื้อที่เหมาะสมที่สุด จะต้องมีจำนวนของกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) ที่เพียงพอ การที่มีโปรตีนสูงเพียงอย่างเดียวอันเกิดจากมีกรดอะมิโนไม่จำเป็น (non-essential amino acids) สูง แต่กรดอะมิโนที่สำคัญกลับมีไม่เพียงพอทำให้สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ (วีระศักดิ์ สหชัยเสรี, 2544) โดยชนิดของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนสำหรับหอยเป๋าฮื้อแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ชนิดของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนสำหรับหอยเป๋าฮื้อ

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 : Fleming, Van Barneveld และ Hone (1996)

ในทางอาหารสัตว์ได้กำหนดให้ไลซีน (lysine) เป็น reference เพื่อหาสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นที่สัตว์ต้องการ เพราะกระบวนการสร้างโปรตีนส่วนมากต้องใช้ไลซีนและมี pathway ที่ไม่สลับซับซ้อน การวิเคราะห์ของไลซีนก็ไม่ยุ่งยากเหมือนกรดอะมิโนตัวอื่นๆ (วีระศักดิ์ สหชัยเสรี, 2544) จึงนิยมใช้ไลซีนแสดงความสัมพันธ์กับกรดอะมิโนตัวอื่น ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราส่วนของกรดอะมิโนแต่ละตัวในเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่สัมพันธ์กับไลซีน

ชนิดกรดอะมิโน	*H. rubra*	*H. midae*	*H. rufescens*	*H. iris*
Lysine	100	100	100	100
Methionine	38	34	43	26
Methionine + cystine	65	72	55	50
Threonine	80	80	77	73
Tryptophan	18	13	6	19
Isoleucine	70	66	63	63
Leucine	116	111	131	124
Histidine	34	29	33	36
Phenylalanine	60	63	68	71
Phenylalanine + tyrosine	113	Not determined	132	125
Valine	80	74	79	69
Arginine	170	127	121	169

ที่มา : Fleming, Van Barneveld และ Hone (1996)

ความหมายของตารางที่ 2.5 เช่น *H. rubra* หากมีความต้องการ Lysine 100% แล้ว เพื่อที่จะได้นำกรดอะมิโนไปใช้อย่างเหมาะสมที่สุดควรจะมี Methionine 38% มี Methionine + cystine 65% และตัวอื่นๆ ตามลำดับ หากมีสัดส่วนสูงหรือต่ำไปจากนี้มากๆแล้ว ส่วนที่เกินของกรดอะมิโนตัวอื่นๆ ก็จะไม่ถูกนำไปใช้และถูกกำจัดออกจากร่างกาย (Fleming, Van Barneveld and Hone, 1996)

เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญในการเติบโตและเป็นสารอาหารที่มีองค์ประกอบหลักในอาหารสำเร็จของหอยเป๋าฮื้อ จึงจำเป็นต้องหาความต้องการโปรตีนที่พอเหมาะ (optimal requirement) เพื่อให้โปรตีนถูกใช้ไปเพื่อการเติบโตไม่ใช่เพื่อเป็นพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญในการพัฒนาสูตรอาหารให้มีปริมาณโปรตีนในระดับต่ำสุดต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อที่จะนำไปใช้ในการเติบโตและใช้แหล่งพลังงานอื่นๆที่ไม่ใช่โปรตีนในการให้พลังงานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ

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

Uki, Kemuyama และ Watanabe (1986) ได้ทดลองให้อาหารสำเร็จกับหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* Ino โดยเปรียบเทียบแหล่งโปรตีนที่ต่างกัน คือ เคซีนกับปลาป่น ระดับโปรตีนตั้งแต่ 0-55.4% พบว่าอาหารที่มีเคซีน ระดับโปรตีน 20-30% หอยจะมีอัตราการเจริญเติบโตและค่า feed conversion efficiency ดี โดยค่านี้หาได้จากน้ำหนักอาหารที่ให้หารด้วยน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่เพิ่มขึ้น และค่า feed conversion efficiency นี้จะดีที่สุดที่ระดับโปรตีน 37.5% โดยดีกว่าหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนและดีกว่าหอยที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสด *E. bicyclis* ที่มีระดับโปรตีนเพียง 17.5% และเมื่อพิจารณาหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีเคซีนโดยมีระดับโปรตีนเพียง 9.5% อัตราการเจริญเติบโตดีกว่าที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสด *E. bicyclis* ที่มีระดับโปรตีน 17.5% และพบว่าการเลี้ยงด้วยสาหร่ายสดมีการเจริญเติบโตดีเท่ากับหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับโปรตีน 22.2%

Uki และ Watanabe (1992) ได้พัฒนาอาหารสำเร็จใช้สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อโดยใช้ เคซีนและ alginic acid เป็นแหล่งโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ตามลำดับ พบว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมคือ 28% ไขมัน 5% และแร่ธาตุ 8% ให้อัตราการเจริญเติบโต และค่า feed conversion efficiency ที่ดี

ธานินทร สิงหะไกรวรรณและ มาซาโนริ โคอิ (2536) กล่าวว่าได้มีการนำเข้าอาหารสำเร็จมาใช้ในประเทศไทย ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง คือ 250 บาทต่อกิโลกรัม (ปี พ.ศ.2535) มาทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* จึงได้มีการทำอาหารสำเร็จใช้เองโดยดัดแปลงใช้ส่วนประกอบของอาหารที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ปลาป่น สาหร่ายแห้งป่น แป้งข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลือง โดยใช้ sodium alginate เป็นสารเหนียว โดยลูกหอยมีการยอมรับอาหารเม็ดได้ดีเมื่อประกอบด้วย ปลาป่น 30% sodium alginate 8% ซึ่งทำให้อาหารมีความคงรูปอยู่ในน้ำได้นานมากกว่า 12 ชั่วโมง และมีความยืดหยุ่นพอ โดยสูตรอาหารที่มีเคซีน 30% แทนปลาป่นและไม่มีส่วนประกอบของสาหร่ายผง พบว่าลูกหอยมีการยอมรับอาหารเม็ดน้อยกว่า โดยมีแป้งข้าวโพด

36% และน้ำมันถั่วเหลือง 4% เท่ากันทุกสูตร แสดงว่าสาหร่ายผงและปลาป่นมีผลต่อการมีปฏิกิริยาของลูกหอยในการเข้าหาอาหารสำเร็จ

Mai, Mercer และ Donlon (1994) ได้ศึกษาคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีนของอาหารธรรมชาติที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. tuberculata* L. และ *H. discus hannai* Ino คือสาหร่ายทะเล 6 ชนิดพบว่า เนื้อของหอยเป๋าฮื้อทั้งสองชนิดมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนเหมือนกันมาก เป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าหอยเป๋าฮื้อทั้งสองชนิด อาจจะต้องการกรดอะมิโนจากอาหารเหมือนกัน เมื่อศึกษารูปแบบกรดอะมิโนในสาหร่ายทั้ง 6 ชนิด พบว่า กรดอะมิโนในสาหร่าย *Palmaria palmate* และ *Alaria esculenta* มีรูปแบบกรดอะมิโนที่ดี ส่วนสาหร่าย *Ulva lactuca* และ *Chondrus crispus* มีกรดอะมิโนที่ไม่ค่อยสมบูรณ์โดยสาหร่ายทั้ง 6 ชนิด จะมีกรดอะมิโน arginine เป็นจำนวนมาก และมีกรดอะมิโนชนิด methionine, threonine และ histidine ค่อนข้างจำกัดเช่นกัน

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

Guzman และ Viana (1998) รายงานว่า abalone viscera silage และกากถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. fulgens* โดยให้ผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน

Bautista-Teruel และ Millamena (1999) ได้ศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* เป็นเวลา 90 วัน พบว่าระดับโปรตีน 27 % และระดับพลังงาน 3150 kcal/kg เป็นระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมที่จะใช้พัฒนาสูตรอาหารสำเร็จต่อไป

Bautista-Teruel, Fermin และ Koshio (2003) ได้ศึกษาผลของแหล่งโปรตีนในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ต่อการเจริญเติบโต โดยใช้ปลาป่นและกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองและสาหร่าย *spirulina* sp. เป็นแหล่งโปรตีนจากพืช โดยให้ระดับโปรตีนในทุกสูตรอาหารเท่ากับ 27% ผลการทดลองพบว่าเมื่อเลี้ยงหอยเป็นเวลา 84 วัน หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชอย่างเดียว ให้ผลการเจริญ

เติบโตต่ำกว่าเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ปนอยู่ เนื่องจากอาหารสูตรที่มีเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชอย่างเดียว มีระดับ methionine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตต่ำ

Gomez-Montes และคณะ (2003) ได้แปรอัตราส่วนโปรตีนต่อพลังงานในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. fulgens* 5 ระดับ คือ 62, 74, 85, 100 และ108 mg protein/kcal เป็นเวลา 60 วัน พบว่าที่อัตราส่วนโปรตีนต่อพลังงาน 100 (โปรตีน 40.45% และพลังงาน 4.06kcal/g) และ 108 (โปรตีน 44.09% และพลังงาน 4.06kcal/g) ให้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด โดยค่านี้คำนวณได้จากผลต่างของน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่เพิ่มขึ้นต่อระยะเวลาการทดลอง

2.2 ไขมัน

ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ กรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) เป็นอนุพันธ์ของไขมัน ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อร่างกาย โดยช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน นอกจากนี้ไขมันยังมีอิทธิพลต่อรสชาติอาหารของหอยเป๋าฮื้อ คือ เป็นสารดึงดูด (attractants) เช่น phosphatidyl-inositol (Harada, Maruyama and Nakano, 1984)

อาหารสำเร็จของสัตว์น้ำโดยปกติจะมีปริมาณไขมันประมาณ 5% หรือน้อยกว่านั้นแล้วแต่แหล่งไขมันที่ใช้ โดยในหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* Ino ต้องการกรดไขมันที่จำเป็นปริมาณ 1% ของไขมันที่ใส่ลงในอาหาร (Uki, Kemuyama and Watanabe, 1986)

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

2.3 คาร์โบไฮเดรต

สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต มีความสำคัญในการใช้เป็นสารเชื่อม (binding agent) ในอาหารสำเร็จ เพื่อให้อาหารมีความคงรูปอยู่ได้นาน และยังคงมีราคาถูกกว่าสารอาหารประเภทโปรตีน ในสูตรอาหารจะมีการเติมแป้งดัดแปร (modified starch) หรือเด็กซ์ทริน

(dextrin) ปริมาณที่เติมจะอยู่ในช่วง 5-30 % ของปริมาณอาหารทั้งหมด (Uki and Watanabe , 1992)

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

2.4 แร่ธาตุและวิตามิน

แร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่ร่างกายต้องการ เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโตโดยปกติในน้ำทะเลจะมีแร่ธาตุปริมาณน้อย และสัตว์น้ำจะรับแร่ธาตุเหล่านี้โดยวิธีการ active transport ซึ่งเป็นกระบวนการเคลื่อนที่ของโมเลกุลหรืออิออนของสารจากบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่บริเวณที่มีความหนาแน่นมากกว่าโดยอาศัยพลังงานในรูป ATP จากเซลล์ในการนำพาสาร

Uki และ Watanabe (1992) รายงานว่าระดับแร่ธาตุที่เหมาะสม คือ 4-8% ของปริมาณอาหารทั้งหมด ส่วนใหญ่นิยมใช้ที่ระดับ 4 %

สัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินมาใช้เองได้ จึงต้องมีการเติมวิตามินลงในอาหารสำเร็จที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ทั้งในเชิงการค้าและการทดลองจะอยู่ในช่วง1.5-2.5% ของปริมาณอาหารทั้งหมด (Mai, 1998) สัตว์น้ำต้องการวิตามินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์และมีผลต่อสุขภาพสัตว์น้ำด้วย

Zhu, Mai และ Wu (2002) รายงานว่าระดับ thiamin (วิตามินบี1) ที่เหมาะสมต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* คือ ระดับ 51 mg / kg diet

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ(2546) ได้ศึกษาระดับวิตามินรวมในอาหารสำเร็จที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยใช้วิตามินรวมสำหรับใส่ในอาหารกุ้งทะเล พบว่าสามารถลดระดับวิตามินรวมลงได้ระดับหนึ่ง คือที่ 0.38 % และจากการทดลองยังพบว่า โคเลสเตอรอล เลซิทิน บีเฮชที และซีโอไลท์ เป็นสารที่ไม่จำเป็นต้องใส่ในอาหารหอยเป๋าฮื้อ โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

2.5 **สารดึงดูด** (attractants)

วัตถุดิบต่างๆที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสำเร็จรูปจะมีสารดึงดูด (attractant) ให้หอยเข้ากินอาหารอยู่แล้วโดยธรรมชาติ Harada และ Kawasaki (1982) ได้ทดสอบอิทธิพลของสารดึงดูดจากสาหร่ายทะเลต่อหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus* พบว่าหอยชอบกินสาหร่ายสีน้ำตาลมากกว่าสาหร่ายสีเขียวและสีแดง การเติมสารดึงดูดลงในอาหารสำเร็จเพื่อกระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อเข้ากินอาหาร อาจจะทำโดยการเติมสาหร่ายแห้งชนิดที่หอยเป๋าฮื้อชนิดนั้นชอบกินผสมลงในอาหารสำเร็จรูปได้แก่สาหร่ายสีน้ำตาล ซึ่งให้สารพวกโปรตีน กรดอะมิโน ที่สามารถใช้ดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ากินอาหารได้ดี (Harada, Maruyama and Nakano, 1984)

Viana, Cervantes-Trujano และ Solana-Sansores (1994) รายงานว่า abalone viscera silage เป็นสารดึงดูดที่ดี เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำและกรดอะมิโนอยู่มาก รวมทั้งยังเป็นของเหลือใช้ซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูก

2.6 **สารเหนียว** (binder)

ในการผลิตอาหารสำเร็จสำหรับสัตว์น้ำนอกจากจะพิจารณาถึงประสิทธิภาพของโปรตีนแล้ว จะต้องคำนึงถึงความคงตัวของอาหารในน้ำด้วย อาหารสำเร็จที่ดีจะต้องคงตัวอยู่ในน้ำได้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิที่สูงสุดในระหว่างการเลี้ยง เพราะนอกจากจะแน่ใจว่าอาหารไม่สลายตัวไปก่อนที่สัตว์น้ำกินแล้วยังเป็นการช่วยลดความเน่าเสียของน้ำอีกด้วย (Hahn, 1989) หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมการกินค่อนข้างช้าดังนั้นในการผลิตอาหารสำเร็จจึงจำเป็นต้องใส่สารเหนียว (binder) ลงไปเพื่อทำให้อาหารคงตัวอยู่ในน้ำได้นาน

สารเหนียวที่นิยมใช้ในการผลิตอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อมีอยู่หลายชนิด ได้แก่โซเดียมอัล-จิเนต ซึ่งมีองค์ประกอบที่พบอยู่ในสาหร่ายตระกูล phaeophyta ประมาณ20-30 % ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติและหอยเป๋าฮื้อสามารถย่อยได้ (Uki and Watanabe, 1992) Agar เป็นสารสกัดจาก red seaweeds สามารถเกิดเจลได้ดี มีการนำมาใช้ในอาหารสัตว์น้ำอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศจีนและเกาหลีใต้(Fleming, Van Barneveld and Hone, 1996) แป้งพรีเจลเป็นแป้งที่มีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดี ผลิตจากวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่าย ราคาถูก (Whistler, Bemiller and Paschall, 1984) Carboxy methyl cellulose ; CMC เป็นเซลลูโลสดัดแปลงที่มีคุณสมบัติในการละลายที่ดี อีกทั้งยังมีคุณสมบัติการเกิดเจลและการเชื่อมติด(binder) ได้ดี (Kennedy et al., 1985) ไคโตซาน เป็นอนุพันธ์ของไคติน เป็นสารละลายที่มีความเหนียว ขึ้นรูปได้หลายแบบ

สามารถเป็นสารเคลือบ ไคโตซานเป็นสารต้านจุลชีพ(antimicrobial) ได้ดีและช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำได้ (Synowiecki and Al-khateeb, 2003)

2.7 **เส้นใย** (fiber)

เส้นใยหมายถึงสารประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน ลิกนิน และไคติน แต่โดยทั่วไปแล้ว เส้นใยที่พบในผนังเซลล์พืชส่วนใหญ่จะเป็นเฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยจะพบเซลลูโลสหรือคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆที่ย่อยไม่ได้ในปริมาณที่น้อยกว่า เส้นใยไม่ละลายน้ำและไม่เกิดเจล (gel) ได้ดังเช่น แป้งหรือกัม ปริมาณเส้นใยที่พบในพืชสามารถวิเคราะห์ได้โดยการย่อยด้วยกรดและด่าง (acid base digestion) โดยจะมีปริมาณแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของพืช เช่น พืชขนาดเล็ก จะมีเส้นใยต่ำ เนื่องจากมีเฮมิเซลลูโลส และลิกนินในปริมาณน้อย แต่เมื่อพืชขนาดใหญ่ขึ้น จะมีเฮมิเซลลูโลสและลิกนินมากขึ้น (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

การผลิตอาหารจะต้องมีการทดสอบความต้องการสารอาหารชนิดต่างๆ ของสัตว์น้ำ เช่น ความต้องการโปรตีน ความต้องการไขมัน ความต้องการวิตามินหรือความต้องการแร่ธาตุ เป็นต้น นิยมใช้เยื่อใยโดยเฉพาะเซลลูโลสเป็นตัวปรับสูตรอาหาร (bulking agent) เพื่อให้มีปริมาณธาตุอาหารตามที่ต้องการ เนื่องจากเซลลูโลสเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน ไม่มีธาตุอาหารใดๆ เป็นองค์ประกอบ และมีความเฉื่อย (inert) ฉะนั้นจึงนิยมใช้มากในอาหารทดสอบ เช่น การผลิตอาหารทดสอบที่มีระดับพลังงานเท่ากัน (isocalorificity) หรืออาหารทดสอบที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน (isonitrogenicity) เป็นต้น อาหารทดสอบที่มีเซลลูโลส นอกจากจะช่วยให้อาหารเกาะกันดีขึ้น (structural integrity) แล้ว ยังช่วยให้อาหารเคลื่อนที่ในท่อทางเดินอาหารช้าลง ทำให้การย่อยและการดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น อาหารทดสอบที่มีเซลลูโลสมากเกินไป จะทำให้ธาตุอาหารถูกเจือจางลง ทำให้สัตว์น้ำได้รับธาตุอาหารน้อยลง หรือได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย ซึ่งสัตว์น้ำจะมีการปรับตัวโดยการกินอาหารมากขึ้น เพื่อให้ได้ธาตุอาหารหรือพลังงานมากขึ้นเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อย่างไรก็ตามขนาดของกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำ เป็นตัวกำหนดปริมาณอาหารที่สัตว์น้ำกินเข้าไป ฉะนั้น ถ้าสัตว์น้ำได้รับอาหารที่มีเซลลูโลสมากเกินไป แม้จะสามารถกินอาหารมากขึ้น แต่ปริมาณธาตุอาหารหรือพลังงานที่ได้รับอาจไม่เพียงพอแก่ความต้องการ และมีผลให้การเจริญเติบโตช้าลง อันเนื่องมาจากความจุของกระเพาะอาหารที่มีอยู่จำกัดนั่นเอง (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) ระดับเซลลูโลสที่เหมาะสมแก่การศึกษาความต้องการธาตุอาหารชนิดต่างๆ ของสัตว์น้ำโดยไม่เกิดผลข้างเคียงหรือทำให้การเจริญเติบโตช้าลง หรือประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง จะแตกต่างกันไปดังเช่นผลงานทดลองของ Bromley และ Adkins (1984) ซึ่งทำการผลิตอาหารทดสอบให้มีเซลลูโลสใน

อัตรา 0%, 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% พบว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์จะมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ถ้าได้รับเซลลูโลสไม่เกิน 30% เนื่องจากปลาสามารถปรับตัวโดยการกินอาหารมากขึ้น ส่วนปลาที่ได้รับเซลลูโลส 40% และ 50% แม้พยายามกินอาหารมากขึ้น แต่พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

Anderson และคณะ (1985) ผลิตอาหารทดสอบที่มีเซลลูโลสในอัตรา 10%, 25% และ 40% พบว่า ปลานิลที่ได้รับเซลลูโลส 10% ยังคงมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับเซลลูโลส) แต่ถ้าได้รับเซลลูโลส 25% และ 40% จะมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง

หอยเป๋าฮื้อชนิด *H.asinina* ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ขนาดความยาวเปลือก 10-20 มิลลิเมตร อายุประมาณ 4-6 เดือน

วัตถุดิบเตรียมอาหารทดลอง

โปรตีนถั่วเหลืองป่น จากบริษัท เบสท์ ไซนอปติก (ประเทศไทย) จำกัด

โปรตีนเซลล์เดี่ยว จากบริษัท ไฮเฮลท์โปรดักส์ จำกัด

สาหร่ายเกลียวทอง จากบริษัท เฮลท์ฟู้ด ครีเอชั่น จำกัด

ไคโตซาน (89%DD) จากบริษัท ซีเฟรช จำกัด

สาหร่ายผมนาง จากจังหวัดสงขลา

วิตามินรวม จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด

แร่ธาตุรวม จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด

วิตามินรวม จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด

น้ำมันปลา จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด

เซลลูโลส จากบริษัท ไฮมีเดีย แลปบอราทอรี่ จำกัด

แป้งพรีเจล จากบริษัท กรุงเทพ สตาร์ช จำกัด

โซเดียมอัลจิเนต จากบริษัท ไฮมีเดีย แลปบอราทอรี่ จำกัด

วุ้น จากบริษัท ไฮมีเดีย แลปบอราทอรี่ จำกัด

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากบริษัท ไฮมีเดีย แลปบอราทอรี่ จำกัด

สารเคมี

- สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

กรดซัลฟูริก (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy)	(A.R.)
กรดบอริก (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy)	(A.R.)
เซเลเนียมรีเอเจนท์มิกซ์เจอร์ (Merck, Darmstadt, Germany)	(A.R.)
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy)	(A.R.)

โซเดียมคาร์บอเนต (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

โบรโมครีซอลกรีน (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

ปิโตรเลียมอีเธอร์ (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

เมธทิลเรด (Merck, Darmstadt, Germany) (A.R.)

- สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry method

คอปเปอร์ซัลเฟต (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

โซเดียมคาร์บอเนต (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

โซเดียมโพแทสเซียมทาร์เทต

(APS Ajax Finechem, New South Wales, Australia) (A.R.)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) (A.R.)

โบวิน ซีรัม อัลบูมิน (Fluka, Steinheim, Switzerland) (A.R.)

โฟลีน รีเอเจนต์ (Fluka, Steinheim, Switzerland) (A.R.)

- สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระ

Waters AccQ-Tag eluent A concentrate (gradient mobile phase)

Waters amino acid hydrolysate standard ampoules

60% acetonitrile

Waters AccQ.flour reagent kit ประกอบด้วย

- Waters AccQ. flour borate buffer
- Waters AccQ. flour reagent powder (2A)
- Waters AccQ. flour reagent diluent (2B)

อุปกรณ์

- อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทดลอง

กะละมังพลาสติกสีดำ ความจุ 18 ลิตร

ท่อออกซิเจน

หัวทราย

ลวดตาข่าย

วาล์วปรับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผ่น PVC ขนาด 20 cm x 10 cm (สำหรับทำที่หลบซ่อนของหอย)

ถังไฟเบอร์กลาส ลักษณะก้นแบน ขนาดความจุ 200 ลิตร

ตู้กระจก ขนาด 20 cm x 15 cm x 10 cm

กล่องพลาสติก ขนาด 30 cm x 20 cm x 12 cm

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหารทดลอง

เครื่องบดผสม

ตู้อบ (Tray Dryer)

ตู้แช่แข็ง

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo, AB204)

ถาด

แท่งแก้วคน

บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

กระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร

นาฬิกาจับเวลา

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Gerhardt kjeldtherm digestion unit และ Gerhardt vapodest)

เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter : AC-350 ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo, AB204)

ตู้อบลมร้อน (WTE binder รุ่น E-53)

เตาเผา (Isotherm Muffle Furnace)

กระดาษกรอง Whatmam No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 เซนติเมตร

ถ้วยชั่งอะลูมิเนียม

ครูซิเบิล

เดซิเคเตอร์

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระ

High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ประกอบด้วย

- ระบบฉีดตัวอย่าง (Waters 717plus Autosampler)
- คอลัมน์ Waters AccQ-Tag amino acid analysis column ขนาด 3.9 มิลลิเมตร × 150 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 4 ไมครอน
- เครื่องตรวจวัด (Waters 2487 Dual Absorbance Detector: 254 นาโนเมตร)
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Waters 2414 Refractive Index Detector)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสารเหนียวและสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

3.1.1 ศึกษาชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

แปรชนิดของสารเหนียวที่ใช้เป็น 5 ชนิดคือ โซเดียมอัลจิเนต, agar , pregelatinized starch , CMC และไคโตซาน และแปรระดับสารเหนียวในสารละลายที่ใช้เคลือบเป็น 2 ระดับคือ 2% และ 5 % โดยมีชนิดและปริมาณวัตถุดิบหลักในอาหารทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาสารเหนียวและสารดึงดูดที่เหมาะสม

วัสดุอาหาร	ปริมาณ (กรัม/อาหารทดลง 100 กรัม)
กากถั่วเหลืองป่น	60
แป้งมัน	30
สารดึงดูด	5
วิตามินรวม	0.5
แร่ธาตุรวม	1
วิตามินซี	0.5
น้ำมันพืช	3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมอาหารทดลอง ตามวิธีจากการพัฒนาของกรมประมง (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2546) โดย ระบบทดลอง ใช้ ตู้กระจก สำหรับวาง Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm ซึ่งเป็นภาชนะในการเตรียมอาหารทดลอง สารละลายที่ใช้เคลือบผิวหน้าอาหารทดลองใช้ปริมาณ 10 ml ต่อ Petri dish จากนั้นวาง Petri dish ที่มีอาหารทดลองในตู้กระจก ใส่น้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ให้ท่วม Petri dish (Britz, 1996)

<u>วิธีเตรียมอาหารทดลอง</u>

ชั่งวัสดุอาหารชนิดแห้ง แล้วใส่รวมกันในถุงพลาสติก

↓

เขย่ารวมกันภายในถุงแล้วเทใส่โถอาหารผสม ผสมให้เข้ากันดีอีกเป็นเวลา 5 นาที

↓

ผสมน้ำมันให้เข้ากับวัสดุแห้งที่ผสมเข้ากันดีแล้ว

↓

ชั่งสาหร่ายที่ต้มสุก ตามสัดส่วนที่ต้องใช้ผสมลงในโถผสมและเติมน้ำ 20%ของน้ำหนักวัสดุอาหาร

↓

นำอาหารเปียกมานวดโดยผ่านเครื่องบดเนื้อ 3 ครั้ง

↓

แบ่งอาหารเปียกน้ำหนักประมาณ 200กรัม ลงถาดขนาด 20 cm x 30 cm เกลี่ยให้แบนจนเป็นแผ่นบางขนาด 1 มิลลิเมตร

↓

นำถาดที่มีแผ่นอาหารอยู่ไปอบในเตาอบอาหาร ที่มีลมไหลผ่านและมีความร้อน 55-60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงหรือจนกว่าความชื้นในอาหารต่ำกว่า 10%

↓

เทสารเหนียวที่อยู่ในรูปสารละลายลงในถาดที่มีอาหารทดลองและเกลี่ยให้เคลือบเฉพาะผิวภายนอกอาหารทดลอง และทิ้งไว้ในเตาอบอาหาร ที่มีลมไหลผ่านและมีความร้อน 55-60 องศาเซลเซียสจนอาหารทดลองแห้ง

↓

เก็บอาหารที่แห้งแล้วใส่ถุงพลาสติก และเก็บไว้ในตู้เย็นตลอดเวลา ในระหว่างการทดลอง

เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสมดังนี้

1. คำนวณหาความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตร เมื่อครบ 2 ชั่วโมง จากสูตร

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

2. คำนวณหาปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรต่อเวลาที่ผ่านไปทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง ด้วยวิธี Lowry (Owusu-Apenten, 2002)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดและระดับสารเหนียว วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design ขนาด 5x2 ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1985) เลือกชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสม โดยพิจารณาสมบัติความคงตัวของอาหารที่ดีและปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนน้ำของอาหารได้เร็ว เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.1.2 ศึกษาระดับสารเหนียว (ไคโตซาน) ที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

เตรียมอาหารทดลอง จากการพัฒนาของกรมประมง (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2546) แปรของไคโตซานที่ใช้เป็น 3 ระดับคือ 2%, 1%และ 0.5% โดยมีชนิดและปริมาณวัตถุดิบหลักในอาหารทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1 ระบบทดลอง ใช้วิธีตามข้อ 3.1.1

เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาระดับสารเหนียว (ไคโตซาน) ที่เหมาะสมที่เหมาะสมดังนี้

1. คำนวณหาความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตร เมื่อครบ 2 ชั่วโมง โดย

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

2. คำนวณหาปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรต่อเวลาที่ผ่านไปทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง ด้วยวิธี Lowry (Owusu-Apenten, 2002)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระดับไคโตซานที่ใช้ในการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1985) เลือกระดับสารเหนียว (ไคโตซาน) ที่เหมาะสม โดยพิจารณาสมบัติความคงตัวของอาหารที่ดีและปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนน้ำของอาหารได้เร็ว เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.1.3 ศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

เตรียมอาหารทดลอง จากการพัฒนาของกรมประมง (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2546) แปรชนิดของสารดึงดูด 3 ชนิดซึ่งคือ สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) สาหร่ายผมนาง(*Gracilaria* sp.) และ abalone viscera silage โดยใส่ในปริมาณ 5 %ของน้ำหนักวัสดุรวมที่ใช้ในอาหารทดลอง โดยมีชนิดและปริมาณวัตถุดิบหลักในอาหารทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1 ระบบทดลองสำหรับหาปริมาณอาหารที่หอยกิน ใช้ถังไฟเบอร์กลาส ลักษณะก้นแบน ขนาดความจุ 200 ลิตร จำนวน 30 ใบ บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ใช้ระบบน้ำทะเลเป็นระบบเปิด มีหัวทรายให้อากาศ 1 หัวต่อถังหนึ่งใบ วางระบบทดลองในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการควบคุมแสงและอุณหภูมิ สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 15-20 มิลลิเมตร จำนวน 50 ตัวต่อถังหนึ่งใบ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง และระบบทดลองสำหรับศึกษาจำนวนหอยที่เข้าหาอาหารทดลองแต่ละสูตร ใช้กล่องพลาสติก ขนาด 30 cm x 20 cm x 12 cm แบ่งช่องสำหรับใส่อาหารทดลองเป็น 3 ช่องโดยใช้แผ่นพลาสติกขนาดความ 10 cm x 10 cm ติดกับด้านกว้างด้านหนึ่งของกล่องพลาสติก ใช้ระบบน้ำทะเลเป็นระบบเปิด วางระบบทดลองในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการควบคุมแสงและอุณหภูมิ โดยใช้หอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 15-20 มิลลิเมตร จำนวน 30 ตัวต่อการทดลอง ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง

เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมที่เหมาะสมดังนี้

1. ปริมาณอาหารที่หอยกิน (%) โดยนำอาหารทดลองแต่ละสูตรไปให้หอยที่ใช้ในการทดลองกินเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ปริมาณอาหารที่หอยกิน (%) = น.น แห้งอาหารเริ่มต้น - น.น แห้งอาหารสุดท้าย x 100
น.น แห้งอาหารเริ่มต้น

2. จำนวนหอยที่เข้าหาอาหารทดลองแต่ละสูตร ทุก 30 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดสารดึงดูดที่ใช้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1985) เลือกชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากปริมาณอาหารที่หอยกินและจำนวนหอยที่เข้าหาอาหาร เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.2 ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

จากการทดลอง 3.1 เลือกสารเหนียวและสารดึงดูดที่เหมาะสม มาใช้เป็นสารเหนียวและสารดึงดูดในการทดลองนี้ เตรียมอาหารทดลอง จากการพัฒนาของกรมประมง (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2546) โดยแปรอัตราส่วนแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารทดลองดังนี้ โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว , 4:0 3:1 2:2 1:3 และ 0:4 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมทั้ง 5 สูตร

วัสดุอาหาร	สูตรอาหารทดลอง (กรัม/ อาหาร 100 กรัม)				
	a	b	c	d	e
กากถั่วเหลืองป่น	60	45	30	15	-
โปรตีนเซลล์เดี่ยว	-	15	30	45	60
แป้งมัน	30	30	30	30	30
สาหร่ายเกลียวทอง	5	5	5	5	5
วิตามินรวม	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
แร่ธาตุรวม	1	1	1	1	1
วิตามินซี	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันปลา	3	3	3	3	3

ระบบทดลอง ใช้กะละมังพลาสติก ขนาดความจุ 18 ลิตร จำนวน 15 ใบ บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ใช้ระบบน้ำทะเลเป็นระบบเปิด มีหัวทรายให้อากาศ 1 หัวต่อถังหนึ่งใบ วางระบบทดลองในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการควบคุมแสงและอุณหภูมิ สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 10 มิลลิเมตร จำนวน 50 ตัวต่อถังหนึ่งใบ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง โดยให้อาหารเวลา 18.00น.ของแต่ละวันและทำความสะอาดหน่วยทดลองเวลา 10.00น.ของแต่ละวัน เก็บข้อมูลด้านการเติบโต ทุก 4 สัปดาห์ รวมระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 24 สัปดาห์ โดยศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้เครื่องชั่งอิเลคทรอนิก ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2. คำนวณหา specific growth rate ; SGR % ต่อวัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

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

3. วัดความกว้างและความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้เวอร์เนีย ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4. นับจำนวนหอยเป๋าฮื้อและคำนวณอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ

5. คำนวณอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ: Condition Index (Jackson, Williams and Degnan , 2001)

6. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus ที่กินอาหารสำเร็จ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำหอยเป๋าฮื้อในแต่ละชุดการทดลองใส่ในถุงพลาสติกและแช่ในตู้แช่แข็งทันทีเพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อหอยเป๋าฮื้อก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ (Proximate analysis) เปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อหอยที่เกิดจากการกินอาหารต่างชนิดกัน

วิเคราะห์องค์ประกอบ (Proximate analysis) ดังนี้

- หาปริมาณความชื้น (AOAC,1995)
- หาปริมาณโปรตีน (AOAC,1995)
- หาปริมาณไขมัน (AOAC,1995)
- หาปริมาณเส้นใย (AOAC,1995)
- หาปริมาณเถ้า (AOAC,1995)
- หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC,1995)

7. วิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารสำเร็จแต่ละสูตร ดังนี้
- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC,1995)
- ระดับพลังงาน โดยใช้เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter : AC-350
- อัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน (E/P ratio)

8. วิเคราะห์กรดอะมิโนของอาหารสำเร็จแต่ละสูตร โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

เปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนผสมโปรตีนในอาหารสำเร็จ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1985) เลือกส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลการเจริญเติบโต เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.3 ศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

จากผลการทดลอง 3.2 เลือกส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในการผลิตอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อโดยพิจารณาจากผลการเจริญเติบโตมาใช้ในการทดลองนี้ เตรียมอาหารทดลอง จากวิธีการพัฒนาของกรมประมง (มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ, 2546) โดยแปรระดับโปรตีนจากการคำนวณ ในอาหารทดลองดังนี้ 25% 35%และ 45% และแปรระดับพลังงาน จากปริมาณแหล่งคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณในอาหารทดลองดังนี้ 13% 23% และ 33% และเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จสำหรับใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ซึ่งใช้เป็นสูตรควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.3 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบในอาหารทดลองที่ใช้ศึกษาอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน ทั้ง 9 สูตร

วัสดุอาหาร	สูตรอาหารทดลอง (กรัม/ อาหาร 100 กรัม)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
กากถั่วเหลืองป่น	60	46.08	31.57	60	46.08	31.57	60	46.08	31.57
เซลลูโลส	-	12.31	24.17	12.68	24.07	35.94	24.45	35.84	47.7
แป้งมัน	30	31.61	34.26	17.32	19.85	22.49	5.55	8.08	10.73
สาหร่ายเกลียวทอง	5	5	5	5	5	5	5	5	5
วิตามินรวม	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
แร่ธาตุรวม	1	1	1	1	1	1	1	1	1
วิตามินซี	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันปลา	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ตาราง 3.4 องค์ประกอบอาหารสำเร็จสำหรับใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ซึ่งใช้เป็นสูตรควบคุม (สูตรที่10) ในการศึกษาอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัมต่อกิโลกรัมอาหารทดลอง)
ปลาป่น	170
กากถั่วเหลือง	418.33
ข้าวโพด	209.17
แป้งมัน	110
สาหร่าย	50
วิตามินรวม	5
เกลือแร่	5
วิตามินซี	5
วุ้น	2.5
น้ำมันปลา	10

ระบบทดลอง ใช้กะละมังพลาสติก ขนาดความจุ 18 ลิตร จำนวน 30 ใบ บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ใช้ระบบน้ำทะเลเป็นระบบเปิด มีหัวทรายให้อากาศ 1 หัวต่อถังหนึ่งใบ วางระบบทดลองในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการควบคุมแสงและอุณหภูมิ สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 10 มิลลิเมตร จำนวน 50 ตัวต่อถังหนึ่งใบ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง โดยให้อาหารเวลา 18.00น.ของแต่ละวันและทำความสะอาดหน่วยทดลองเวลา 10.00น.ของแต่ละวัน เก็บข้อมูลด้านการเติบโต ทุก 4 สัปดาห์ รวมระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 24 สัปดาห์ ศึกษาข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีวิธีตามข้อ 3.2

เปรียบเทียบความแตกต่างอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานที่ใช้ วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Design ขนาด 3x3 ทดลอง 3 ซ้ำ และมีการทดลองเปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1985)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาสารเหนียวและสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H .asinina* Linnaeus

4.1.1 ศึกษาชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H .asinina* Linnaeus

จากการหาความคงตัวของอาหารสำเร็จ เมื่อครบ 2 ชั่วโมงและปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรเมื่อเวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ใช้ agar , pregelatinized starch , CMC ,sodium alginate และ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2% และ 5% เมื่อครบ 2 ชั่วโมง

ชนิดสารเหนียว	ระดับสารเหนียว (%)	ความคงตัวของอาหาร (%)
agar	2	64.43^{f}±0.45
	5	72.07^{d}±0.05
pregelatinized starch	2	61.77^{g}±0.92
	5	74.03^{c}±0.88
CMC	2	85.65^{a}±0.07
	5	85.95^{a}±0.63
sodium alginate	2	68.27^{e}±1.21
	5	76.27^{b}±0.22
chitosan	2	86.58^{a}±0.25
	5	87.10^{a}±0.21

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial ขนาด 5x2 พบว่า ชนิดสารเหนียว ระดับสารเหนียว และอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเหนียวและระดับสารเหนียว มีผลต่อความคงตัวของอาหารที่เวลา 2 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไคโตซานที่ระดับ 2% มีความคงตัวของอาหารที่ดี และปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาได้เร็วกว่าชนิดและระดับสารเหนียวอื่นๆ

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำของอาหารสำเร็จที่ใช้ agar , pregelatinized starch , CMC ,sodium alginate และ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2% และ 5% เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที

ชนิดสารเหนียว	ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำ(ไมโครกรัม)			
	30นาที	60นาที	90นาที	120นาที
agar 2%	9.05^{b}±0.50	10.45^{d}±0.21	17.50^{b}±0.14	27.85^{b}±0.50
agar 5%	0.00^{e}±0.00	5.70^{g}±0.14	13.50^{cd}±0.14	17.35^{d}±0.35
pregelatinized starch 2%	7.05^{d}±0.21	15.55^{a}±0.21	22.65^{a}±0.07	31.05^{a}±0.78
pregelatinized starch 5%	0.00^{e}±0.00	6.45^{f}±0.07	16.95^{b}±0.63	20.60^{c}±0.14
CMC 2%	0.00^{e}±0.00	8.35^{e}±0.35	12.65^{d}±0.35	17.30^{d}±0.28
CMC 5%	0.00^{e}±0.00	0.00^{i}±0.00	7.35^{e}±0.35	15.55^{e}±0.21
sodium alginate 2%	10.00^{a}±0.28	13.70^{b}±0.28	17.05^{b}±0.50	24.95^{e}±0.50
sodium alginate 5%	0.00^{e}±0.00	6.65^{f}±0.07	13.50^{cd}±0.57	17.20^{d}±0.42
chitosan 2%	7.50^{c}±0.00	11.35^{c}±0.35	14.30^{c}±0.57	17.60^{d}±0.42
chitosan 5%	0.00^{e}±0.00	4.40^{h}±0.28	7.80^{e}±0.42	15.10^{e}±0.42

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial ขนาด 5x2 พบว่า ชนิดสารเหนียว ระดับสารเหนียว และอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเหนียวและระดับสารเหนียว มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำที่เวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ศึกษาระดับสารเหนียว (ไคโตซาน) ที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H .asinina* Linnaeus

จากการหาความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรเมื่อครบ 2 ชั่วโมงและปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรเมื่อเวลาที่ผ่าน 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ความคงตัวของอาหารสำเร็จเมื่อใช้ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2%, 1%, และ 0.5% เมื่อครบ 2 ชั่วโมง

ระดับ chitosan	%ความคงตัวอาหาร
2%	86.35^{a}±0.31
1%	85.99^{a}±0.09
0.5%	80.02^{b}±0.44

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

จากการหาความคงตัวของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรที่เวลาครบ 2 ชั่วโมง เมื่อใช้ระดับไคโต-ซาน 3 ระดับคือ 2%, 1%, และ 0.5% พบว่าระดับไคโตซานทั้ง 2 ระดับคือ 2% และ 1% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับระดับไคโตซาน 0.5% แต่ระดับไคโตซาน 2% และ 1% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำของอาหารสำเร็จที่ใช้ chitosan เป็นสารเหนียวที่ระดับ 2%, 1%, และ0.5% เมื่อเวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที

ระดับ chitosan	ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำ(ไมโครกรัม)			
	30นาที^{ns}	60นาที	90นาที	120นาที
2%	7.30±0.10	10.50^{b}±0.10	14.50^{c}±0.26	17.20^{b}±0.20
1%	7.40±0.20	10.60^{b}±0.00	15.20^{b}±0.10	17.40^{b}±0.10
0.5%	7.50±0.10	10.90^{a}±0.10	16.80^{a}±0.30	19.10^{a}±0.20

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

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการหาปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ระดับไคโตซาน 3 ระดับคือ 2%, 1%, และ 0.5% พบว่าที่เวลา 30 นาทีระดับไคโตซานทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนที่เวลา 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที ระดับไคโตซาน 0.5% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับระดับไคโตซาน 2% และ 1% แต่ระดับไคโตซาน 2% และ 1% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 ศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* Linnaeus

จากการหาปริมาณอาหารที่หอยกินเมื่อให้อาหารไปแล้ว 2 ชั่วโมง และจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้าหาอาหารทดลองแต่ละสูตรเมื่อเวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ปริมาณอาหารที่หอยกินใน 2 ชั่วโมง เมื่อใช้สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.), สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.), Abalone Viscera Silage เป็นสารดึงดูด

ชนิดสารดึงดูด	ปริมาณอาหารที่หอยกิน^{ns} (%)
สาหร่ายเกลียวทอง	26.01±0.61
สาหร่ายผมนาง	25.41±0.75
Abalone Viscera Silage	25.54±0.56

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการหาปริมาณอาหารที่หอยกินที่เวลา 2 ชั่วโมง เมื่อใช้ชนิดสารดึงดูด 3 ชนิดคือ สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.), สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.), Abalone Viscera Silage พบว่าสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.6 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เข้าหาอาหารทดลอง จากจำนวนหอย 30 ตัวเมื่อใช้สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.), สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.), Abalone Viscera Silage เป็นสารดึงดูด ที่เวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที

ชนิดสารดึงดูด	จำนวนหอยที่เข้าหาอาหาร (ตัว)			
	30 นาที^{ns}	60 นาที^{ns}	90 นาที^{ns}	120 นาที^{ns}
สาหร่ายเกลียวทอง	2.00 ± 1.00	6.00 ± 1.00	7.33 ± 0.58	7.33 ± 0.58
สาหร่ายผมนาง	2.00 ± 1.00	6.00 ± 1.00	7.00 ± 1.00	7.33 ± 0.58
Abalone Viscera Silage	2.33 ± 0.58	6.33 ± 0.58	7.00 ± 1.00	7.00 ± 1.00

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการหาจำนวนหอยที่เข้าหาอาหารจากจำนวนหอยทั้งหมด 30 ตัว ที่เวลา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที, และ 120 นาที เมื่อใช้สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.), สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.), Abalone Viscera Silage พบว่าสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2 ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

จากการหาน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ความกว้างและความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อและอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ ทุก4สัปดาห์ตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณกรดอะมิโนของอาหารทดลอง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7 ถึง 4.16

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (กรัม)						
ทดลอง	0[ns]	4	8	12	16	20	24
สูตร a	0.15±0.01	0.56[a]±0.01	1.53[a]±0.04	3.26[a]±0.04	5.01[a]±0.09	6.21[a]±0.06	7.32[a]±0.22
สูตร b	0.16±0.01	0.52[b]±0.01	1.27[b]±0.04	3.04[b]±0.03	4.69[b]±0.13	5.59[b]±0.22	6.29[b]±0.22
สูตร c	0.15±0.01	0.52[b]±0.01	1.21[c]±0.01	2.89[c]±0.06	4.50[c]±0.11	5.49[b]±0.08	6.05[c]±0.14
สูตร d	0.16±0.01	0.47[c]±0.01	1.06[d]±0.03	1.54[d]±0.05	2.13[d]±0.02	2.80[c]±0.05	3.34[d]±0.09
สูตร e	0.15±0.01	0.44[c]±0.02	0.85[e]±0.03	1.40[e]±0.02	2.05[d]±0.04	2.53[d]±0.07	3.11[d]±0.05

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

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อเริ่มการทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่สัปดาห์ที่ 24 โดยอาหารทดลองสูตร a (โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว เป็น 4 : 0) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.32 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอาหารทดลองสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 4.8 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (%ต่อวัน)						
	0-4	5-8	9-12	13-16	17-20	21-24	0-24
สูตร a	$4.30^{a}\pm0.23$	$3.37^{a}\pm0.06$	$3.02^{a}\pm0.05$	$1.25^{a}\pm0.02$	$0.93^{a}\pm0.04$	$0.72^{a}\pm0.05$	$2.17^{a}\pm0.03$
สูตร b	$3.87^{bc}\pm0.14$	$2.97^{b}\pm0.12$	$3.06^{a}\pm0.02$	$1.23^{a}\pm0.09$	$0.76^{bc}\pm0.12$	$0.65^{ab}\pm0.09$	$2.04^{b}\pm0.03$
สูตร c	$4.03^{ab}\pm0.18$	$2.90^{b}\pm0.04$	$3.14^{a}\pm0.05$	$1.23^{a}\pm0.00$	$0.84^{bc}\pm0.09$	$0.52^{b}\pm0.02$	$2.06^{b}\pm0.04$
สูตร d	$3.51^{c}\pm0.05$	$2.72^{b}\pm0.07$	$1.22^{c}\pm0.20$	$1.10^{b}\pm0.09$	$0.91^{a}\pm0.03$	$0.59^{ab}\pm0.13$	$1.68^{c}\pm0.02$
สูตร e	$3.51^{c}\pm0.28$	$2.20^{c}\pm0.15$	$1.66^{b}\pm0.08$	$1.21^{b}\pm0.18$	$0.70^{c}\pm0.17$	$0.69^{a}\pm0.11$	$1.67^{c}\pm0.01$

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

จากตารางที่ 4.8 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อในช่วงเวลาแต่ละเดือน อาหารทดลองสูตร a (โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว เป็น 4 : 0) มีค่าสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อในช่วง 0-24 สัปดาห์ อาหารทดลองสูตร a มีค่าเท่ากับ 2.17% ต่อวัน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอาหารทดลองสูตรอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (มิลลิเมตร)						
	0	4	8	12	16	20	24
สูตร a	5.03^{a}±0.03	8.88^{a}±0.07	11.27^{a}±0.03	13.30^{a}±0.05	15.28^{a}±0.05	17.09^{a}±0.07	18.06^{a}±0.07
สูตร b	4.93^{b}±0.06	8.26^{b}±0.03	10.78^{cd}±0.05	12.18^{b}±0.07	13.64^{b}±0.03	14.77^{b}±0.14	15.63^{b}±0.04
สูตร c	5.00^{ab}±0.06	8.26^{b}±0.02	10.76^{d}±0.01	12.13^{b}±0.02	13.30^{c}±0.06	14.70^{b}±0.02	15.18^{c}±0.05
สูตร d	4.93^{b}±0.06	8.15^{c}±0.02	11.00^{b}±0.08	11.52^{c}±0.05	12.15^{d}±0.06	12.93^{c}±0.03	13.69^{d}±0.05
สูตร e	4.97^{ab}±0.06	8.15^{c}±0.02	10.86^{c}±0.04	11.37^{d}±0.08	11.91^{e}±0.02	12.51^{d}±0.04	13.27^{e}±0.07

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

จากตารางที่ 4.9 พบว่าความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อในช่วงเวลาแต่ละเดือน อาหารทดลองสูตร a (โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว เป็น 4 : 0) มีค่าสูงสุด โดยความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลองสัปดาห์ที่ 24 สำหรับอาหารทดลองสูตร a มีค่าเท่ากับ 18.06 มิลลิเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอาหารทดลองสูตรอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (มิลลิเมตร)						
ทดลอง	0[ns]	4	8	12	16	20	24
สูตร a	10.05±0.09	16.90[a]±0.04	23.29[a]±0.10	26.24[a]±0.10	30.47[a]±0.10	34.90[a]±0.05	36.46[a]±0.06
สูตร b	9.97±0.06	15.78[b]±0.06	21.56[b]±0.07	24.56[b]±0.13	27.65[b]±0.06	30.11[b]±0.09	31.20[b]±0.09
สูตร c	10.00±0.05	15.73[b]±0.02	19.38[c]±0.02	23.20[c]±0.03	26.44[c]±0.04	29.34[c]±0.04	30.43[c]±0.02
สูตร d	9.97±0.06	15.49[c]±0.06	18.93[d]±0.07	21.55[d]±0.05	23.52[d]±0.07	25.46[d]±0.06	26.36[d]±0.06
สูตร e	10.00±0.10	15.36[d]±0.05	18.66[e]±0.04	20.61[e]±0.05	21.70[e]±0.06	23.31[e]±0.05	24.25[e]±0.01

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

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อในช่วงเวลาแต่ละเดือน อาหารทดลองสูตร a (โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว เป็น 4 : 0) มีค่าสูงสุด โดยความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลองสัปดาห์ที่ 24 อาหารทดลองสูตร a มีค่าเท่ากับ 36.46 มิลลิเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอาหารทดลองสูตรอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (ตัว)						
ทดลอง	0^{ns}	4^{ns}	8^{ns}	12^{ns}	16^{ns}	20^{ns}	24^{ns}
สูตร a	50.00±0.00	48.33±0.58	47.67±0.58	44.33±1.15	41.00±1.00	38.67±1.53	36.00±1.00
สูตร b	50.00±0.00	48.33±0.58	46.00±1.00	44.00±1.00	42.33±1.53	40.33±1.53	36.33±1.53
สูตร c	50.00±0.00	48.67±1.15	47.50±2.12	45.00±1.00	42.00±1.41	40.00±1.41	36.50±0.71
สูตร d	50.00±0.00	48.67±1.53	47.33±1.53	44.00±1.00	42.00±1.00	39.33±0.58	36.33±2.08
สูตร e	50.00±0.00	48.33±0.58	46.67±1.15	44.00±1.00	41.67±3.06	38.33±3.21	35.67±3.79

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.12 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (%)						
ทดลอง	0^{ns}	4^{ns}	8^{ns}	12^{ns}	16^{ns}	20^{ns}	24^{ns}
สูตร a	100.00±0.00	96.67±1.15	95.33±1.15	88.67±2.31	82.00±2.00	77.33±3.06	72.00±2.00
สูตร b	100.00±0.00	96.67±1.15	92.00±2.00	88.00±2.00	84.67±3.06	80.67±3.06	72.67±3.06
สูตร c	100.00±0.00	97.33±2.31	95.00±4.24	90.00±2.00	84.00±2.83	80.00±2.83	73.00±1.41
สูตร d	100.00±0.00	97.33±3.06	94.67±3.06	88.00±2.00	84.00±2.00	78.67±1.15	72.67±4.16
สูตร e	100.00±0.00	96.67±1.15	93.33±2.31	88.00±2.00	83.33±6.11	76.67±6.43	71.33±7.57

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในช่วงเวลาแต่ละเดือน โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้ออยู่ในช่วง 71.33 – 73.00%

ตารางที่ 4.13 อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	Condition Index
สูตร a	$83.77^{a} \pm 0.05$
สูตร b	$82.50^{b} \pm 0.09$
สูตร c	$82.47^{b} \pm 0.06$
สูตร d	$81.83^{c} \pm 0.09$
สูตร e	$81.81^{c} \pm 0.09$

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

จากตารางที่ 4.14 พบว่าอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) เมื่อสิ้นสุดการทดลองสัปดาห์ที่ 24 อาหารทดลองสูตร a (โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว เป็น 4 : 0) มีค่าสูงสุดคือ 83.77 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอาหารทดลองสูตรอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ 5 สูตร (%)					
	ความชื้น[ns]	โปรตีน[ns]	ไขมัน[ns]	คาร์โบไฮเดรต[ns]	เส้นใย[ns]	เถ้า[ns]
สูตร a	80.03±0.20	15.35±0.10	0.40±0.05	2.83±0.06	0.16±0.07	1.23±0.03
สูตร b	80.11±0.09	15.29±0.05	0.34±0.10	2.80±0.10	0.21±0.05	1.24±0.06
สูตร c	80.13±0.01	15.30±0.17	0.41±0.03	2.76±0.18	0.13±0.01	1.28±0.02
สูตร d	80.04±0.17	15.33±0.30	0.36±0.06	2.85±0.28	0.20±0.08	1.21±0.07
สูตร e	80.08±0.11	15.28±0.14	0.39±0.06	2.82±0.09	0.18±0.04	1.25±0.04

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ 5 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมี ระดับพลังงาน และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนในอาหารสำเร็จ 5 สูตร

องค์ประกอบ	สูตรอาหารทดลอง				
	a	b	c	d	e
โปรตีน %	45.20	41.75	39.01	36.08	33.25
ไขมัน%	3.72	3.74	3.81	3.78	3.80
คาร์โบไฮเดรต %	32.78	35.92	38.70	41.66	44.27
เส้นใย %	4.60	4.30	4.30	4.21	4.20
พลังงาน (kcal/100 กรัม)	345.40	344.34	345.13	344.98	344.28
E/P ratio	7.67	8.26	8.85	9.56	10.37

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์กรดอะมิโนในอาหารสำเร็จ 5 สูตรที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนในอาหารสำเร็จ 5 สูตร (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)				
	สูตร a	สูตร b	สูตร c	สูตร d	สูตร e
Aspartic acid	8.11	7.25	6.18	4.25	3.43
Serine	3.38	2.74	2.34	2.02	1.97
Glutamic acid	13.55	10.75	8.56	6.54	5.53
Glycine	2.75	2.54	2.41	2.20	2.07
Histidine	1.71	1.47	1.04	0.86	0.68
Arginine	5.24	4.25	3.20	2.53	2.14
Threonine	2.58	2.47	2.28	2.14	1.95
Alanine	3.02	2.91	2.85	2.69	2.51
Proline	3.45	3.14	2.58	1.95	1.56
Tyrosine	2.36	2.15	2.01	1.89	1.78
Valine	3.42	3.35	2.84	2.45	2.15
Methionine	0.85	0.74	0.76	0.62	0.56
Lysine	4.49	4.15	3.78	3.54	3.38
Isoleucine	2.89	2.87	2.56	2.31	2.06
Leucine	5.45	5.09	4.24	3.45	3.11
Phenylalanine	3.45	2.78	2.23	2.04	1.78

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทดลองแต่ละสูตรพบว่า อาหารทดลองสูตร a (โปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว เป็น 4 : 0) มีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นๆเป็นส่วนใหญ่ตามชนิดกรดอะมิโน โดยมีแนวโน้มปริมาณกรดอะมิโนต่ำลงเมื่ออัตราส่วนโปรตีนถั่วเหลืองต่ำลง

4.3 **ศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ** *H . asinina* Linnaeus

จากการหาน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ความกว้างและความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อและอัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ ทุก4สัปดาห์ตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.17 ถึง 4.25

ตารางที่ 4.17 น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (กรัม)						
ทดลอง	0^{ns}	4	8	12	16	20	24
สูตรที่ 1	0.12±0.01	0.41^{d}±0.03	1.31^{b}±0.03	3.16^{h}±0.02	3.98^{e}±0.02	4.57^{g}±0.01	5.55^{f}±0.02
สูตรที่ 2	0.12±0.01	0.42^{cd}±0.03	1.32^{b}±0.03	3.24^{f}±0.01	4.04^{d}±0.01	4.60^{f} ± 0.01	5.71^{e}±0.02
สูตรที่ 3	0.12±0.01	0.43^{bcd}±0.02	1.35^{b}±0.02	3.28^{de}±0.03	4.06^{d}±0.03	4.65^{de}±0.01	5.86^{d}±0.03
สูตรที่ 4	0.12±0.01	0.41^{cd}±0.03	1.31^{b}±0.03	3.24^{fg}±0.01	4.04^{d}±0.01	4.62^{ef}±0.02	5.70^{e}±0.01
สูตรที่ 5	0.11±0.01	0.43^{bcd}±0.02	1.34^{b}±0.03	3.27^{ef} ±0.03	4.05^{d}±0.01	4.65^{de}±0.01	5.85^{d}±0.02
สูตรที่ 6	0.11±0.01	0.47^{abc}±0.01	1.43^{a}±0.03	3.44^{b} ±0.01	4.15^{b}±0.02	4.72^{b}±0.03	5.95^{c}±0.02
สูตรที่ 7	0.12±0.01	0.43^{bcd}±0.03	1.36^{b}±0.03	3.30^{d} ±0.01	4.10^{c}±0.04	4.66^{d}±0.01	5.95^{c}±0.01
สูตรที่ 8	0.11±0.01	0.47^{ab}±0.02	1.44^{a}±0.02	3.38^{c} ±0.02	4.11^{c}±0.01	4.70^{bc}±0.01	5.94^{c}±0.01
สูตรที่ 9	0.11±0.01	0.48^{a} ± 0.02	1.45^{a}±0.02	3.62^{a} ±0.02	4.21^{a}±0.01	4.78^{a} ±0.03	6.28^{a}±0.02
สูตรที่10	0.11±0.01	0.43^{bcd}±0.01	1.41^{a}±0.03	3.38^{c} ±0.03	4.11^{c}±0.01	4.68^{cd}±0.03	6.25^{b}±0.03

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

จากตารางที่ 4.17 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่าระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (%ต่อวัน)						
	0-4	5-8^{ns}	9-12	13-16	17-20	21-24	0-24
สูตรที่ 1	4.27^{d}±0.26	3.90±0.13	2.93^{bc}±0.07	0.77^{a}±0.27	0.40^{c}±0.21	0.63^{f}±0.24	2.13^{d}±0.07
สูตรที่ 2	4.27^{d}±0.38	3.83±0.14	2.99^{ab}±0.07	0.73^{b}±0.18	0.43^{b}±0.11	0.70^{e}±0.17	2.14^{d}±0.02
สูตรที่ 3	4.35^{cd}±0.16	3.83±0.14	2.94^{abc}±0.02	0.70^{bc}±0.10	0.47^{a}±0.14	0.77^{cd}±0.17	2.16^{cd}±0.01
สูตรที่ 4	4.28^{d}±0.30	3.71±0.08	3.01^{ab}±0.05	0.73^{b}±0.17	0.43^{b}±0.19	0.70^{e}±0.09	2.14^{d}±0.04
สูตรที่ 5	4.43^{bcd}±0.12	3.80±0.03	2.99^{ab}±0.07	0.73^{b}±0.14	0.47^{a}±0.19	0.73^{d}±0.17	2.16^{cd}±0.05
สูตรที่ 6	4.78^{ab}±0.27	3.72±0.09	2.94^{bc}±0.06	0.60^{d}±0.14	0.43^{b}±0.07	0.77^{cd}±0.07	2.22^{bc}±0.04
สูตรที่ 7	4.37^{bcd}±0.09	3.82±0.22	2.96^{ab}±0.05	0.73^{b}±0.20	0.43^{b}±0.06	0.80^{c}±0.17	2.17^{c}±0.07
สูตรที่ 8	4.72^{abc}±0.10	3.67±0.09	2.85^{c}±0.04	0.63^{cd}±0.14	0.47^{a}±0.04	0.77^{cd}±0.09	2.22^{bc}±0.06
สูตรที่ 9	5.02^{a} ± 0.23	3.69±0.19	3.04^{a}±0.02	0.70^{c}±0.22	0.47^{a}±0.14	0.93^{b}±0.14	2.28^{a}±0.03
สูตรที่10	4.60^{bcd}±0.12	3.82±0.02	2.92^{bc}±0.07	0.63^{d}±0.09	0.43^{b}±0.11	0.97^{a}±0.07	2.24^{ab}±0.07

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

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.18 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่า ระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีน และระดับพลังงานมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (มิลลิเมตร)						
ทดลอง	0[ns]	4	8	12	16	20	24
สูตรที่ 1	4.82±0.03	8.70[e]±0.02	10.87[f]±0.03	12.54[d]±0.03	14.40[g]±0.01	15.03[e]±0.01	16.06[e]±0.02
สูตรที่ 2	4.84±0.02	8.74[de]±0.02	10.89[f]±0.01	12.59[d]±0.03	14.41[g]±0.01	15.06[cd]±0.01	16.10[d]±0.02
สูตรที่ 3	4.85±0.00	8.75[de]±0.01	10.95[e]±0.01	12.67[c]±0.02	14.47[e]±0.01	15.06[cd]±0.00	16.10[d]±0.01
สูตรที่ 4	4.83±0.03	8.71[e]±0.02	10.88[f]±0.03	12.58[d]±0.03	14.41[g]±0.02	15.07[cd]±0.02	16.13[c]±0.02
สูตรที่ 5	4.83±0.03	8.79[cd]±0.03	10.95[e]±0.03	12.68[c]±0.04	14.45[f]±0.01	15.06[cd]±0.03	16.12[c]±0.03
สูตรที่ 6	4.85±0.02	9.01[ab]±0.04	11.47[b]±0.02	13.44[a]±0.02	14.60[c]±0.01	15.12[b]±0.01	16.15[b]±0.01
สูตรที่ 7	4.83±0.03	8.77[cd]±0.03	11.08[c]±0.01	12.68[d]±0.02	14.40[g]±0.01	15.04[de]±0.01	16.13[c]±0.01
สูตรที่ 8	4.86±0.01	8.97[b]±0.05	11.52[a]±0.02	13.43[a]±0.02	14.64[b]±0.01	15.12[b]±0.01	16.15[b]±0.02
สูตรที่ 9	4.85±0.02	9.03[a]±0.04	11.51[ab]±0.04	13.46[a]±0.01	14.66[a]±0.01	15.17[a]±0.01	16.19[a]±0.02
สูตรที่10	4.85±0.00	8.81[c]±0.02	11.01[d]±0.04	12.82[b]±0.02	14.50[d]±0.01	15.08[c]±0.02	16.16[b]±0.03

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

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.19 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่าระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีผลต่อความกว้างเปลือกหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (มิลลิเมตร)						
ทดลอง	0[ns]	4	8	12	16	20	24
สูตรที่ 1	9.96±0.02	16.67[e]±0.03	23.19[d]±0.04	24.76[h]±0.02	28.15[h]±0.01	30.08[f]±0.02	32.83[g]±0.03
สูตรที่ 2	9.96±0.01	16.72[d]±0.02	23.25[bc]±0.02	24.85[fg]±0.04	28.15[h]±0.00	30.11[e]±0.01	32.91[e]±0.01
สูตรที่ 3	9.96±0.02	16.76[cd]±0.02	23.25[bc]±0.01	24.90[ef]±0.04	28.20[f]±0.01	30.11[e]±0.01	32.92[e]±0.01
สูตรที่ 4	9.96±0.03	16.72[d]±0.03	23.22[cd]±0.02	24.80[gh]±0.08	28.17[g]±0.02	30.08[f]±0.01	32.86[f]±0.02
สูตรที่ 5	9.95±0.01	16.77[c]±0.03	23.25[bc]±0.02	24.93[de]±0.06	28.20[f]±0.01	30.15[d]±0.02	32.98[d]±0.02
สูตรที่ 6	9.95±0.01	16.85[b]±0.02	23.28[b]±0.02	26.86[b]±0.02	28.89[b]±0.02	30.41[b]±0.01	33.15[b]±0.01
สูตรที่ 7	9.95±0.01	16.76[cd]±0.03	23.26[bc]±0.01	24.99[d]±0.02	28.24[e]±0.01	30.17[d]±0.01	33.01[d]±0.02
สูตรที่ 8	9.96±0.01	16.87[b]±0.02	23.28[b]±0.02	26.87[b]±0.03	28.86[c]±0.01	30.41[b]±0.01	33.15[b]±0.02
สูตรที่ 9	9.96±0.01	17.01[a]±0.03	23.45[a]±0.02	27.07[a]±0.02	28.98[a]±0.01	30.43[a]±0.01	33.18[a]±0.02
สูตรที่10	9.96±0.01	16.80[c]±0.04	23.27[b]±0.02	25.83[c]±0.04	28.75[d]±0.01	30.30[c]±0.01	33.18[a]±0.01

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

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.20 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่าระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีผลต่อความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (ตัว)						
ทดลอง	0^{ns}	4^{ns}	8^{ns}	12^{ns}	16^{ns}	20^{ns}	24^{ns}
สูตรที่ 1	50.00±0.00	46.67±0.58	44.67±0.58	41.67±0.58	38.67±0.58	35.67±0.58	35.00±1.00
สูตรที่ 2	50.00±0.00	46.33±1.15	45.33±0.58	42.67±0.58	39.67±0.58	35.67±0.58	34.67±0.58
สูตรที่ 3	50.00±0.00	47.00±1.00	45.67±1.15	42.00±1.00	39.67±0.58	36.33±0.58	34.67±0.58
สูตรที่ 4	50.00±0.00	46.33±0.58	44.67±0.58	42.00±1.00	39.33±0.58	36.00±0.00	35.33±0.58
สูตรที่ 5	50.00±0.00	47.00±1.00	45.33±0.58	43.00±1.00	38.67±0.58	36.33±0.58	35.33±1.15
สูตรที่ 6	50.00±0.00	47.00±1.00	45.67±0.58	43.00±1.00	38.67±0.58	36.33±0.58	35.33±0.58
สูตรที่ 7	50.00±0.00	46.67±0.58	45.67±0.58	42.67±1.53	38.67±0.58	36.00±0.00	35.00±1.00
สูตรที่ 8	50.00±0.00	46.33±1.15	44.67±0.58	43.00±1.00	39.67±0.00	36.33±0.58	34.67±0.58
สูตรที่ 9	50.00±0.00	45.50±0.58	45.33±0.58	42.67±0.58	39.67±1.15	35.67±0.58	34.67±0.58
สูตรที่10	50.00±0.00	47.33±0.58	45.67±0.58	42.67±0.58	39.67±0.58	36.00±1.00	35.00±1.00

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.22 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหาร	อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อที่สัปดาห์ต่างๆ (%)						
ทดลอง	0^{ns}	4^{ns}	8^{ns}	12^{ns}	16^{ns}	20^{ns}	24^{ns}
สูตรที่ 1	100.00±0.00	94.67±1.15	89.33±1.15	83.33±1.15	77.33±1.15	71.33±1.15	70.00±2.00
สูตรที่ 2	100.00±0.00	92.67±2.31	90.67±1.15	85.33±1.15	79.33±1.15	71.33±1.15	69.33±1.15
สูตรที่ 3	100.00±0.00	94.00±2.00	91.33±2.31	84.00±2.00	79.33±1.15	72.67±1.15	69.33±1.15
สูตรที่ 4	100.00±0.00	92.67±1.15	89.33±1.15	84.00±2.00	78.67±1.15	72.00±0.00	70.67±1.15
สูตรที่ 5	100.00±0.00	94.00±2.00	90.67±1.15	86.00±2.00	77.33±1.15	72.67±1.15	70.67±2.31
สูตรที่ 6	100.00±0.00	94.00±2.00	91.33±1.15	86.00±2.00	77.33±1.15	72.67±1.15	70.67±1.15
สูตรที่ 7	100.00±0.00	93.33±1.15	91.33±1.15	85.33±3.06	77.33±1.15	72.00±0.00	70.00±2.00
สูตรที่ 8	100.00±0.00	92.67±2.31	89.33±1.15	86.00±2.00	79.33±0.00	72.67±1.15	69.33±1.15
สูตรที่ 9	100.00±0.00	92.67±1.15	90.67±1.15	85.33±1.15	79.33±2.31	71.33±1.15	69.33±1.15
สูตรที่ 10	100.00±0.00	94.67±1.15	91.33±1.15	85.33±1.15	79.33±1.15	72.00±2.00	70.00±2.00

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่าระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.23 อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	Condition Index
สูตรที่ 1	82.30^{d}±0.02
สูตรที่ 2	82.31^{d}±0.02
สูตรที่ 3	82.34^{c}±0.01
สูตรที่ 4	82.31^{d}±0.02
สูตรที่ 5	82.36^{c}±0.02
สูตรที่ 6	82.39^{b}±0.02
สูตรที่ 7	82.35^{c}±0.03
สูตรที่ 8	82.40^{b}±0.02
สูตรที่ 9	82.45^{a}±0.02
สูตรที่ 10	82.45^{a}±0.03

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

จากตารางที่ 4.23 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่าระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีผลต่ออัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง 10 สูตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์

อาหารทดลอง	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ 10 สูตร (%)					
	ความชื้น^{ns}	โปรตีน^{ns}	ไขมัน^{ns}	คาร์โบไฮเดรต^{ns}	เส้นใย^{ns}	เถ้า^{ns}
สูตรที่ 1	80.02±0.20	15.34±0.10	0.38±0.07	2.82±0.07	0.21±0.08	1.22±0.07
สูตรที่ 2	80.08±0.06	15.32±0.01	0.35±0.08	2.80±0.04	0.21±0.06	1.23±0.05
สูตรที่ 3	80.15±0.04	15.31±0.04	0.37±0.02	2.83±0.03	0.22±0.10	1.21±0.02
สูตรที่ 4	80.10±0.06	15.30±0.06	0.35±0.02	2.79±0.15	0.21±0.12	1.24±0.03
สูตรที่ 5	80.07±0.07	15.30±0.02	0.33±0.12	2.84±0.13	0.20±0.14	1.25±0.01
สูตรที่ 6	80.09±0.04	15.31±0.04	0.32±0.09	2.82±0.14	0.22±0.10	1.23±0.02
สูตรที่ 7	80.02±0.04	15.34±0.05	0.37±0.04	2.83±0.04	0.22±0.03	1.21±0.02
สูตรที่ 8	80.07±0.02	15.34±0.04	0.37±0.10	2.83±0.10	0.20±0.01	1.23±0.03
สูตรที่ 9	80.08±0.02	15.33±0.05	0.32±0.01	2.80±0.10	0.23±0.08	1.22±0.05
สูตรที่ 10	80.04±0.16	15.32±0.01	0.37±0.02	2.85±0.21	0.20±0.04	1.21±0.01

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.24 วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial (ขนาด 3x3) with Control พบว่าระดับโปรตีน ระดับพลังงาน และอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 องค์ประกอบทางเคมี ระดับพลังงาน และอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนใน อาหารสำเร็จ 10 สูตร

องค์ประกอบ	อาหารทดลอง								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
โปรตีน %	45.20	35.24	25.16	45.26	35.23	25.18	45.21	35.19	25.20
ไขมัน%	3.74	3.76	3.75	3.70	3.72	3.72	3.70	3.68	3.68
คาร์โบไฮเดรต %	32.95	32.87	32.78	23.05	22.97	23.11	13.10	13.12	13.14
เส้นใย %	3.71	14.73	25.71	13.49	24.68	35.39	23.49	34.61	45.38
พลังงาน (kcal/100 กรัม)	345.86	306.28	265.51	306.54	266.28	226.64	266.54	226.36	186.48
E/P ratio	7.67	8.69	10.55	6.77	7.56	9.00	5.89	6.43	7.40

สูตรที่10 เป็นสูตรควบคุม(อาหารของสถานีวิจัย) ระดับโปรตีน 29.80 %

พลังงาน 250 .31 kcal / 100 กรัม

E/P ratio 8.40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาสารเหนียวและสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

5.1.1 ศึกษาชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารแบบแทะเล็มและกินช้า การทำให้อาหารอยู่ในน้ำได้นานจึงมีความจำเป็น ดังนั้นการเลือกใช้สารเหนียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ทำให้เกิดความสูญเสียน้อยและหอยเป๋าฮื้อสามารถใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้เต็มที่ จะเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านอาหาร นอกจากนั้นยังช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นการลดต้นทุนด้านการจัดการได้อีกทางหนึ่ง

ในการเตรียมอาหารทดลองได้ใช้การเคลือบเฉพาะผิวภายนอกของอาหารทดลองด้วยสารเหนียว ซึ่งเทคนิคดังกล่าวสามารถช่วยให้อาหารทดลองมีประสิทธิภาพดี โดยช่วยในเรื่องความคงตัวของอาหาร วิธีการเคลือบผิวภายนอกของอาหารด้วยสารเหนียว ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสมโดยเฉพาะในกรณีของอาหารสำเร็จที่ใช้สำหรับเลี้ยงกุ้ง(Pedroza-Islas et al., 1999)

จากการศึกษาชนิดของสารเหนียวที่ใช้เป็น 5 ชนิด คือ โซเดียมอัลจิเนต, agar, pregelatinized starch , CMC และไคโตซาน และแปรระดับสารเหนียวเป็น 2 ค่าคือ 2 % และ 5% ตามลำดับ พบว่า CMC และไคโตซาน มีคุณสมบัติให้ความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ดี ทั้ง2 ระดับความเข้มข้นของสารเหนียว ในเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากสารเหนียวชนิดและระดับอื่นๆดังแสดงในตารางที่4.1และเมื่อนำมาพิจารณาปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนของน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรต่อเวลาที่ผ่านไปทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง พบว่า CMC ที่ระดับ 5% , 2% และไคโตซานที่ระดับ 5% ไม่มีปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนของน้ำที่เวลา 30 นาที ขณะที่ไคโตซานที่ระดับ 2 % มีปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนของน้ำที่เวลา 30 นาที เท่ากับ 7.5 ไมโครกรัมดังแสดงในตารางที่

4.2 เมื่อพิจารณาทั้งคุณสมบัติความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ดี และปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนของน้ำได้เร็ว ไคโตซานที่ระดับ 2 % เป็นชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสม จึงใช้ชนิดและระดับสารเหนียวดังกล่าวในการศึกษาหาระดับสารเหนียว (ไคโตซาน) ที่เหมาะสมในขั้นต่อไป

5.1.2 ศึกษาระดับสารเหนียว (ไคโตซาน) ที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

จากการศึกษาระดับไคโตซานโดยแปรเป็น 3 ค่า คือ 2%, 1% และ0.5 % ตามลำดับ พบว่าไคโตซานที่ระดับ 2% และ 1% มีคุณสมบัติให้ความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ดี ในเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากระดับความเข้มข้น 0.5 %ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และเมื่อนำมาพิจารณาปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนของน้ำของอาหารสำเร็จแต่ละสูตรต่อเวลาที่ผ่านไปทุก 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง พบว่า ที่เวลา 30 นาที การใช้ไคโตซานที่ระดับ 2% , 1% และ 0.5 % ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)ดังแสดงในตารางที่4.4 เมื่อพิจารณาทั้งคุณสมบัติความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ดี และปริมาณของโปรตีนที่ละลายออกมาในส่วนของน้ำได้เร็ว ระดับความเข้มข้นไคโตซาน 1 % เป็นระดับสารเหนียวที่เหมาะสม สอดคล้องกับรายงานของพัชรี รัตนวรานนท์ และรัชดา สาดตระกูลวัฒนา (2538) ซึ่งได้ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากไคโตซาน โดยพบว่าระดับความเข้มข้นไคโตซาน 1 % เป็นระดับที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์ม โดยเมื่อความเข้มข้นไคโตซานเพิ่มขึ้นจะทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนามากขึ้น มีลักษณะแข็ง ไม่ยืดหยุ่น และเมื่อลดระดับความเข้มข้นไคโตซานลงที่ 0.5% พบว่าสารละลายที่ได้มีความหนืดน้อย ไม่เกาะตัวเป็นฟิล์ม จึงไม่เหมาะสมนำไปขึ้นรูปหรือนำไปใช้ประโยชน์

5.1.3 ศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

ในการกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อจะอาศัยสารดึงดูด(attractants)ซึ่งเป็นสารที่เติมลงในอาหารสำเร็จเพื่อกระตุ้นให้หอยเป๋าฮื้อเข้ากินอาหาร อาจทำได้โดยการเติมสาหร่ายแห้งชนิดที่หอยเป๋าฮื้อชนิดนั้นชอบกินผสมลงในอาหารสำเร็จ ซึ่งจะให้สารพวกโปรตีน และกรดอะมิโนที่สามารถใช้ดึงดูดให้สัตว์น้ำเข้ากินอาหารได้ดี (Harada, Maruyama and Nakano, 1984)

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

Upatham และคณะ (1998) รายงานว่าการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* โดยใช้สาหร่ายสีแดง จำพวก *Gracilaria* sp. ให้ผลการเติบโตดีกว่าการเลี้ยงด้วยสาหร่ายสีน้ำตาล ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีความนิยมใช้ สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.) เป็นสารดึงดูดในอาหารหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* เช่น ในการศึกษาหาอัตราส่วนไขมันต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* มีการใช้สาหร่ายผมนาง ปริมาณ 5% เป็นสารดึงดูดลงในอาหารทดลองทุกสูตร (Thongrod *et al.,* 2003)

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

จากการศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสม โดยแปรชนิดของสารดึงดูด 3 ชนิด คือ สาหร่ายเกลียวทองแห้ง (*Spirulina* sp.) สาหร่ายผมนางแห้ง (*Gracilaria* sp.) และ abalone viscera silageสด โดยใส่ในปริมาณ 5% เทียบจากน้ำหนักแห้ง พบว่าสาหร่ายเกลียวทอง สาหร่ายผมนาง และ abalone viscera silage เมื่อผสมในอาหารสำเร็จ แล้วให้หอยเป๋าฮื้อกินเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะมีปริมาณอาหารที่หอยกิน (%)ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 รวมทั้งจำนวนหอยที่เข้าหาอาหารทดลองแต่ละสูตร จากจำนวนหอย 30 ตัว เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ของสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่4.6

จากผลการทดลองที่ได้ว่าสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดไม่ได้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ทั้งนี้น่าจะมีผลมาจากระบบทดลองที่มีความผิดพลาด โดยกล่องพลาสติกที่ใช้ทดลองมีลักษณะเป็นกล่องเดียวแบ่งเป็น 3 ช่อง ไม่สามารถแยกสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดออกจากกันได้ เมื่อปล่อยน้ำผ่านระบบทำให้สารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดผสมรวมกัน ระบบทดลองดังกล่าวจึงไม่เหมาะสมในการศึกษาสารดึง

ดูดที่ดี ทั้งนี้ควรปรับปรุงโดยใช้กล่องพลาสติก 3 กล่อง สำหรับใช้ทดลองสารดึงดูดแต่ละชนิด น่าจะทำให้ได้ผลการทดลองที่แตกต่างกันระหว่างสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิด

อย่างไรก็ตาม ในการเลือกสารดึงดูดเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เมื่อพิจารณาเหตุผลอื่นประกอบพบว่า abalone viscera silage ซึ่งถึงแม้ว่าเป็นของเหลือใช้ซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูก แต่อยู่ในรูปของเหลวจึงไม่สะดวกในการนำมาใช้ในการทดลอง ส่วนสาหร่ายผมนางพบว่าคุณค่าของสารอาหารในแต่ละฤดูกาลไม่เท่ากัน (Hahn, 1989) และในการทดลองที่ต้องการสารดึงดูดที่สามารถมีคุณค่าของสารอาหารอยู่ในระดับเดียวกันตลอดการทดลองเพื่อความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้ดังนั้นจึงเลือกใช้สาหร่ายเกลียวทอง ซึ่งเป็นสารดึงดูดที่มีขายเชิงพาณิชย์และสามารถควบคุมคุณค่าของสารอาหารได้

5.2 ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

ส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารสำเร็จสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อคือแหล่งโปรตีน เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ สร้างฮอร์โมน เอนไซม์ และส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสืบพันธุ์ อีกทั้งแหล่งโปรตีนส่วนใหญ่มีราคาค่อนข้างสูง จึงมักใช้แหล่งโปรตีนเป็นตัวกำหนดค่าใช้จ่ายของต้นทุน จึงมีความจำเป็นในการหาแหล่งโปรตีนและสัดส่วนโปรตีนที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้ดัชนีในการพิจารณาการเจริญเติบโตคือ น้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ ความกว้างและความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ

ในขั้นแรกมีการวางแผนการทดลองในการเตรียมอาหารทดลองในถาดแล้วเคลือบด้วยสารเหนียวเฉพาะผิวนอกให้อาหารทดลองติดกับถาด จากนั้นจะนำถาดที่มีอาหารทดลองติดอยู่วางในระบบทดลองให้หอยเป๋าฮื้อกิน เมื่อครบ 2 ชั่วโมงจะนำถาดอาหารทดลองออกจากระบบทดลองเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดได้ แต่ทั้งนี้ไม่สามารถใช้วิธีเคลือบสารเหนียวเฉพาะผิวนอกให้อาหารทดลองติดกับถาดได้เหมือนการทดลองแรกที่เคลือบผิวภายนอกอาหารทดลองใน Petri dish เนื่องจากถาดที่ใช้เตรียมอาหารทดลองมีขนาดใหญ่ ไม่สะดวกในการขนย้ายและระบบที่ใช้มีกะละมังสำหรับใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจำนวนมากจำเป็นต้องใช้ถาดหมุนเวียนจำนวนมาก

จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการเตรียมอาหารทดลองมาเป็นการเตรียมอาหารเป็นชิ้นเล็ก แล้วเคลือบสารเหนียวบนผิวภายนอก ในแต่ละชิ้นของอาหารทดลอง การให้อาหารจึงทำโดยการโปรยอาหารทดลองเป็นชิ้นเล็กๆ ลงในกะละมังที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ตามตารางที่ 4.7 ถึง 4.16 พบว่าหอยเป๋าฮื้อทุกชุดการทดลอง มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณา น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ และค่า Condition Index ของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตร a (กากถั่วเหลืองป่น : โปรตีนเซลล์เดี่ยว , 4 :0) ปรากฏว่าให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรอื่นๆ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของกรดอะมิโนในอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร พบว่า อาหารทดลองสูตร a มีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นๆ เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดอะมิโนที่จำเป็นพบว่าอาหารทดลองสูตร a มีปริมาณสูงกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในตารางที่ 4.16 จากข้างต้นจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตร a ซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด สอดคล้องกับรายงาน Bautista-Teruel และคณะ (2003) ซึ่งพบว่าอาหารทดลองซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นต่ำกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นจะให้ผลการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าอาหารทดลองซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นสูงกว่า

อย่างไรก็ตามการที่อาหารทดลองซึ่งใช้โปรตีนเซลล์เดี่ยวเป็นแหล่งโปรตีนหลัก ให้ผลการเติบโตต่ำกว่าใช้โปรตีนถั่วเหลืองน่าจะมาจากอีกปัจจัยหนึ่งคืออัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนในอาหารทดลอง โดยแสดงในตารางที่ 4.15 พบว่า อาหารทดลองสูตร e ซึ่งใช้โปรตีนเซลล์เดี่ยวเป็นแหล่งโปรตีนหลักมีค่าอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนสูงกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นๆ จึงมีผลให้การเติบโตของหอยเป๋าฮื้อต่ำลงไปด้วย

เมื่อพิจารณาแหล่งโปรตีนที่ใช้พบว่าวัตถุดิบที่มักใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้แก่ ปลาป่น กากกุ้ง กากถั่วเหลือง เป็นต้น แต่จากการศึกษาของGoldberg (1985) พบว่าโปรตีนเซลล์เดี่ยว (Single cell protein ; SCP) เป็นแหล่งโปรตีนอีกชนิดที่สามารถนำไปใช้ได้ง่ายและช่วยในการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว หากเปรียบเทียบกับโปรตีนจากพืชแล้ว การเจริญของพืชต้องอาศัยฤดูกาล ในขณะที่โปรตีนเซลล์เดี่ยวสามารถเลี้ยงเมื่อใดก็ได้ สามารถผลิตจากวัตถุดิบที่หาได้ง่ายหรืออาจเป็นของเหลือใช้ การใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ อาจมีอุปสรรคในอนาคตเรื่องของการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms ; GMOs) โปรตีนเซลล์เดี่ยว

จึงเป็นทางเลือกที่ดีของแหล่งโปรตีนที่จะทดแทนกากถั่วเหลืองในอนาคต (วีระศักดิ์ สหชัยเสรี, 2544)

จุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย ในการทดลองนี้ได้ใช้ยีสต์แห้งเป็นแหล่งโปรตีนอีกหนึ่งชนิด โดยนำมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแหล่งโปรตีนกับกากถั่วเหลืองป่น โดยพบว่าอาหารทดลองสูตร a ซึ่งมีกากถั่วเหลืองป่นเพียงอย่างเดียวเป็นแหล่งโปรตีน ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด และเมื่อผสมยีสต์แห้งเพิ่มขึ้นทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารทดลองสูตรที่ b, c, d และ e ตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้ยีสต์แห้งเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อจะลดลง โดยในอาหารทดลองสูตรที่ e ซึ่งใช้ยีสต์แห้งเพียงอย่างเดียว มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของกรดอะมิโนในอาหารทดลอง พบว่าอาหารทดลองที่ใช้ยีสต์แห้งเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของปริมาณกรดอะมิโนต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์กรดอะมิโนของวัตถุดิบ(ภาคผนวก ข) พบว่าปริมาณกรดอะมิโนในยีสต์แห้งต่ำกว่าในกากถั่วเหลืองอย่างเห็นได้ชัด

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอาหารทดลองสูตร a (กากถั่วเหลืองป่น : โปรตีนเซลล์เดี่ยว , 4 :0) ซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดเป็นส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus และจะนำไปใช้ในศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus ในขั้นต่อไป

5.3 ศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus

ในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ มีความจำเป็นในการหาความต้องการโปรตีนที่เหมาะสม เพื่อให้โปรตีนถูกใช้ไปเพื่อการเติบโตที่ไม่ใช่เพื่อเป็นพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นอาหารสำเร็จที่ดี ควรมีอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การพัฒนาสูตรอาหารสำเร็จให้มีโปรตีนระดับต่ำที่สุดต่อความต้องการของหอยเป๋าฮื้อที่จะนำไปใช้ในการเติบโตและใช้แหล่งพลังงานอื่นๆที่ไม่ใช่โปรตีนในการให้พลังงานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ การหาอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมนี้ ใช้ดัชนีในการพิจารณาการเจริญเติบโตคือ น้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ ความกว้างและความยาวเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อ อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ (Condition Index) และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อตามตารางที่4.17 ถึง 4.25 พบว่าหอยเป๋าฮื้อทุกชุดการทดลอง มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณา น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ , อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ , ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ และความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 9 (โปรตีน 25.20%, พลังงาน186.48 kcal/100g E/P ratio 7.4) ปรากฏว่าให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แตกต่างจากการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรอื่นๆ ยกเว้นความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ ที่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับอาหารทดลองสูตรที่ 6 และ8 โดยอาหารทดลองสูตรที่ 9 มีระดับโปรตีนและพลังงานต่ำที่สุดในอาหารทดลองทั้ง 10 สูตรดังแสดงในตารางที่4.25 แสดงให้เห็นว่า ระดับโปรตีน 25.20% เป็นค่าเหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus และระดับพลังงาน 186.48 kcal/100g ในอาหารทดลองสูตรที่9 ซึ่งมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับระดับพลังงานในอาหารทดลองสูตรอื่นๆ เป็นระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus เนื่องจากระดับพลังงานดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการเติบโต และพลังงานที่จำเป็นต่อกิจกรรมในการดำรงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ สอดคล้องกับรายงาน Jackson, Williams และ Degnan (2001) ว่าอาหารสำเร็จของหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus ที่มีระดับโปรตีนที่ 40 % และมีพลังงานรวมเท่ากับ 458.89 kcal/100g ให้การเติบโตไม่แตกต่างจากสาหร่าย *G. edulis* ที่มีระดับโปรตีน 16.4% และพลังงานรวมเท่ากับ 215.11 kcal/100g

ค่า Condition Index ซึ่ง Jackson, Williams และ Degnan (2001) ใช้พิจารณาการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ โดยเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ไม่รวมเปลือกต่อน้ำหนักรวมของหอยเป๋าฮื้อ สามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้ถึงการเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง โดยมีความสำคัญมากกว่าการพิจารณาจากความยาวเปลือก (Fleming, Van Barneveld และ Hone ,1996) โดย Jackson, Williams และ Degnan (2001) รายงานว่าถึงแม้การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อด้วยสาหร่าย *G. edulis* จะให้ความยาวเปลือกสูงสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จสูตรอื่นๆ ก็ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นการเติบโตที่ดีที่สุด เนื่องจากเมื่อพิจารณาค่า Condition Index พบว่าหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *G. edulis* มีค่า Condition Index เท่ากับ 85.0 % ซึ่งน้อยกว่าหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ ซึ่งมีค่า Condition Index เท่ากับ 87.1 % และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาระดับโปรตีนและพลังงานของอาหารทดลองทั้ง 9 สูตร สามารถจัดแยกได้ 3 ระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ (อาหารทดลองสูตรที่ 1 มีระดับโปรตีนสูงและพลังงานสูง อาหาร

ทดลองสูตรที่ 2 มีระดับโปรตีนกลางและพลังงานสูง อาหารทดลองสูตรที่ 3 มีระดับโปรตีนต่ำและพลังงานสูง อาหารทดลองสูตรที่ 4 มีระดับโปรตีนสูงและพลังงานกลาง อาหารทดลองสูตรที่ 5 มีระดับโปรตีนกลางและพลังงานกลาง อาหารทดลองสูตรที่ 6 มีระดับโปรตีนต่ำและพลังงานกลาง อาหารทดลองสูตรที่ 7 มีระดับโปรตีนสูงและพลังงานต่ำ อาหารทดลองสูตรที่ 8 มีระดับโปรตีนกลางและพลังงานต่ำ และอาหารทดลองสูตรที่ 9 มีระดับโปรตีนต่ำและพลังงานต่ำ) โดยจะใช้นำมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของระดับโปรตีนและพลังงานต่อผลการเจริญเติบโต ในที่นี้จะเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อช่วง0-24สัปดาห์เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่แปรระดับโปรตีนและพลังงาน อย่างละ 3 ระดับ แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่5.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อช่วง0-24สัปดาห์ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่แปรระดับโปรตีน(P) และพลังงาน (E) อย่างละ 3 ระดับ

E \ P	สูง	กลาง	ต่ำ	ค่าเฉลี่ย
สูง	2.13±0.07	2.14±0.02	2.16±0.01	2.14^{C}±0.04
กลาง	2.14±0.04	2.16±0.05	2.22±0.04	2.17^{B}±0.05
ต่ำ	2.17±0.07	2.22±0.06	2.28±0.03	2.22^{A}±0.07
ค่าเฉลี่ย	2.15^{c}±0.06	2.18^{b}±0.05	2.22^{a}±0.06	2.18±0.06

a, b ,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 5.1 เมื่อพิจารณาตามแถวแนวตั้งพบว่าอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนต่ำ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อดีที่สุดและแตกต่างจากอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนกลางและสูง เมื่อพิจารณาตามแถวแนวนอนพบว่าอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อดีที่สุดและแตกต่างจากอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานกลางและสูง แสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนและพลังงานต่ำให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานสูงและเป็นที่น่าสนใจในการหาระดับโปรตีนและพลังงานต่ำที่สุดที่ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโต เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงาน พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าทั้งระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาควบคู่กันไปในการพัฒนา

สูตรอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยไม่สามารถแยกพิจารณาเฉพาะตัวใดตัวหนึ่งได้ สอดคล้องกับรายงานของ Fleming และคณะ (1996) ว่าระดับโปรตีนและระดับพลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับหอยเป๋าฮื้อที่เหมาะสม โดยมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาควบคู่กันกันไปเพื่อจะนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายได้ในอนาคต

เมื่อคำนวณอัตราการเติบโตในหน่วยไมโครเมตรต่อวันพบว่า อาหารทดลองสูตรที่ 9 มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 129 ไมโครเมตรต่อวัน ซึ่งว่ามีอัตราการเติบโตที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่ Upatham และคณะ (1998) ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ขนาดความยาวเปลือกเริ่มต้น 13 มิลลิเมตร เป็นเวลา 184 วัน ด้วยสาหร่าย 4 ชนิด พบว่าเมื่อเลี้ยงด้วย *G. tenuistipitata* ให้อัตราการเติบโตเท่ากับ 70 ไมโครเมตรต่อวัน *G. fisher* ให้อัตราการเติบโตเท่ากับ 48 ไมโครเมตรต่อวัน *G. saliconia* ให้อัตราการเติบโตเท่ากับ 59 ไมโครเมตรต่อวันและ *Acanthophotra spicifera* ให้อัตราการเติบโตเท่ากับ 62 ไมโครเมตรต่อวัน

เมื่อพิจารณาปริมาณเส้นใยในอาหารทดลองแต่ละสูตรพบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 9 ซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดและมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด มีปริมาณเส้นใย 45.38% ดังแสดงในตารางที่ 4.25 การที่ปริมาณเส้นใยสูงจะช่วยให้อาหารเกาะกันได้ดีและ ยังช่วยให้อาหารเคลื่อนที่ในท่อทางเดินอาหารช้าลง ทำให้การย่อยและการดูดซึมสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แต่สิ่งที่ต้องคำนึงคือเซลลูโลสมากเกินไปในอาหารทดสอบ จะทำให้ธาตุอาหารถูกเจือจางลง ทำให้สัตว์น้ำได้รับธาตุอาหารน้อยลง หรือได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย ซึ่งสัตว์น้ำจะมีการปรับตัวโดยการกินอาหารมากขึ้น เพื่อให้ได้ธาตุอาหารหรือพลังงานมากขึ้นเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย(วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) อย่างไรก็ตามขนาดของกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำ เป็นตัวกำหนดปริมาณอาหารที่สัตว์น้ำกินเข้าไป ฉะนั้น ถ้าสัตว์น้ำได้รับอาหารที่มีเซลลูโลสมากเกินไป แม้จะสามารถกินอาหารมากขึ้น แต่ทว่าปริมาณธาตุอาหารหรือพลังงานที่ได้รับอาจไม่เพียงพอแก่ความต้องการ และมีผลให้การเจริญเติบโตช้าลง อันเนื่องมาจากความจุของกระเพาะอาหารที่มีอยู่จำกัดนั่นเอง ระดับเซลลูโลสที่เหมาะสมแก่การศึกษาความต้องการธาตุอาหารชนิดต่างๆ ของสัตว์น้ำโดยไม่เกิดผลข้างเคียง หรือทำให้การเจริญเติบโตช้าลง หรือประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Bromley และ Adkins (1984) พบว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์จะมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ถ้าได้รับเซลลูโลสไม่เกิน 30% เนื่องจากปลาสามารถปรับตัวโดยการกินอาหารมากขึ้น ส่วนปลาที่ได้รับเซลลูโลส 40% และ 50% แม้พยายามกินอาหารมากขึ้น แต่พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญ Anderson และคณะ (1984) พบว่า ปลานิลที่

ได้รับเซลลูโลส 10% ยังคงมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับเซลลูโลส) แต้ถ้าได้รับเซลลูโลส 25% และ 40% จะมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง

จากการศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมซึ่งทำในช่วงเดือนกันยายน-กุมภาพันธ์ เมื่อพิจารณาผลการทดลองในช่วงเดือน ธันวาคม และ มกราคม พบว่าการเติบโตลดลงอย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในตารางที่ 4.18 โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 17-20 เป็น 0.40-0.47% ต่อวัน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิน้ำในช่วงดังกล่าวมีการลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง ดังแสดงในภาคผนวก ค สอดคล้องกับรายงาน Fallu (1991) ว่าหอยเป๋าฮื้อที่อยู่ในเขตน้ำอุ่นจะทนทานต่ออุณหภูมิของน้ำสูงได้ดีกว่าอุณหภูมิน้ำต่ำ เช่น *H . asinina* Linnaeus ในเขต tropical จะไม่พบหอยชนิดนี้ในเขตน้ำเย็น Hahn (1989) รายงานว่าหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus hanni* จะเคลื่อนที่ได้ช้า เมื่ออุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 15-20 องศาเซลเซียส

Britz, Hecht และ Mangold (1997) รายงานว่าเมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ *H. midae* ในแอฟริกาใต้ พบว่าอุณหภูมิปกติที่ 20 องศาเซลเซียส หอยเป๋าฮื้อมีอัตราการเจริญเติบโต 75 ไมโครเมตรต่อวัน และเมื่อลดอุณหภูมิลงที่ 12 องศาเซลเซียส หอยเป๋าฮื้อมีอัตราการเจริญเติบโต 30 ไมโครเมตรต่อวัน แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อโดยตรง

ในการศึกษาผลการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ได้ทำการศึกษาการเติบโตในระบบรายตัว โดยติดเครื่องหมายบนเปลือกหอยเป๋าฮื้อ จำนวน 10 ตัว ต่อถังหนึ่งใบในสัปดาห์ที่ 16 ของการเลี้ยง และเก็บข้อมูลด้านการเติบโต คือ น้ำหนักหอยเป๋าฮื้อ ความยาวและความกว้างของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ ในช่วงสัปดาห์ที่ 16-24 ดังแสดงในภาคผนวก ช เมื่อพิจารณาผลการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง ทั้ง 10 สูตร พบว่า ในหน่วยทดลองเดียวกันมีการเติบโตของหอยแต่ละตัวใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างจากข้อมูลการเติบโตเฉลี่ย ที่แสดงดังตารางที่ 4.17, 4.19 และ 4.20 จากข้อมูลเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าไม่น่าจะเกิดการแก่งแย่งอาหารในหน่วยทดลอง และขนาดของหน่วยทดลองมีความเหมาะสมต่อจำนวนหอยเป๋าฮื้อที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ระดับโปรตีน 25.20% เป็นค่าเหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus ระดับพลังงาน 186.48 kcal/100g ในอาหารทดลองสูตรที่9

ซึ่งมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับระดับพลังงานในอาหารทดลองสูตรอื่นๆ เป็นระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus และมีค่าอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีน (E/P ratio) เท่ากับ 7.4 แสดงให้เห็นว่าอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus สามารถพัฒนาหาระดับพลังงานและโปรตีนที่ต่ำที่สุดซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมที่ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโต และจะนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในการผลิตอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรชนิดของสารเหนียวที่ใช้เป็น 5 ชนิดได้แก่ sodium alginate , agar , pregelatinized starch , carboxymethylcellulose (CMC) และไคโตซาน และแปรระดับสารเหนียวเป็น 2 ระดับ คือ 2% และ 5% ตามลำดับ โดยพิจารณาจากสมบัติความคงตัวของอาหารสำเร็จที่ดีและมีปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาได้ดีพบว่า ไคโตซานที่ระดับ 2% เป็นชนิดและระดับสารเหนียวที่เหมาะสม และเมื่อแปรระดับไคโตซานเพิ่มอีก 3 ระดับคือ 2% , 1% และ 0.5% พบว่าไคโตซานที่ระดับ 1 % เป็นระดับสารเหนียวที่เหมาะสม ต่อมาศึกษาชนิดสารดึงดูดที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรชนิดของของสารดึงดูด 3 ชนิดได้แก่ สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.) และ abalone viscera silage โดยพิจารณาจากปริมาณอาหารที่หอยกินและจำนวนหอยที่เข้าหาอาหาร พบว่าสารดึงดูดทั้ง 3 ชนิดให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน

ต่อมาศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยแปรอัตราส่วนโปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยวเป็น 4:0 , 3:1 , 2:2 , 1:3 และ 0:4 สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาดความยาวเปลือก 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าอาหารทดลองสูตรโปรตีนถั่วเหลือง : โปรตีนเซลล์เดี่ยว, 4 :0 เป็นส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus เนื่องจากเมื่อพิจารณา น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ, ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ, ความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ และค่า Condition Index ของหอยเป๋าฮื้อ ปรากฏว่าให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด แตกต่างจากการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรอื่นๆ

ขั้นสุดท้ายศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แปรระดับโปรตีนในอาหารทดลองเป็น 25% , 35% และ 45% และแปรระดับพลังงาน จากปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารทดลองเป็น 13% , 23% และ 33% พบว่าอาหารทดลองสูตรที่มี โปรตีน 25.20%, พลังงาน186.48 kcal/100g และ E/P ratio 7.4 เป็นอาหารทดลองที่มีอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จ

สำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus เนื่องจากเมื่อพิจารณา น้ำหนักเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ, ความกว้างเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ และความยาวเฉลี่ยของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ ปรากฏว่าให้ผลการเจริญเติบโตที่ดี แตกต่างจากการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นระดับโปรตีนและพลังงานที่ต่ำที่สุดซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมที่ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาเกี่ยวกับอาหารสำเร็จควรมีการหาค่า Food conversion ratio (คำนวณได้จากน้ำหนักอาหารที่หอยเป๋าฮื้อกินหารด้วยน้ำหนักหอยเป๋าฮื้อที่เพิ่มขึ้น) ของอาหารแต่ละสูตรด้วย แต่เนื่องจากในการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์น้ำอาหารมีการสลายตัวไปเมื่อสัมผัสกับน้ำทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณการกินที่แน่นอนได้ โดยเฉพาะหอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมการกินที่ช้ามากจึงทำให้อาหารมีการสลายตัวไปบางส่วนก่อนที่จะมีการเก็บอาหารที่เหลือ การหาค่า Food conversion ratio ที่แท้จริงของหอยเป๋าฮื้อจึงทำได้ยาก
2. การผลิตอาหารสำเร็จสำหรับสัตว์น้ำ นอกจากจะพิจารณาให้คุณค่าทางอาหารเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำแล้ว ยังต้องคำนึงถึงว่าอาหารที่ให้ควรจะต้องถูกย่อยและดูดซึมได้ดี จึงจำเป็นต้องหาค่า digestibility ของอาหารเพิ่มขึ้น โดยค่า digestibility เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการย่อยของสัตว์ ค่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดขององค์ประกอบที่นำมาทำอาหาร รวมไปถึงรูปลักษณะของอาหาร เช่น ความแข็ง ความคงตัวในน้ำ ซึ่งค่า digestibility มักจะแสดงในรูปของร้อยละของส่วนที่ดูดซึมเข้าไป ในการประเมินค่า digestibility ทำได้โดยการเปรียบเทียบปริมาณส่วนที่กินกับส่วนที่ขับถ่ายออกมา
3. จากผลการทดลองพบว่า อาหารที่ใช้เลี้ยงซึ่งมีระดับโปรตีน 25.20%เมื่อกับน้ำหนักแห้งของอาหารทดลองและระดับพลังงาน 186.48 kcal/100g เป็นค่าเหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H . asinina* Linnaeus อีกทั้งค่าทั้งสองยังเป็นค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้มีการศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงมีเป็นไปได้ที่จะลดระดับโปรตีนและพลังงานให้ต่ำลงไปกว่าค่าที่ได้ข้างต้น โดยใช้อัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนเท่ากับ 7.40 เป็นเกณฑ์ที่จะใช้ศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมะสมอย่างแท้จริงต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

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

ชลลดา ปรีดา. 2526. การใช้ยีสต์จากโรงงานเบียร์แทนปลาป่นในอาหารปลา วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ดวงแก้ว ผุงเพิ่มตระกูล. หอยเป๋าฮื้อสัตว์เศรษฐกิจสำหรับผู้มีทุนหนา. ไทยรัฐ (30 มีนาคม 2547) : 7.

ธานินทร สิงหะไกรวรรณ และ มาซาโนริ โคอิ. 2536. การทดลองเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ พื้นเมืองของไทย (*Haliotis asinina* Linne) ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่ง ตะวันออก, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร ,33 หน้า.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2539. จุลชีววิทยาทั่วไป พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 735 หน้า.

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

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

พัชรี รัตนวรานนท์ และ รัชดา สาดตระกูลวัฒนา. 2538. การผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากไคโตแซน โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มะลิ บุณยรัตผลิน. 2545. การพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทย. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทย, หน้า1-18. 2 กุมภาพันธ์ 2545 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพมหานคร.

มะลิ บุณยรัตผลิน ทวี โรจนสารัมภกิจ ชูชาติ ชัยรัตน์ สุพิศ ทองรอด สกนธ์ แสงประดับ ธเนศ พุ่ม

ทอง มนทกานต์ ท้ามติ้น อัตรา ชัยมงคลและชูศักดิ์ บริสุทธิ์ . 2546. การพัฒนาอาหารสำเร็จเพื่อการผลิตหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ สำนักงานวิชาการ กรมประมง, 198 หน้า.

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

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 261 หน้า.

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

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 258 หน้า.

Anderson, J., Jackson, A.J., Matty, A.J. and Capper, B.S. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus*(Linn.). Aquaculture 37:303-314.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists 16th ed. Washington D.C., pp. 39-1-39-23.

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.

Britz, P.J. 1996. The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone, *Haliotis midae* . Aquaculture 140: 63- 73.

Britz, P.J., Hecht, T., and Mangold, S. 1997. Effect of temperature on growth, feed consumption and nutrition indices of *Haliotis midae* fed a formulated diet. Aquaculture 152: 191-203.

Bromley, P.J. and Adkins, T.C. 1984. The influence of cellulose filler on feeding, growth and utilization of protein and energy in rainbow trout . Journal Fisheries Biology 24: 235-244.

Chen, H.C. 1989. Farming the small abalone *Haliotis diversicolor supertexta* in Taiwan . In K.O.Hahn (ed.),Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods ,pp. 265-283. Florida: CRC Press.

Chew, K.K. 1984. Recent advances in the cultivation of mollusks in the Pacific United state and Canada. Aquaculture 39: 69-81.

Cochran, W.C., and Cox, G.M. 1985. Experimental Designs. New York: John Wiley & Sons, 611 pp.

Dabbah, R. 1970. Protein from Microorganisms. Food Technology 24: 35-43.

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

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

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

Frazier, W.C. and Westhoff, D.C. 1979. Food Microbiology 3rd. New Delhi: McGraw-Hill Publishing, 324 pp.

Goldberg, I. 1985. Single Cell Protein Heidelberg: Springer-Verlag, 189 pp.

Gómez-Montes, L., García-Esquivel, Z., D'Abramo, L.R., Shimada, A., Vásquez-Peláez, C. and Viana, M.T. 2003. Effect of dietary protein:energy ratio on intake, growth and metabolism of juvenile green abalone *Haliotis fulgens*. Aquaculture 220:769-780.

Guzmán, J.M. and Viana, M.T. 1998. Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a commercial diet . Aquaculture 165:321-331.

Hahn, O.K. 1989. Nutrition ang growth of abalone. In K.O.Hahn (ed.),Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods , pp.135-156. Florida: CRC Press.

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.

Jackson, D., Williams, K.C., and Degnan, B.M. 2001. Suitability of Australian formulated diets for aquaculture of the tropical abalone *Haliotis asinina* Linnaeus. Journal of Shellfish Research. 20: 627-636.

Kennedy, J.F., Phillips, G.O., Wedlock, D.J., and Williams, P.A. 1985. Cellulose and Its Derivatives Chichester: Ellis Horwood, 551 pp.

Lan, C.C. and Pan, B.S. 1993. Invitro digestibiligy simulating the proteinlysis of feed protein in the midgut gland of grass shrimp *Penaeus monodon*. Aquaculture 109:59-70.

Mahken, V.M., Spinelli, J. and Waknitz, F.W. 1980. Evaluation of an alkane yeast candida sp. As a substitute for fish meal in Oregon moist pellet: feeding trails with coho salmon *Oncorhynchus kisutch* and rainbow trout *Salmon gairdneri*. Aquaculture 20:41-56.

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. 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino : II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. Aquaculture 128:115-130.

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.

Matty, A.J. and Smith, P. 1978. Evaluation of a yeast, a bacterium and an alga as a protein source for rainbow trout . Aquaculture 14:235-246.

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

Ogino, C. and Kato, N. 1964. Studied 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.

Owusu-Apenten, R.K. 2002. Food Protien Analysis: quantitative effects on processing New York: Marcel Dekker, 463 pp.

Pedroza-Islas, R., Vernon-Carter, E.J., Duran-Dominguez, C. and Trejo-Martinez, S. 1999. Using biopolymer blends for shrimp feedstuff microencapsulation I. microcapsule partical size, morphology and microstructure. Food Research International 32: 367-374.

Peppler, H.J. 1986. Single Cell Protein I Massachusetts: The MIT Press, 242 pp.

Reed, G. and Peepler, H.J. 1973. Yeast Technology Connecticus: The AVI Publishing, 449 pp.

Shahidi, F., Arachchi, K.V. and Jeon, Y-J. 1999. Food application of chitin and chitosans. Trends in Food Science and Technology 10:37-50.

Synder, H.E. 1970. Advances in Food Research New York: Academic Press, 140 pp.

Synowiecki, J. and Al-khateeb, N.A. 2003. Production , properties, and some new applications of chitin and its derivations. Critical Review in Food Science and Nutrition 43(2):145-171.

Tannenbaum, S.R. 1978. . Single Cell Protein II Massachusetts: The MIT Press.

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

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):1005-1012.

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.

Upatham, E.S., Sawatpeera, S., Kruatrachue, M., Chitravong, Y.P., Singhagraiwan, T., Pumthong, T. and Jarayabhand, P. 1998. Food utilization by *Haliotis asinina* Linnaeus. Journal of Shellfish Research 17: 771-776.

Viana, M.T., Cervantes-Trujano, M. and Solana-Sansores, R. 1994. Attraction and palatability activities in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*) : nine ingredients used in artificial diets. Aquaculture 127: 19-28.

Viana, M.T. and Salas, A. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens* evaluation of artificial diets and macroalgae. Aquaculture 117:149-156.

Whistler, R.L., Bemiller, J.N., and Paschall, E.F. 1984. Starch: chemistry and technology Orlando: Academic Press, 718pp.

Zhu, W., Mai, K. and Wu, G. 2002. Thiamin requirement of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino . Aquaculture 207:331-343.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 ^{o}C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

3. นำมาทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอก-ไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยา 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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณเถ้าโดยใช้สูตร

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

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน (WTE binder รุ่น E-53)

เตาเผา (muffle furnace)

ครูซิเบิล

เดซิเคเตอร์

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 ml

2. เติมกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.25% ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ต้มให้สารละลายเดือดตลอดเวลานาน 30 นาที และสังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้เติมน้ำร้อนลงไป

3. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยกรดผ่านกรวยบุชเนอร์เซรามิกที่รองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 mmHg ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด

4. นำกากที่ได้ย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ต้มให้สารละลายเดือดตลอดเวลานาน 30 นาที และควบคุมปริมาตรเช่นเดียวกับข้อ 2

5. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยกรดผ่านกรวยบุชเนอร์เซรามิกที่รองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 mmHg ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง

6. ละลายตัวอย่างกากที่ติดกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

7. ล้างกากที่ได้ด้วยแอลกอฮอล์ปริมาตร 25 มิลลิลิตร อีก 2 ครั้ง

8. นำกากที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

9. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักจะได้เป็นน้ำหนักก่อนเผา

10. นำตัวอย่างใส่ crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน

11. เผา crucible พร้อมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 ± 15 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าเป็นสีขาว

12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

13. ชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา นำมาคำนวณหาปริมาณเส้นใยโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}} \times 100$$

ก.6 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนอิสระด้วยวิธี HPLC

AccQ.Tag. เป็นวิธีการหากรดอะมิโนที่ Waters พัฒนาขึ้น โดยการทำอนุพันธ์ของกรดอะมิโนด้วยวิธี pre-column โดยสารเคมีที่ใช้ในการทำอนุพันธ์ ได้แก่ AQC. (AccQ-fluor reagent) ชื่อทางเคมี คือ 6-amino quinolyl-N-hydroxy succinimidyl carbamate ซึ่งสามารถเกิดอนุพันธ์กับ primary และ secondary amino acid ได้เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนที่มีความเสถียร เก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานและสามารถแยกได้ง่ายด้วย reverse phase HPLC โดยใช้ column ที่ Waters พัฒนาขึ้น อนุพันธ์ที่แยกได้สามารถตรวจวัดด้วยเครื่อง fluorescent detector ที่ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร นอกจากนี้สาร AQC. ที่มากเกินพอจะถูกไฮโดรไลซ์ ด้วยน้ำได้เป็น AMQ.(aminoquinline) ที่ตรวจวัดได้น้อย ทำให้ไม่มีการรบกวนจากปริมาณ AQC. ที่มากเกินพอ

อุปกรณ์

ระบบฉีดตัวอย่าง (Waters 717plus Autosampler)

คอลัมน์ Waters AccQ-Tag amino acid analysis column ขนาด 3.9 มิลลิเมตร × 150 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 4 ไมครอน

เครื่องตรวจวัด (Waters 2487 Dual Absorbance Detector: 254 นาโนเมตร)

เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Waters 2414 Refractive Index Detector)

สารเคมี

Waters AccQ-Tag eluent A concentrate (gradient mobile phase)

Water amino acid hydrolysate standard ampoules

Acetonitrile 60%

Water AccQ.flour reagent kit ประกอบด้วย

- Water AccQ. flour borate buffer
- Water AccQ. flour reagent powder (2A)
- Water AccQ. flour reagent diluent (2B)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียม Waters AccQ. reagent เพื่อทำอนุพันธ์

นำ Water AccQ. fluor reagent (2B) 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Water AccQ. fluor reagent (2A) ปิดฝาเขย่า 10 วินาที ให้ความร้อน 55 °C จนผงใน (2A) ละลายหมด ระวังอย่าให้ความร้อนนานเกิน 10 นาที เมื่อเตรียมเสร็จสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 1 สัปดาห์

2. การเตรียมสารมาตรฐานและอนุพันธ์ของสารมาตรฐาน

2.1 การเตรียมสารมาตรฐาน

เติม amino acid hydrolysate standard 40 ไมโครลิตร และ internal standard stock solution 40 ไมโครลิตร (ละลาย 2-amino butyric acid 6.45 มิลลิกรัม ใน 0.1 M HCl ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ –20°C ได้นาน 6 เดือน) จากนั้นเติมน้ำ Milli-Q 920 ไมโครลิตร สารมาตรฐานที่เตรียมได้จะประกอบด้วย 100 pmol/ไมโครลิตร ของกรดอะมิโนแต่ละชนิด และ internal standard 100 pmol/ไมโครลิตร

2.2 การเตรียมอนุพันธ์สารมาตรฐาน

นำสารมาตรฐาน 10 ไมโครลิตรที่เตรียมไว้ใส่ใน sample tube ขนาด 6 × 50 มิลลิเมตร เติม Waters AccQ. fluor borate buffer ประมาณ 70 ไมโครลิตร เติม ACQ. reagent 20 ไมโครลิตร วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 10 นาที

3. การเตรียมตัวอย่างและอนุพันธ์ของตัวอย่าง

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำ internal standard ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่เตรียมไว้ใน 20 mM HCl ปริมาตร 980 ไมโครลิตร จากนั้นใส่สารมาตรฐานแบบ internal standard ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ในตัวอย่าง

3.2 การเตรียมอนุพันธ์ของตัวอย่าง

เติม AccQ. fluor borate ปริมาตร 60 ไมโครลิตร ลงในตัวอย่างที่เตรียมไว้ จากนั้นเขย่าให้เข้ากันและเติม ACQ. reagent ที่เตรียมไว้ 20 ไมโครลิตร เขย่าเป็นเวลา 10 วินาที ทิ้งไว้ 1 นาที เพื่อรอให้ ACQ. ที่มากเกินพอถูก hydrolyse ด้วยน้ำไปเป็น AMQ. นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 10 นาที

3.3 การแยกอนุพันธ์ของกรดอะมิโน

ใช้ปั๊มขับดัน mobile phase เข้ารวมกับตัวอย่างเพื่อพาเข้าสู่ separating column ที่อุณหภูมิ 37°C โดยใช้ mobile phase 2 ชนิด คือ

- eluent A เป็น AccQ. Tag eluent 200 มิลลิลิตร ใน Milli-Q 2 ลิตร
- eluent B เป็น acetronitrile 60%

ตรวจวัดด้วย Waters 2487 Dual Absorbance Detectorที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

ก.7 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Lowry method

การเตรียมสารเคมีและบัฟเฟอร์

1. สารละลาย NaOH 0.1 โมลาร์ ซึ่งประกอบด้วย Na_2CO_3 2% เตรียมโดยละลาย NaOH หนัก 4.0 กรัม และปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) จากนั้นเติม Na_2CO_3 ลงไป 20 กรัม คนให้ละลายเข้ากัน
2. สารละลาย Sodium-potasium tartrate 2.7 % เตรียมโดยละลาย Sodium-potasium tartrate หนัก 2.7 กรัมในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. สารละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 1% เตรียมโดยละลายคอปเปอร์ซัลเฟตหนัก 1.0 กรัมในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. Copper reagent เตรียมโดยผสมสารละลาย 0.1 โมลาร์ NaOH ซึ่งประกอบด้วย 2% Na_2CO_3 , สารละลาย 2.7 % Sodium-potasium tartrate และ สารละลาย 1% $CuSO_4.5H_2O$ ในอัตราส่วน 100:1:1
5. Folin-Ciocalteu reagent 1 นอร์มอลล์ เตรียมโดยนำ Folin-Ciocalteu reagent 2 นอร์มอลล์ มาเจือจางด้วยน้ำกลันในอัตราส่วน 1:1 (สารละลายนี้ ควรเตรียมเมื่อต้องการใช้เท่านั้น)
6. สารละลายมาตรฐาน Bovine serum albumin เตรียมโดยละลาย Bovine serum albumin หนัก 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นเล็กน้อย ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร จากนั้นนำสารละลายโปรตีนมาทำให้เจือจางโดยให้มีความเข้มข้นของโปรตีนที่ 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารละลายตัวอย่าง(ความเข้มข้นที่เหมาะสม)ที่ต้องการหาปริมาณโปรตีน1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง(ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

2. เติมสารละลาย Copper reagent 5.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีตัวอย่างผสมสารละลายให้เข้ากันทันที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

3. เติม Folin-Ciocalteu reagent 1 N ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองในข้อ 2 ผสมสารละลายให้เข้ากันทันที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที เพื่อให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์

4. นำไปวัดสีด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นำค่า OD ที่ได้มาหาปริมาณโปรตีนโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

5. ทำกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย Bovine serum albumin ความเข้มข้น 0-300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์ตามวิธีข้อ 1-4 เขียนกราฟระหว่าง OD และความเข้มข้นของ Bovine serum albumin

6. ถ้าตัวอย่างมีโปรตีนสูงกว่าช่วงกราฟมาตรฐานต้องเจือจางตัวอย่างให้อยู่ในช่วงที่วิเคราะห์ได้

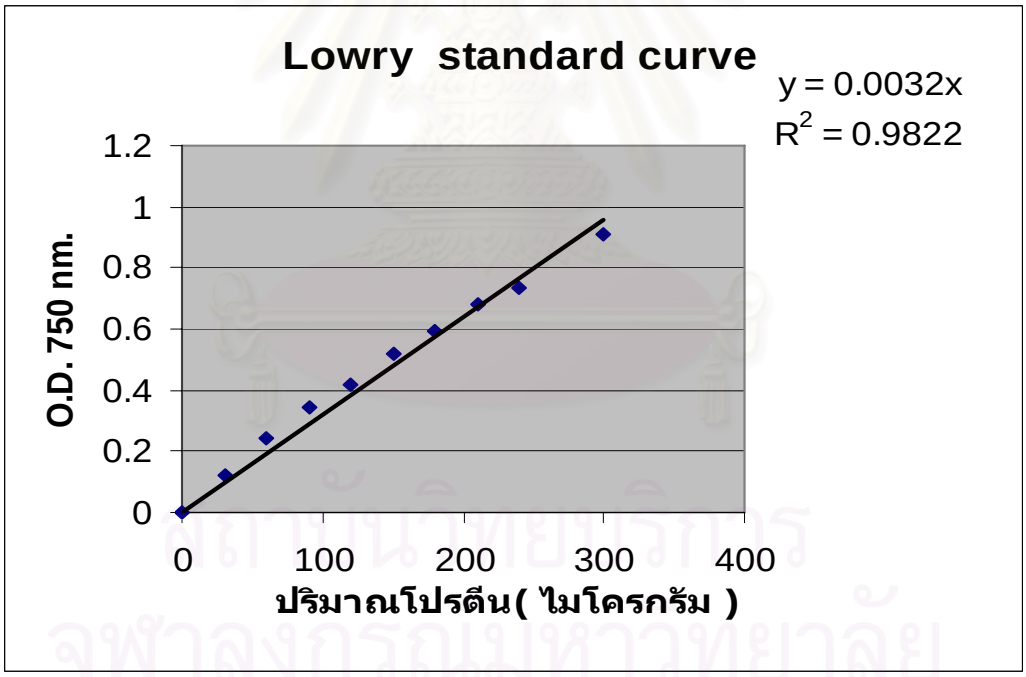
7. รายงานผลการทดลอง และคำนวณปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)} = \frac{\text{ค่าOD 750นาโนเมตร X ความเจือจาง}}{\text{ค่า slope ของ standard X 1000}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ค่า OD ของสารละลาย Bovine serum albumin ความเข้มข้น 0-300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เพื่อทำกราฟมาตรฐาน

หลอดที่	ปริมาณโปรตีน	OD 750 nm.		
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
1	0	0	0	0
2	30	0.105	0.137	0.121
3	60	0.243	0.249	0.246
4	90	0.335	0.347	0.341
5	120	0.413	0.423	0.418
6	150	0.51	0.523	0.5165
7	180	0.585	0.604	0.5945
8	210	0.067	0.689	0.6795
9	240	0.724	0.746	0.735
10	300	0.891	0.925	0.908



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Bovine serum albumin ความเข้มข้น 0-300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

ภาคผนวก ข

องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลอง

ตารางที่ ข.1 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารทดลอง

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	
	โปรตีนถั่วเหลืองป่น*	โปรตีนเซลล์เดี่ยว(ยีสต์)**
Aspartic acid	8.40	4.55
Serine	3.97	2.53
Glutamic acid	13.68	6.45
Glycine	2.98	2.50
Histidine	1.86	0.85
Arginine	5.32	2.35
Threonine	2.98	2.40
Alanine	3.10	2.70
Proline	3.61	1.60
Tyrosine	2.49	1.85
Valine	3.51	2.35
Methionine	0.96	0.83
Lysine	4.55	3.55
Isoleucine	3.10	2.30
Leucine	5.64	3.40
Phenylalanine	3.51	2.05

หมายเหตุ * ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระของโปรตีนถั่วเหลืองป่นจากบริษัท เบสท์ ไซนอปติก (ประเทศไทย) จำกัด

** ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระของโปรตีนเซลล์เดี่ยว(ยีสต์) จากบริษัท ไฮเฮลท์โปร-ดักส์ จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ส่วนผสมและปริมาณของวิตามินรวมที่ใช้ในอาหารทดลอง

ชนิด	ส่วนผสมใน 1 กิโลกรัม	ชนิด	ส่วนผสมใน 1 กิโลกรัม
วิตามินเอ	36000 iu	วิตามินดี3	9000 iu
วิตามินอี	187 mg	วิตามินเค	19 mg
วิตามินบี1	52 mg	วิตามินบี2	97 mg
วิตามินบี6	46 mg	วิตามินซี (Coated)	27830 mg
วิตามินบี12	60 mg	กรดโฟลิก	10 mg
กรดแพนโททินิค	93 mg	อิโนซิทอล	225 mg
ไนอาซิน	130 mg	ไบโอทิน	450 mg
แมกนีเซียม	210 mg	สังกะสี	90 mg
แมงกานีส	105 mg	โคบอลต์	450 mcg
คอปเปอร์	9 mg	ซิลิเนียม	150 mcg
ไอโอดีน	1.8 mg	เหล็ก	90 mg
โซเดียม	117 mg	โปแทสเซียม	1300 mg
แคลเซียม	219 mg		

หมายเหตุ - ผลวิเคราะห์ทั้งหมดจากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม่า จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 ส่วนผสมและปริมาณของแร่ธาตุรวมที่ใช้ในอาหารทดลอง

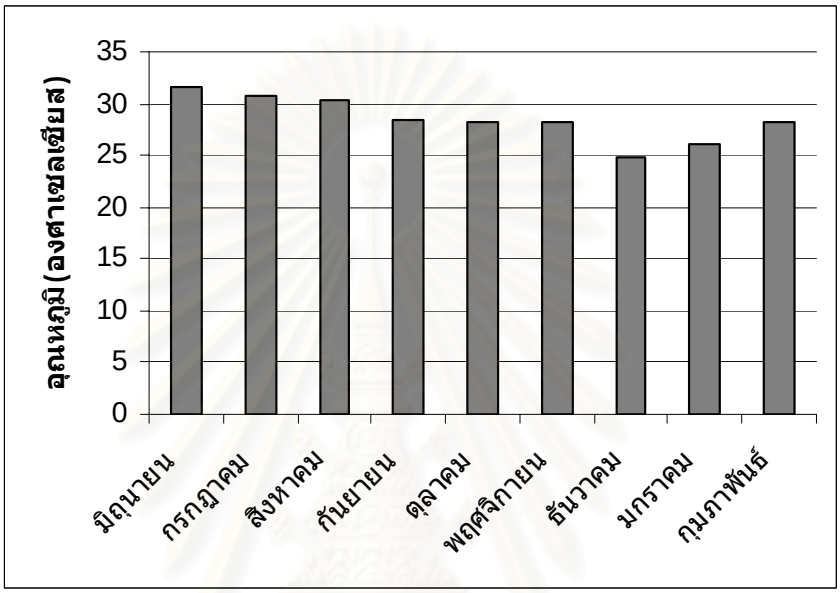
ชนิดแร่ธาตุ	ปริมาณแร่ธาตุ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
แมกนีเซียม	6000
ทองแดง	6000
เหล็ก	6000
สังกะสี	6000
แมงกานีส	6000
โคบอลต์	6000
ซิลิเนียม	300
ไอโอดีน	400
โคลีน คลอไรด์	2400

หมายเหตุ - ผลวิเคราะห์ทั้งหมด จากบริษัท แอ๊ดว้านซ์ฟาร์ม จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี



รูปที่ ค.1 อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2547 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2548

หมายเหตุ: ศึกษาส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมในช่วงเดือน มิถุนายน-พฤศจิกายน

ศึกษาอัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในช่วงเดือน กันยายน-กุมภาพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

รูปที่ ง.1 High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ประกอบด้วย

- ระบบฉีดตัวอย่าง (Waters 717plus Autosampler)
- เครื่องตรวจวัด (Waters 2487 Dual Absorbance Detector: 254 นาโนเมตร)
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Waters 2414 Refractive Index Detector)

ภาคผนวก จ

สัตว์ทดลองและอาหารทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

รูปที่ จ.1 หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus ที่ใช้เป็นสัตว์ทดลองในงานวิจัย

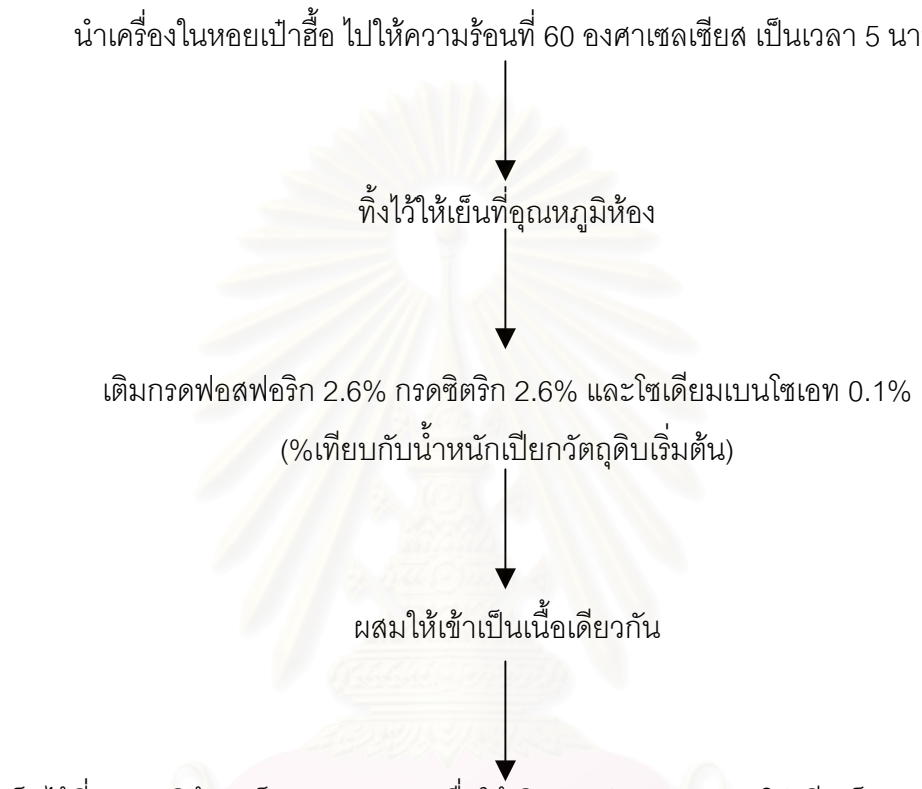
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ จ.2 ตัวอย่างอาหารทดลองที่ใช้ในงานวิจัย สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus

รูปที่ จ.3 อาหารสำเร็จที่ใช้สำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

ภาคผนวก ฉ

ขั้นตอนการเตรียม abalone viscera silage



รูปที่ ฉ.1 ขั้นตอนการเตรียม abalone viscera silage (Viana และคณะ,1994)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อระบบรายตัว

สำหรับการทดลองที่ 3 เรื่องอัตราส่วนพลังงานต่อโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำเร็จสำหรับหอยเป๋าฮื้อ *H .asinina* Linnaeus ในระบบตัวช่วงสัปดาห์ที่ 16 – สัปดาห์ที่ 24 โดยพิจารณาผลการเจริญเติบโตดังนี้

- น้ำหนักหอยเป๋าฮื้อ (กรัม)

- ความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อ (มิลลิเมตร)

- ความกว้างเปลือกหอยเป๋าฮื้อ (มิลลิเมตร)

แสดงผลดังตารางที่ ช.1

หมายเหตุ : เครื่องหมาย " – " หมายถึงไม่มีข้อมูลเนื่องจากหอยเป๋าฮื้อตัวนั้นตาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.1 ผลการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในระบบรายตัว เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 1-10 ในระหว่างสัปดาห์ที่ 16 (เดือนธันวาคม 2547) ถึง สัปดาห์ที่ 24(เดือนกุมภาพันธ์ 2548)

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่1 บ่อ1	0	3.98	28.15	14.41	4.57	30.07	15.03	5.56	32.84	16.07
	1	3.86	28.16	14.41	4.56	30.05	15.04	5.57	32.85	16.05
	2	3.91	28.14	14.42	4.55	30.04	15.02	5.57	32.83	16.04
	3	3.99	28.22	14.42	4.58	30.11	15.01	5.55	32.89	16.08
	4	4.01	28.21	14.45	4.57	30.04	15.07	5.52	32.78	16.04
	5	3.96	28.15	14.36	-	-	-	-	-	-
	6	4.03	28.16	14.37	4.58	30.06	15.06	5.57	32.75	16.04
	7	3.79	28.15	14.38	4.57	30.05	15.04	5.54	32.78	16.07
	8	3.97	28.16	14.35	4.61	30.01	15.05	-	-	-
	X	3.98	28.11	14.39	4.59	30.02	15.05	5.56	32.86	16.01
สูตรที่1 บ่อ2	0	3.99	28.14	14.41	4.55	30.07	15.04	5.52	32.85	16.05
	1	3.98	28.15	14.41	4.57	30.12	15.06	5.71	32.84	16.05
	2	4.02	28.16	14.41	-	-	-	-	-	-
	3	4.03	28.16	14.45	4.58	30.15	15.03	5.58	32.84	16.06
	4	3.91	28.14	14.43	4.56	30.14	15.08	5.56	32.87	16.06
	5	3.88	28.16	14.44	4.58	30.05	15.04	5.59	32.84	16.05
	6	3.91	28.19	14.41	4.57	30.04	15.06	-	-	-
	7	3.94	28.17	14.42	4.52	30.07	15.08	5.49	32.85	16.03
	8	3.99	28.14	14.43	4.56	30.11	15.07	5.55	32.87	16.05
	X	4.01	28.13	14.45	4.58	30.11	15.04	5.58	32.81	16.06

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่2 บ่อ1	0	4.04	28.14	14.42	-	-	-	-	-	-
	1	4.05	28.15	14.41	4.62	30.07	15.04	5.72	32.85	16.11
	2	4.06	28.16	14.42	4.61	30.08	15.08	5.75	32.93	16.09
	3	4.01	28.21	14.42	4.58	30.11	15.06	5.71	32.89	16.08
	4	4.02	28.21	14.46	4.57	30.09	15.07	5.68	32.88	16.12
	5	4.05	28.15	14.36	4.65	30.08	15.09	-	-	-
	6	4.03	28.16	14.37	4.62	30.11	15.06	5.67	32.85	16.13
	7	3.99	28.15	14.37	4.57	30.07	15.08	-	-	-
	8	4.06	28.16	14.35	4.61	30.11	15.05	5.70	32.91	16.10
	X	4.06	28.14	14.39	4.59	30.12	15.05	5.66	32.86	16.09
สูตรที่2 บ่อ2	0	3.98	28.14	14.42	4.65	30.07	15.07	5.72	32.93	16.07
	1	4.06	28.15	14.41	4.57	30.12	15.06	5.71	32.94	16.09
	2	4.05	28.16	14.43	-	-	-	-	-	-
	3	4.02	28.17	14.45	4.59	30.15	15.06	5.68	32.89	16.12
	4	4.03	28.14	14.43	4.56	30.14	15.08	5.66	32.87	16.12
	5	4.08	28.17	14.44	4.58	30.05	15.04	5.69	32.88	16.07
	6	4.06	28.12	14.42	4.57	30.04	15.06	5.71	32.93	16.11
	7	4.07	28.12	14.42	-	-	-	-	-	-
	8	3.99	28.14	14.43	4.60	30.11	15.07	5.71	32.87	16.08
	X	3.96	28.13	14.43	4.63	30.11	15.11	5.68	32.92	16.09

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่3 บ่อ1	0	4.06	28.21	14.47	4.68	30.11	15.08	-	-	-
	1	4.06	28.23	14.42	4.62	30.07	15.04	5.82	32.87	16.10
	2	4.06	28.24	14.45	4.61	30.08	15.08	5.85	32.93	16.09
	3	4.08	28.21	14.44	4.68	30.11	15.06	5.81	32.88	16.07
	4	4.08	28.21	14.46	4.67	30.09	15.07	5.88	32.89	16.12
	5	4.03	28.23	14.46	4.65	30.09	15.04	-	-	-
	6	4.07	28.16	14.48	4.62	30.11	15.06	5.87	32.96	16.15
	7	4.02	28.19	14.48	-	-	-	-	-	-
	8	4.06	28.18	14.45	4.61	30.13	15.05	5.80	32.91	16.10
	X	4.06	28.19	14.49	4.59	30.12	15.05	5.86	32.86	16.09
สูตรที่3 บ่อ2	0	4.09	28.21	14.42	4.65	30.09	15.04	5.90	32.93	16.08
	1	4.07	28.18	14.41	4.57	30.12	15.06	5.81	32.94	16.09
	2	4.06	28.19	14.48	-	-	-	-	-	-
	3	4.02	28.17	14.49	4.59	30.11	15.06	5.88	32.89	16.12
	4	4.05	28.23	14.43	4.66	30.14	15.08	5.86	32.87	16.12
	5	4.08	28.24	14.45	4.58	30.09	15.04	5.89	32.88	16.07
	6	4.06	28.22	14.45	4.65	30.08	15.06	5.87	32.93	16.07
	7	4.07	28.18	14.47	4.69	30.09	15.07	-	-	-
	8	4.05	28.18	14.48	4.66	30.11	15.07	5.85	32.92	16.09
	X	4.08	28.17	14.44	4.63	30.11	15.04	5.81	32.87	16.07

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่4 บ่อ1	0	4.03	28.17	14.41	4.68	30.08	15.08	5.71	32.87	16.13
	1	4.06	28.18	14.42	-	-	-	-	-	-
	2	4.02	28.15	14.45	4.61	30.08	15.07	5.75	32.86	16.14
	3	4.06	28.21	14.44	4.68	30.11	15.06	5.71	32.88	16.09
	4	4.06	28.21	14.40	4.67	30.09	15.07	-	-	-
	5	4.03	28.15	14.38	4.65	30.09	15.05	5.70	32.87	16.11
	6	4.07	28.16	14.39	4.62	30.10	15.06	5.67	32.86	16.15
	7	4.02	28.15	14.38	4.62	30.10	15.08	5.70	32.87	16.14
	8	4.01	28.15	14.41	4.61	30.13	15.05	5.70	32.91	16.10
	X	4.06	28.14	14.42	4.59	30.12	15.05	5.76	32.86	16.11
สูตรที่4 บ่อ2	0	4.02	28.20	14.39	4.65	30.09	15.07	5.70	32.85	16.14
	1	4.07	28.15	14.41	4.57	30.07	15.06	5.71	32.84	16.12
	2	4.04	28.19	14.38	4.63	30.11	15.08	-	-	-
	3	4.02	28.14	14.39	4.59	30.11	15.06	5.68	32.85	16.12
	4	4.05	28.20	14.43	4.66	30.06	15.08	5.66	32.87	16.12
	5	4.02	28.14	14.42	4.58	30.09	15.04	5.69	32.86	16.09
	6	4.06	28.15	14.44	4.65	30.08	15.07	5.67	32.87	16.09
	7	4.02	28.17	14.42	4.69	30.07	15.07	5.70	32.87	16.14
	8	4.05	28.15	14.41	4.66	30.12	15.07	5.75	32.84	16.13
	X	4.01	28.17	14.44	-	-	-	-	-	-

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่5 บ่อ1	0	4.05	28.20	14.45	4.65	30.15	15.06	5.87	32.98	16.12
	1	4.04	28.23	14.42	4.62	30.11	15.07	5.85	32.97	16.10
	2	4.06	28.24	14.45	4.63	30.16	15.08	-	-	-
	3	4.02	28.21	14.44	4.68	30.12	15.06	5.87	32.95	16.09
	4	4.02	28.21	14.47	4.62	30.15	15.07	5.88	32.99	16.14
	5	4.05	28.20	14.46	4.65	30.18	15.05	5.85	32.98	16.15
	6	4.07	28.20	14.47	-	-	-	-	-	-
	7	4.02	28.19	14.48	-	-	-	-	-	-
	8	4.06	28.20	14.46	4.62	30.17	15.04	5.82	32.92	16.12
	X	4.06	28.19	14.48	4.63	30.16	15.05	5.86	32.99	16.09
สูตรที่5 บ่อ2	0	4.05	28.21	14.47	-	-	-	-	-	-
	1	4.07	28.18	14.45	4.67	30.12	15.07	5.84	32.99	16.15
	2	4.06	28.19	14.48	4.68	30.16	15.06	5.87	33.01	16.13
	3	4.02	28.17	14.45	4.65	30.15	15.06	5.82	32.99	16.12
	4	4.05	28.20	14.43	4.66	30.14	15.07	5.86	32.97	16.14
	5	4.08	28.22	14.45	4.58	30.15	15.04	5.86	32.98	16.09
	6	4.06	28.21	14.45	4.65	30.18	15.06	5.87	32.95	16.09
	7	4.07	28.19	14.47	4.67	30.18	15.04	5.85	33.01	16.15
	8	4.05	28.19	14.47	4.66	30.14	15.06	-	-	-
	X	4.07	28.19	14.45	4.65	30.12	15.04	5.86	32.97	16.13

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่6 บ่อ1	0	4.13	28.89	14.61	4.68	30.38	15.12	5.91	33.15	16.15
	1	4.16	28.88	14.62	4.72	30.41	15.11	-	-	-
	2	4.12	28.85	14.65	4.71	30.38	15.09	5.95	33.14	16.14
	3	4.16	28.81	14.64	4.68	30.41	15.11	5.91	33.11	16.11
	4	4.16	28.81	14.60	-	-	-	-	-	-
	5	4.13	28.85	14.58	4.75	30.39	15.11	5.97	33.14	16.12
	6	4.17	28.86	14.59	4.72	30.40	15.12	5.97	33.15	16.17
	7	4.16	28.93	14.58	4.72	30.40	15.12	5.96	33.16	16.16
	8	4.14	28.92	14.61	4.71	30.43	15.11	5.94	33.16	16.17
	X	4.16	28.92	14.62	4.69	30.42	15.12	5.96	33.15	16.16
สูตรที่6 บ่อ2	0	4.13	28.90	14.59	4.65	30.39	15.13	5.96	33.15	16.16
	1	4.17	28.92	14.61	4.67	30.37	15.08	5.91	33.16	16.12
	2	4.15	28.91	14.58	-	-	-	-	-	-
	3	4.12	28.89	14.59	4.69	30.41	15.11	5.98	33.12	16.13
	4	4.15	28.90	14.63	4.76	30.36	15.11	5.96	33.17	16.16
	5	4.12	28.91	14.62	4.68	30.39	15.12	5.96	33.18	16.11
	6	4.16	28.89	14.64	4.75	30.38	15.09	-	-	-
	7	4.12	28.87	14.62	4.69	30.37	15.14	5.90	33.17	16.17
	8	4.15	28.85	14.61	4.66	30.42	15.14	5.95	333.14	16.16
	X	4.11	28.87	14.64	4.72	30.41	15.12	-	-	-

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่7 บ่อ1	0	4.10	28.25	14.40	4.67	30.17	15.04	5.96	33.01	16.13
	1	4.11	28.26	14.40	4.66	30.15	15.03	5.97	33.05	16.15
	2	4.12	28.24	14.42	4.65	30.14	15.02	5.97	33.02	16.14
	3	4.10	28.22	14.42	4.68	30.15	15.05	5.95	33.02	16.18
	4	4.12	28.21	14.42	4.67	30.14	15.06	5.92	33.05	16.14
	5	4.09	28.25	14.39	-	-	-	-	-	-
	6	4.08	28.26	14.39	4.68	30.16	15.06	5.97	32.95	16.14
	7	4.12	28.25	14.38	4.67	30.15	15.04	5.94	32.96	16.17
	8	4.11	28.26	14.37	4.71	30.16	15.04	-	-	-
	X	4.12	28.21	14.39	4.69	30.15	15.05	5.96	32.96	16.11
สูตรที่7 บ่อ2	0	4.11	28.24	14.40	4.65	30.17	15.07	5.92	33.05	16.15
	1	4.12	28.25	14.40	4.67	30.15	15.06	5.91	32.98	16.15
	2	4.08	28.26	14.41	-	-	-	-	-	-
	3	4.07	28.26	14.45	4.68	30.17	15.03	5.98	32.96	16.16
	4	4.10	28.24	14.43	4.66	30.20	15.02	5.96	33.01	16.16
	5	4.11	28.26	14.42	4.68	30.20	15.07	5.99	33.04	16.15
	6	4.12	28.29	14.41	4.67	30.18	15.02	-	-	-
	7	4.11	28.27	14.42	4.62	30.14	15.03	5.99	33.02	16.13
	8	3.09	28.24	14.43	4.66	30.12	15.07	5.95	32.97	16.15
	X	4.10	28.23	14.44	4.68	30.12	15.07	5.98	33.01	16.16

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่8 บ่อ1	0	4.11	28.86	14.65	4.70	30.41	15.10	5.94	33.15	16.15
	1	4.12	28.89	14.62	4.72	30.42	15.12	5.95	33.14	16.15
	2	4.11	28.83	14.65	4.73	30.39	15.12	-	-	-
	3	4.12	28.86	14.64	4.68	30.40	15.11	5.97	33.12	16.12
	4	4.09	28.85	14.67	4.72	30.41	15.14	5.92	33.17	16.16
	5	4.09	28.84	14.66	4.75	30.38	15.13	5.94	33.16	16.15
	6	4.08	28.85	14.67	4.70	30.40	15.14	5.95	33.12	16.15
	7	4.09	28.84	14.68	4.69	30.41	15.11	-	-	-
	8	4.12	28.80	14.66	-	-	-	-	-	-
	X	4.12	28.88	14.68	4.73	30.38	15.11	5.95	33.15	16.16
สูตรที่8 บ่อ2	0	4.12	28.81	14.67	-	-	-	-	-	-
	1	4.11	28.85	14.65	4.67	30.42	15.11	5.94	33.15	16.16
	2	4.12	28.86	14.68	4.68	30.42	15.09	5.97	33.16	16.13
	3	4.13	28.87	14.65	4.70	30.41	15.10	5.92	33.17	16.16
	4	4.09	28.87	14.63	4.66	30.42	15.12	-	-	-
	5	4.09	28.87	14.65	4.68	30.45	15.14	5.96	33.15	16.16
	6	4.10	28.85	14.65	4.71	30.38	15.10	5.92	33.15	16.16
	7	4.11	28.84	14.67	4.67	30.39	15.11	5.95	33.12	16.15
	8	4.12	28.85	14.67	4.71	30.38	15.12	5.94	33.14	16.15
	X	4.09	28.85	14.65	4.72	30.42	15.14	5.96	33.12	16.14

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่9 บ่อ1	0	4.21	28.98	14.66	-	-	-	-	-	-
	1	4.22	28.96	14.65	4.78	30.43	15.17	6.28	33.18	16.18
	2	4.19	28.96	14.64	4.76	30.48	15.18	6.25	33.17	16.19
	3	4.20	28.98	14.67	4.78	30.41	15.16	6.25	33.16	16.18
	4	4.19	28.96	14.69	4.77	30.42	15.17	-	-	-
	5	4.24	28.99	14.65	4.78	30.42	15.19	6.25	33.15	16.20
	6	4.23	29.02	14.67	4.78	30.41	15.16	6.25	33.16	16.17
	7	4.22	29.04	14.68	4.77	30.42	15.18	-	-	-
	8	4.21	28.96	14.67	4.75	30.41	15.15	6.30	33.21	16.19
	X	4.20	28.94	14.62	4.79	30.42	15.15	6.31	33.20	16.19
สูตรที่9 บ่อ2	0	4.20	28.98	14.63	4.75	30.45	15.17	6.32	33.21	16.19
	1	4.21	28.96	14.67	4.74	30.43	15.16	6.31	33.18	16.18
	2	4.21	28.96	14.68	4.75	30.42	15.14	-	-	-
	3	4.22	28.97	14.65	4.79	30.45	15.16	6.28	33.15	16.17
	4	4.23	29.03	14.69	4.76	30.42	15.18	6.27	33.14	16.17
	5	4.24	28.96	14.66	4.78	30.45	15.14	6.26	33.19	16.17
	6	4.25	29.02	14.63	-	-	-	-	-	-
	7	4.17	28.98	14.64	4.78	30.42	15.14	-	-	-
	8	4.23	28.95	14.68	4.80	30.41	15.17	6.30	33.21	16.18
	X	4.23	28.96	14.67	4.78	30.45	15.15	6.29	33.21	16.18

อาหารทดลอง	รหัส	สัปดาห์ที่16			สัปดาห์ที่20			สัปดาห์ที่24		
		น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)	น้ำหนัก (g)	ความยาวเปลือก(mm)	ความกว้างเปลือก(mm)
สูตรที่10 บ่อ1	0	4.11	28.75	14.51	4.67	30.30	15.07	6.25	33.17	16.16
	1	4.11	28.76	14.50	4.68	30.31	15.08	6.27	33.18	16.15
	2	4.11	28.74	14.52	4.65	30.29	15.09	6.25	33.19	16.14
	3	4.12	28.72	14.52	4.68	30.28	15.09	6.27	33.20	16.16
	4	4.12	28.71	14.52	4.69	30.32	15.07	6.28	33.15	16.15
	5	4.09	28.75	14.49	-	-	-	-	-	-
	6	4.09	28.76	14.49	4.68	30.33	15.08	6.22	33.15	16.16
	7	4.12	28.75	14.48	4.66	30.28	15.05	6.23	33.14	16.15
	8	4.11	28.76	14.49	-	-	-	-	-	-
	X	4.12	28.71	14.49	4.69	30.29	15.07	6.25	33.18	16.16
สูตรที่10 บ่อ2	0	4.11	28.74	14.50	4.68	30.28	15.07	6.26	33.15	16.14
	1	4.12	28.75	14.50	-	-	-	-	-	-
	2	4.08	28.76	14.51	4.70	30.33	15.08	-	-	-
	3	4.07	28.76	14.54	4.68	30.30	15.07	6.23	33.15	16.15
	4	4.10	28.74	14.53	4.69	30.31	15.06	6.25	33.14	16.15
	5	4.12	28.76	14.52	4.68	30.31	15.07	6.24	33.18	16.16
	6	4.11	28.79	14.51	-	-	-	-	-	-
	7	4.11	28.77	14.52	4.69	30.31	15.09	6.24	33.18	16.17
	8	4.10	28.74	14.53	4.66	30.28	15.07	6.28	33.18	16.16
	X	4.10	28.73	14.54	4.66	30.27	15.09	6.28	33.18	16.17

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวัลลภ อิ่มสุวรรณ เกิดวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ.2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย