การตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของอัตราการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* Linnaeus,1758

นางสาวสุภลัคน์ ถิรวณิชย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-172-923-5
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INDIRECT RESPONSE TO SELECTION ON GROWTH RATE OF DONKEY'S EAR ABALONE, *Haliotis asinina* LINNAEUS, 1758

Miss Suppaluk Tirawanich

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Sciences in Marine Science
Department of Marine Science
Faculty of Sciences
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-172-923-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของอัตราการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* Linnaeus, 1758
โดย	นางสาวสุภลัคน์ ถิรวณิชย์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.....กรรมการ
(ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ์)

.....กรรมการ
(ดร.พอจำ อรัณยกานนท์)

นางสาวสุภลัคน์ ถิรวณิชย์ : การตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของอัตราการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* Linnaeus, 1758. (INDIRECT RESPONSE TO SELECTION ON GROWTH RATE OF DONKEY'S EAR ABALONE, *Haliotis asinina* LINNAEUS, 1758) อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์
83 หน้า. ISBN 974-172-923-5

ดำเนินโปรแกรมการคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* ซึ่งเป็นหอยเป๋าฮื้อเขตร้อนชนิดที่มีขนาดใหญ่และมีศักยภาพในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ใช้วิธีการคัดเลือกแบบรายตัว โดยดูลักษณะการเติบโตซึ่งแสดงในรูปความยาวเปลือกเป็นเกณฑ์ การทดลองเริ่มในเดือนเมษายน 2543 โดยรวบรวมลูกหอยเป๋าฮื้อขนาดระหว่าง 1.5 ถึง 2.0 ซม. ที่ผลิตได้จากพ่อแม่พันธุ์ธรรมชาติเพื่อสร้างประชากรพื้นฐาน (P_0) เลี้ยงลูกหอยดังกล่าวจนถึงวัยเจริญพันธุ์ ทำโปรแกรมการคัดเลือกโดยแบ่งออกเป็นสภาพการเลี้ยงที่ต่างกัน 2 แบบกล่าวคือ แบบที่ 1 เป็นการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง วันที่ 7 สิงหาคม 2544 เมื่อประชากรพื้นฐานมีอายุ 16 เดือน คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีขนาดโตกว่าค่าเฉลี่ยของประชากร 55 ตัว (คิดเป็น 10% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่ากลุ่มเพิ่มการเติบโต กลุ่มที่มีขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยของประชากร 55 ตัว (คิดเป็น 10% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่มีขนาดเล็กกว่าค่าเฉลี่ยของประชากร 82 ตัว (คิดเป็น 15% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่ากลุ่มลดการเติบโต แบบที่ 2 เป็นการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ วันที่ 4 ธันวาคม 2544 เมื่อประชากรพื้นฐานมีอายุ 19 เดือน คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีขนาดโตกว่าค่าเฉลี่ยของประชากร 58 ตัว (คิดเป็น 15% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่ากลุ่มเพิ่มการเติบโต และกลุ่มที่มีขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยของประชากร 58 ตัว (คิดเป็น 15% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่ากลุ่มควบคุม นำพ่อแม่พันธุ์ของทุกกลุ่มมาผลิตประชากรหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 เปรียบเทียบการเติบโตของลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มคัดเลือกและกลุ่มควบคุมในสภาพการเลี้ยงทั้งสองแบบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทดสอบความแตกต่างในการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองพบว่า การเติบโตของหอยเป๋าฮื้อกลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตเร็วกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มลดการเติบโตคิดเป็น 10.3% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ส่วนการคัดเลือกที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ให้ผลเช่นเดียวกันคือ หอยเป๋าฮื้อที่คัดเป็นกลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตเร็วกว่ากลุ่มควบคุมคิดเป็น 17.4% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในโปรแกรมการคัดเลือกของกลุ่มเพิ่มการเติบโต

ค่าผลตอบสนองต่อการคัดเลือกทางอ้อมของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองที่อายุ 330 วัน การคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโตและลดการเติบโตมีค่า 0.667 ± 0.975 และ -0.186 ± 0.934 ตามลำดับ ค่าอัตราพันธุกรรมที่อายุ 330 วัน ในการคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโตและการคัดเลือกทางลดการเติบโตมีค่า 0.388 ± 0.533 และ -0.199 ± 0.598 ตามลำดับ จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นผลของการคัดเลือกและยืนควบคุมการเติบโต ทั้งนี้การคัดเลือกแบบรายตัวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตหอยเป๋าฮื้อได้ โดยการคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อสามารถกระทำไปพร้อมกับการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ได้

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา ชีววิทยาทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545

4272443523 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEY WORD : INDIVIDUAL SELECTION, RESPONSE TO SELECTION

SUPPALUK TIRAWANICH : REALIZED HERITABILITY ESTIMATION ON GROWTH RATE OF DONKEY'S EAR ABALONE, *Haliotis asinina* LINNAEUS, 1758 THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. PADERMSAK JARAYABHAND, Ph.D. 83 pp ISBN 974-172-923-5

A selective breeding program for commercial abalone, *Haliotis asinina*, used individual selection method for growth rate in the form of shell length as a criteria. The experiment started in April, 2000 by gathering juvenile abalone (1.5-2.0 cm. in shell length) produced from wild-caught broodstocks to create the base population (P_0). These juveniles were grown up until they reached maturation. Selection program was designed to compare 2 different conditions of culture: the experimental-scale condition and the commercial-scale condition. The fully matured broodstock of P_0 of the experimental-scale condition were selected and divided into 3 groups (ie. Fast, Control and Slow) when they were 16 months old. While those of the commercial-scale condition were divided into 2 groups (ie. Fast and Control) when they were 19 months old. Offspring (F_1) produced from each group and grown in each condition were compared for their growth rates.

In the experimental-scale condition, growth rate of F_1 form the Fast group was significantly greater than that of the Control group and that of the Slow group ($p<0.05$). A similar pattern was also observed in the commercial-scale condition. Results obtained from both conditions indicated the possibility of the selection program to increase growth rate in the fast group.

The values of indirect response to selection on growth rate of 330-day old F_1 in the experimental-scale condition for positive and negative selection were 0.667 ± 0.975 and -0.186 ± 0.934 respectively. The values of heritability at 330 days for positive and negative selection were 0.388 ± 0.533 and $-0.199 + 0.598$ respectively. The values of indirect response to selection and heritability of 300-day old F_1 in the commercial-scale condition were unable to obtain due to the loss of individual tag. Data from this study showed that the selective breeding program using individual selection could efficiently increase production of abalone and can be incorporated into the daily operation scheme of commercial-scale farming.

Department Marine science Student's signature…….

Field of study Marinebiology Advisor's signature…….

Academic year 2002

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาชี้แนะและให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ และเปิดโอกาสให้ทำงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณ ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในด้านแนวคิดรวมถึงช่วยกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ อาจารย์รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ในงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ์ และดร.พอำ อรัณยกานนท์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามากเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณสมภพ รุ่งสุภา และคุณชลธยา ทรงรูป ที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือตลอดจนอำนวยความสะดวกต่างๆ ในระหว่างการเลี้ยวหอยเป๋าฮื้อ ขอขอบพระคุณ คุณวรพล สุขอำนิษฐ์ ที่ให้การช่วยเหลือเรื่องระบบน้ำ และอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ต่างๆ ในการเพาะและเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

ขอขอบคุณสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง และสถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลาที่สนับสนุนในด้านสถานที่ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ขอบขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนในด้านเงินทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ภายใต้โครงการ “การผลิตถูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเพื่อส่งเสริมฟาร์มลี้ยงในเชิงพาณิชย์” รหัสโครงการ RDG4220027 โครงการ “การพัฒนาการผลิตหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ในระบบการทำฟาร์มบนบก” รหัสโครงการ RDG4120037 และโครงการ “การพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมืองส่วนที่ 1” : ส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหอยเป๋าฮื้อโดยวิธีการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ รหัสโครงการ PG2/015/2539

ขอขอบคุณ คุณสุนทร เทพมูล คุณพาฝัน เกตุแก้ว คุณฉลอง ท่าฟัก และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชังทุกท่าน ขอขอบคุณ คุณทวี หมัดอะด้ำ คุณณัฐวุฒิ สุชาติ และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลาทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือระหว่างการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

ขอขอบคุณ คุณอาภรณ์ โพธิ์พงศ์วิวัฒน์ คุณสนเทศ เสนะพันธุ์ และเพื่อนๆ รุ่นน้องภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และพี่ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจมาโดยตลอด คุณประโยชน์ใดๆ ที่ผู้อ่านได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขออุทิศให้กับคุณแม่สุ่ยอีด ถิรวณิชย์ สืบไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญรูป.....ญ

บทที่

1. บทนำ.....1

2. สำรวจเอกสาร.....9

3. วิธีการดำเนินงาน.....34

4. ผลการศึกษา.....48

5. วิจารณ์ผลการศึกษา..... 61

6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....66

รายการอ้างอิง.....68

ภาคผนวก.....75

ภาคผนวก ก.....76

ภาคผนวก ข.....78

ประวัติผู้เขียน..... ..83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารชนิดต่างๆ..... 1

2 ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกที่ได้จากการจับจากธรรมชาติและการเพาะเลี้ยง.....2

3 หอยเป๋าฮื้อที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ.....5

4 ระยะเวลาการพัฒนาของไข่และตัวอ่อนของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* และ *H. ovina*.....21

5 การลงเกาะของลูกหอยเป๋าฮื้อที่เพาะพันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง.....49

6 ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือก (SL) น้ำหนักทั้งเปลือก (TW) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ที่อายุต่างๆ ในการสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง.....51

7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 แต่ละบ่อเลี้ยง (replicate) ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง.....53

8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ระหว่างกลุ่มการเติบโต (group) ทั้งสามกลุ่มที่อายุต่างๆกัน หลังจากติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกัน ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง.....53

9 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 แต่ละกลุ่ม ที่อายุ 240 วันและ 330 วัน ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง.....54

10 เปรียบเทียบค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง..... 54

11 สหสัมพันธ์(Pearson correlation) ของความยาวเปลือก (SL) และน้ำหนักทั้งเปลือก (TW) ของหอยเป๋าฮื้อ F_1 ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง.....54

12 ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตรฐานของผลตอบสนองต่อการคัดเลือกทางอ้อม (R) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในกลุ่มคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโตและลดการเติบโตที่ช่วงอายุต่างๆ.....55

13 แสดงสหสัมพันธ์ (Pearson correlation) ของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ที่อายุต่างๆ.....56

14 การลงเกาะของลูกหอยเป๋าฮื้อ F_1 ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์.....56

15 ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือก (SL) น้ำหนักทั้งเปลือก (TW) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์.....58

ตารางที่ หน้า

16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 แต่ละบ่อเลี้ยง (replicate) ที่อายุต่างๆในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์.....58

17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ระหว่างกลุ่มการเติบโต (group) ทั้งสองกลุ่มที่อายุต่างๆกัน หลังจากติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกัน ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์.....60

18 เปรียบเทียบค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ที่อายุ 180 วันและ 300 วัน ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์.....60

19 ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตรฐานของผลตอบสนองทางอ้อม (R) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในกลุ่มคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโต.....60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* ในรอบปี ของสถานีฯเกาะสีชัง.....	3
2	สัดส่วนเนื้อที่สามารถนำมาบริโภคของหอยเป๋าฮื้อชนิดต่างๆ.....	4
3	ผลผลิตสัตว์น้ำภายใต้โปรแกรมการคัดเลือก.....	6
4	แผนภาพแสดงโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ในสัตว์น้ำ.....	7
5	เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina*.....	10
6	เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis ovina*.....	10
7	เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis varia*.....	10
8	อวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ.....	11
9	แสดงการไหลเข้าออกของกระแสน้ำผ่านลำตัวของหอยเป๋าฮื้อ.....	12
10	หอยเป๋าฮื้อเพศผู้.....	15
11	หอยเป๋าฮื้อเพศเมีย.....	15
12	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 0 ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้.....	16
13	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 0 ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย.....	16
14	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 1 ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้.....	16
15	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 1 ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย.....	16
16	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 2 ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้.....	17
17	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 2 ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย.....	17
18	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 3 ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้.....	17
19	เซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 3 ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย.....	17
20	วงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ.....	19
21	แผนภาพแสดงโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อประมาณค่าผลตอบสนองต่อการคัดเลือกในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina*.....	36
22	แผนผังแสดงระบบการหมุนเวียนแบบเปิดในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ.....	37
23	นำพ่อแม่พันธุ์ที่คัดแยกมากระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์.....	40
24	นำลูกหอยลงเกาะในถังไฟเบอร์กลาสที่มีแผ่นอาหารแขวนอยู่.....	41
25	อาหารสำเร็จรูป.....	42

รูปที่		หน้า
26	ห้องทดลองแบบเปียก……	42
27	บ่อผ้าใบขนาด 1.0x8.5x0.7 เมตร สำหรับการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อแบบระบบพาณิชย์..	46
28	บ่อซีเมนต์ขนาด 1.0X10.0X0.6 เมตร ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา……..……..	47
29	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเปลือกเป็น เซนติเมตร กับอายุเป็นวันของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1แต่ละกลุ่มการเติบโตในการเพาะเลี้ยงแบบระบบทดลอง……..	52
30	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการเติบโตระหว่างความยาวเปลือกเป็น เซนติเมตร กับอายุเป็นวัน ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตและกลุ่มควบคุม ในการเพาะเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์……	59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่1

บทนำ

หอยเป๋าฮื้อจัดเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่ที่ได้รับการสนับสนุนทางด้านการวิจัยและพัฒนา เพื่อให้สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์และมีเป้าหมายเพื่อการส่งออกไปแข่งขันในตลาดโลก เนื่องจากเป็นอาหารทะเลที่มีราคาสูง ราคาซื้อขายหอยเป๋าฮื้อมีชีวิต (live abalone) ขนาด 40-50 ตัว/กิโลกรัม ราคาประมาณกิโลกรัมละ 1,000-1,500 บาท และขนาด 10 ตัว/กิโลกรัม ราคาประมาณ 2,300-3,800 บาท/กิโลกรัม (สิทธิศักดิ์ เหมืองสิน, 2545) ตลาดหอยเป๋าฮื้อที่สำคัญได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น จีน และฮ่องกง หอยเป๋าฮื้อนอกจากมีรสชาติดีแล้วยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อีกทั้งมีปริมาณไขมันและแคลอรี่ต่ำ เมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดอาหาร	โปรตีน	ไขมัน	% แคลอรี่จากไขมัน
หอยเป๋าฮื้อ	19.4	0.9	6.8
ปลาหมึก	17.7	1.6	13.8
กุ้ง	23.0	2.0	15.0
หอยนางรม	5.9	1.8	24.2
ไก่	24.0	4.8	30.0
หมู	19.9	12.0	52.5
ปลาแซลมอน	22.6	12.3	53.5
เนื้อวัว	21.9	14.2	57.6

ข้อมูลจาก U.S. Department of Agriculture (อ้างตาม สิทธิศักดิ์ เหมืองสิน, 2545)

หอยเป๋าฮื้อเป็นหอยทะเลฝาเดียวที่สามารถนำทุกส่วนของตัวหอยมาใช้ประโยชน์ โดยนอกจากนำเนื้อมาบริโภคแล้ว เปลือกของหอยเป๋าฮื้อยังสามารถนำมาทำเครื่องประดับได้ เพราะเปลือกของหอยเป๋าฮื้อมีลักษณะมันแวว ด้านในมีสีมุก ชาวญี่ปุ่นมักจะนำเปลือกหอยเป๋าฮื้อมาทำเป็นเครื่องประดับ เช่น โต๊ะฝังมุก กรอบรูปฝังมุก หรือทำเป็นเข็มกลัด เป็นต้น (ลิลา เรืองแป้น, 2543) จากการใช้ประโยชน์ดังที่กล่าวมา ทำให้มีการจับหอยเป๋าฮื้อจากธรรมชาติเป็นจำนวนมาก เป็นผลให้ปริมาณหอยเป๋าฮื้อในธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากปริมาณการจับหอยเป๋าฮื้อจากธรรมชาติ ในปี ค.ศ. 1989 มีประมาณ 14,830 ตัน Gordon and Cook (2001)

ประเมินว่าในปี ค.ศ. 1999 ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากธรรมชาติจะมีปริมาณ 10,150 ตัน ลดลงประมาณ 30% ของปริมาณผลผลิตหอยเป๋าฮื้อในปี ค.ศ. 1989 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหอยเป๋าฮื้อมีการเติบโตช้า และมีการทำประมงหอยเป๋าฮื้อมากขึ้น ในขณะที่กำลังการผลิตจากธรรมชาติเริ่มลดลงแต่ความต้องการบริโภคหอยเป๋าฮื้อยังคงเท่าเดิมและมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น (ประมาณ 20,000 ตัน/ปี) การเพาะเลี้ยงจึงเป็นส่วนสำคัญในการทดแทนปริมาณความต้องการของผู้บริโภค หากดูจากผลผลิตหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในปี ค.ศ. 1989 มีเพียง 1,220 ตัน Gordon and Cook (2001) ประเมินว่า ในปี ค.ศ.1999 ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อของโลกที่ได้จากการเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นเกือบ 600% ของผลผลิตที่ได้ในปี ค.ศ. 1989 โดยจะเพิ่มเป็นประมาณ 7,775 ตัน ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ประเทศในแถบเอเชียมีการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อถึง 75% ของประเทศที่เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทั่วโลก ประเทศที่มีการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อมากที่สุดคือ ประเทศจีนและไต้หวัน

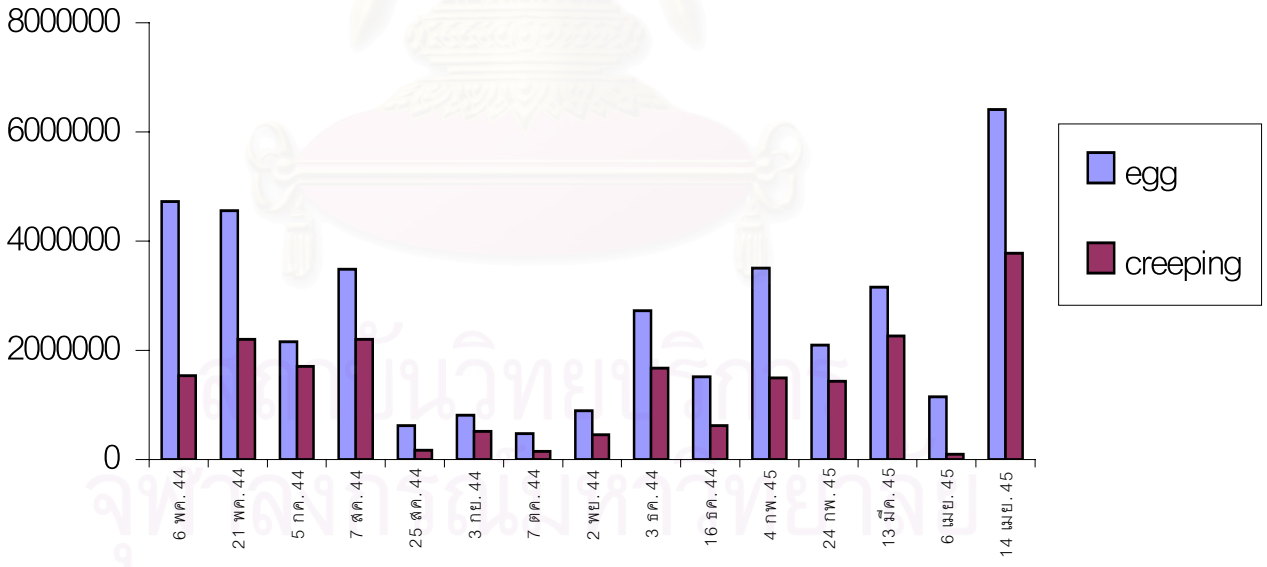
ตารางที่ 2 ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกที่ได้จากการจับจากธรรมชาติและการเพาะเลี้ยง

แหล่งที่มา	ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อ (ตัน)	
	ปี ค.ศ. 1989	ปี ค.ศ. 1999
จับจากธรรมชาติ	14,830	10,150
การเพาะเลี้ยง	1,220	7,775

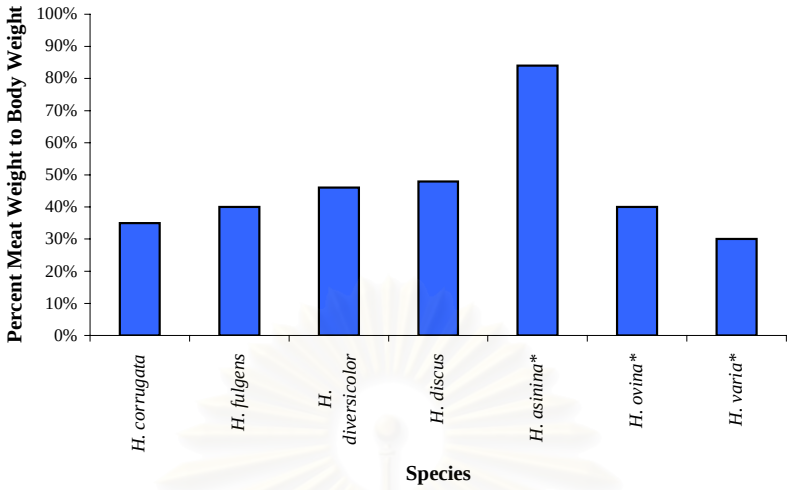
ที่มา: Gordon and Cook (2001)

หอยเป๋าฮื้อมีแพร่กระจายทั่วโลกประมาณ 75 ชนิด แบ่งเป็น 2 ประเภท คือหอยเป๋าฮื้อที่อาศัยอยู่ในเขตอบอุ่นเป็นพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ ความยาวเปลือกสูงสุด 30 เซนติเมตร และหอยเป๋าฮื้อที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนจะมีขนาดเล็กกว่าในเขตอบอุ่น โดยมีขนาดประมาณ 4-8 เซนติเมตร ในจำนวนนี้พบว่ามีมากกว่า 20 ชนิดที่มีความสำคัญทางการค้า (ตารางที่ 3) ประเทศที่มีการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อออกจำหน่ายสู่ตลาดโลกได้แก่ ประเทศเม็กซิโก ญี่ปุ่น จีน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ แอฟริกาใต้ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ไต้หวัน และเกาหลี (คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544) หอยเป๋าฮื้อที่นิยมนำมาบริโภคจะเป็นหอยเป๋าฮื้อขนาดใหญ่มีความยาวเปลือกประมาณ 7-9 เซนติเมตร แต่มีหอยเป๋าฮื้อขนาดเล็กของไต้หวันชนิด *Haliotis diversicolor supertexta* สามารถส่งไปขายยังตลาดในประเทศจีน ญี่ปุ่น และเกาหลีได้ ปัจจุบันจึงเกิดตลาดหอยเป๋าฮื้อที่มีน้ำหนักแค่ 25-50 กรัมหรือมีความยาวเปลือก 4-6 เซนติเมตร ซึ่งเรียกว่าเป็นขนาดคอกเทล (cocktail size abalone) อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลผลิตหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงทำให้ในปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อมากขึ้น และเร่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิต

ประเทศไทยมีหอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมือง 3 ชนิดคือ *Haliotis asinina, H. ovina* และ *H. varia* (อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และสมชัย บุศราวิช, 2531; Jarayabhand and Paphavasit,1996) หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* มีขนาดใหญ่ที่สุดในจำนวน 3 ชนิด และมีศักยภาพที่จะนำมาเลี้ยงเชิงพาณิชย์ สามารถส่งขายทั้งตลาดในประเทศในขนาดคอกเทล (20-40 ตัว/กิโลกรัม) และตลาดต่างประเทศในขนาดสเต็ก (steak size) ซึ่งมีน้ำหนักตัวละ 100 กรัม ขึ้นไป เนื่องจากเหตุผล 3 ประการคือ ประการแรก หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* เป็นหอยในเขตร้อนจึงมีอัตราการเติบโตเร็ว และใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเพียง 2-2.5 ปี ก็จะได้หอยเป๋าฮื้อขนาด 100 กรัม (สิทธิศักดิ์ เหมืองสิน, 2545) ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อในเขตอบอุ่นมีการเติบโตช้าและใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 4-5 ปี (www.abalone California.com) ประการที่ 2 หอยเป๋าฮื้อชนิดนี้สามารถเพาะพันธุ์ได้ตลอดปี (year-round spawn) (รูปที่1) ซึ่งต่างจากหอยเป๋าฮื้อในเขตอบอุ่นซึ่งจะวางไข่ตามฤดูกาล (single spawn) ประการสุดท้าย หอยเป๋าฮื้อชนิดนี้ที่ขนาด 100 กรัม มีสัดส่วนเนื้อที่นำมาบริโภคได้มากถึง 84% ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อชนิดอื่นมีเพียง 30-46% เท่านั้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 การเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* ในรอบปีของสถานีฯ เกาะสีชัง
ที่มา: โครงการ “การผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเพื่อส่งเสริมฟาร์มเลี้ยงในเชิงพาณิชย์”



รูปที่ 2 สัดส่วนเนื้อที่สามารถนำมาบริโภคของหอยเป๋าฮื้อชนิดต่างๆ
ดัดแปลงจาก Jarayabhand and Paphavasit (1996) และ www. phuketabalone.com
* หอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมืองของไทย

ปัญหาของการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำ คือ ผู้เพาะเลี้ยงส่วนใหญ่มักจะให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงสูตรอาหาร ดูแลคุณภาพน้ำ ปรับปรุงเทคนิคการเลี้ยง และการจัดการฟาร์มต่างๆ วิธีการต่างๆเหล่านี้เป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของตัวสัตว์น้ำเอง ทำให้ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นแต่หลังจากนั้นก็จะคงที่ ในรุ่นต่อๆไป แม้ว่าจะยังคงสภาพการเลี้ยงที่ดีไว้เหมือนเดิมก็ไม่อาจคาดคะเนได้ว่าจะได้ผลผลิตเท่ากับรุ่นก่อนๆ เพราะการคัดเลือกสัตว์น้ำเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ของรุ่นถัดไปไม่ได้ใช้คุณสมบัติทางพันธุกรรมซึ่งเป็นลักษณะพื้นฐานทางชีววิทยาที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต แต่ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในการจัดการฟาร์ม เช่น ความสะดวกในการเพาะพันธุ์ของเจ้าหน้าที่ จำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่มีความพร้อมที่จะนำเข้าเพาะพันธุ์ในช่วงนั้น ซึ่งการพัฒนาไม่ได้กระทำในระดับยีน (gene) ดังนั้นประชากรรุ่นลูกอาจมาจากพ่อแม่ที่มียีนด้อยปะปนมา ทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่ารุ่นพ่อแม่ หากมีการพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงควบคู่ไปกับการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณจะเป็นการพัฒนาพันธุกรรมของสัตว์ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมมีผลต่อลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) ของสิ่งมีชีวิต จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าหากมุ่งเน้นไปด้านการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียว ผลผลิตที่ได้ต่อรุ่นจะคงที่ หรืออาจลดลงหากมีการผสมพันธุ์ในกลุ่มเลือดชิด แต่เมื่อใดก็ตามที่มีการนำโปรแกรมการคัดเลือกเข้ามาเสริม ผลผลิตต่อรุ่นที่ได้จะมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากสัตว์น้ำที่มีลักษณะตามที่ต้องการจะถูกคัดเลือกไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ตาม

โปรแกรมการคัดเลือก และจะสามารถถ่ายทอดลักษณะนั้นๆไปสู่รุ่นต่อๆไปได้ และเมื่อนำการคัดเลือกมาใช้ร่วมกับการผสมข้ามพันธุ์ (cross breeding) จะยิ่งเป็นการพัฒนาผลผลิตสัตว์น้ำให้สูงขึ้น (Tave,1993)

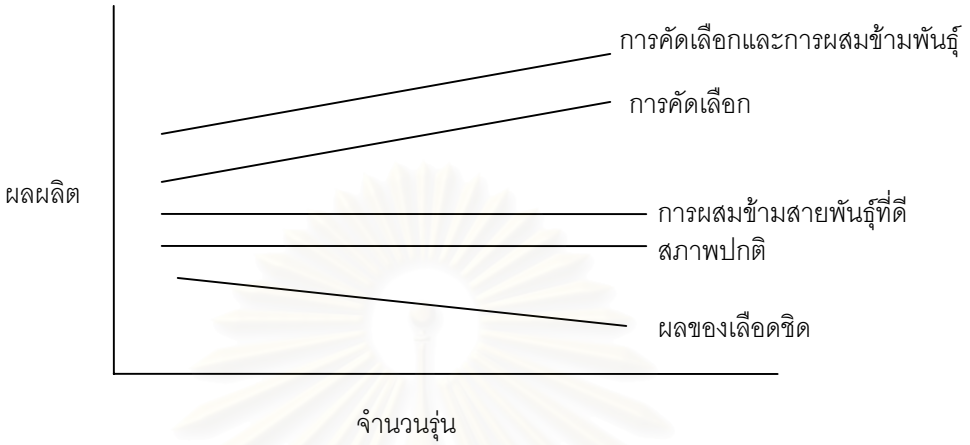
ตารางที่ 3 หอยเป๋าฮื้อที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
North America		
H. rufescens	Red abalone	> 275
H. fulgens	Green, southern green abalone	125-200
H. corrugata	Pink หรือ corrugated abalone	150-175
H. sorenseni	White หรือ sorensen abalone	120-200
H. cracherodii	Black abalone	75-125
H. assimilis	Threaded abalone	< 100
H. walallensis	Flat หรือ northern green abalone	75-125
H. kamtschatkana	Pinto abalone	100
Japan, Korea and Taiwan		
H. discus hannai	Ezo awabi	180-200
H. discus	Kuro awabi, oni และ onigai	200
H. diversicolor supertexta	Tokobushi	50
H. gigantea	Madaka	250
H. sieboldii	Megai	170
*H. asinina**	Mimigai	70-100
Australia		
H. ruber	Black-lip หรือ red-ear shell abalone	120-140
H. laevigata	Green-lip abalone	130-140
H. roei	Roe's abalone	70-80
New Zealand		
H. iris	Paua หรือ black paua	170
H. australis	Silver หรือ queen paua	125
H. virginea	Virgin paua	70
France		
H. tuberculata	Ormer	120
South Africa		
H. midae	Perlemoen	90

* ชนิดที่พบในประเทศไทย

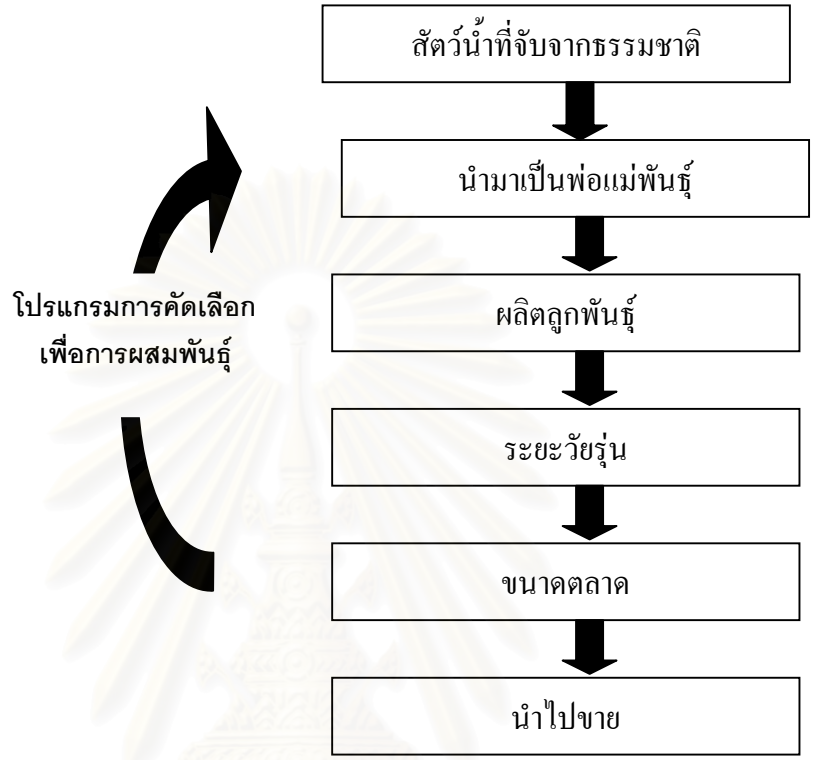
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา: Jarayabhand and Paphavasit (1996)



รูปที่ 3 ผลผลิตสัตว์น้ำภายใต้โปรแกรมการคัดเลือก (ดัดแปลงจาก Tave, 1993)

การทำโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ (selective breeding program) เป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำครบวงจรควบคู่ไปกับการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป โดยการรวบรวมสัตว์น้ำจากธรรมชาตินำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ ผลิตลูกพันธุ์จากพ่อแม่พันธุ์ดังกล่าว เลี้ยงจนเป็นตัวเต็มวัย เมื่อสัตว์น้ำได้ขนาดตลาด จะคัดเลือกส่วนหนึ่งมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ อีกส่วนหนึ่งนำมาขายตามขนาดที่ตลาดต้องการ ดังรูปที่ 4 การทำโปรแกรมการคัดเลือกนอกจากจะเป็นการลดปริมาณการจับจากธรรมชาติลงแล้ว ยังเป็นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ผลผลิตที่ได้ต่อรุ่นสูงขึ้นด้วย เพราะผลของการคัดเลือกที่ได้ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน (gene frequency) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่สามารถมองเห็นได้ สิ่งที่มองเห็นได้จะเป็นเพียงลักษณะภายนอกที่แสดงออกมา ซึ่งสามารถดูการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้จากการวัดความยาวหรือชั่งน้ำหนัก แล้วหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากรนั้นๆ ซึ่งจะสามารถประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของสัตว์น้ำนั้นๆ และทำนายความก้าวหน้าหรือการตอบสนองต่อการคัดเลือก เพื่อเป็นดัชนีบ่งบอกถึงแนวทางในการเลือกวิธีการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิต



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ในสัตว์น้ำ
ดัดแปลงจาก Jarayabhand (1991)

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในเชิงพาณิชย์ ยังประสบปัญหาในเรื่องเทคนิคการเพาะเลี้ยง และระยะเวลาในการเลี้ยงที่ยาวนานเมื่อเทียบกับการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เช่น กุ้งกุลาดำ หรือปลากะพงขาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องการจัดการพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ซึ่งเป็นชนิดที่มีขนาดใหญ่และมีศักยภาพในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์มาทำโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ ใช้อัตราการเติบโตซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจเป็นเกณฑ์ และใช้วิธีการคัดเลือกสัตว์จากการวัดลักษณะของสัตว์แต่ละตัว (individual selection) โดยเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองและในสภาพเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ เพื่อหาค่าการตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงทั้งสองแบบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* ในการผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองและสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์
2. เพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* ในการผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองและสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของอัตราการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อ ที่ผลิตและเลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองและสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม ซึ่งจะมีประโยชน์ในการจัดโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์หอยเป๋าฮื้อให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

สำรวจเอกสาร

หอยเป๋าฮื้อที่พบทั่วโลกเฉพาะที่มีรายงานและทราบชนิดแล้ว มีประมาณ 75-100 ชนิด ทุกชนิดอยู่ในสกุลเดียวกันทั้งสิ้น โดยมีชื่อสกุลเป็นภาษาลาตินว่า *Haliotis* ซึ่งมีความหมายว่า หูทะเล (sea ear) เนื่องจากลักษณะเปลือกมีรูปร่างแบนคล้ายใบหูของมนุษย์ หรือใบหูของลา จึงมีชื่อสามัญว่า Donkey's ear ซึ่งมาจากคำภาษา Spanish-American ว่า aulon หรือ aulone โดยมีชื่อสามัญเป็นภาษาไทยว่า หอยเก้ารู หอยร้อยรู หอยโข่งทะเล ปัจจุบันใช้ชื่อว่า หอยเป๋าฮื้อ

2.1 อนุกรมวิธานและชีววิทยาบางประการของหอยเป๋าฮื้อ

2.1.1. อนุกรมวิธานของหอยเป๋าฮื้อ

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Subclass Prosobranchia

Order Archeogastropoda

Suborder Zygobranchia

Superfamily Pleurotomariacea

Family Haliotidae

Genus *Haliotis*

2.1.2. สัณฐานวิทยาของหอยเป๋าฮื้อ

ลักษณะภายนอกของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อเป็นหอยทะเลฝาเดียว มีรูปร่างแบน มีลักษณะกลมคล้ายใบหูคน เปลือกด้านในเป็นมุก ส่วนยอด (apex) มีขนาดเล็กมาก ช่องเปิดของเปลือกด้านท้องกว้างมากปกคลุมส่วนเนื้อทั้งหมด ไม่มีฝาปิดเปลือก (operculum) ลักษณะและรูปร่างเปลือกของหอยเป๋าฮื้อแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน (วันทนา อยู่สุข, 2528) หอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* เปลือกจะบางยาวเรียว ผิวเปลือกเรียบ ส่วนหัวเป็นสันโค้ง เปลือกมีสีเขียวมะกอกหรือสีเขียวปนน้ำตาล เปลือกด้านในมีสีชมพูและเขียว (รูปที่ 5) หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina* เปลือกค่อนข้างแข็ง กลม รี ส่วนยอดยกสูงขึ้นเล็กน้อย และบริเวณใกล้ๆมีเส้นขอบแผ่เป็นรัศมีไปรอบๆ แต่ละเส้นมีขอบสันขึ้นเป็นแถว เปลือกมีสีเขียวมะกอกแต้มด้วยสีขาวหรือสีครีมเป็นแถบๆ เปลือกด้านนอกขรุขระและมักมีเพรียงฟองน้ำ สาหร่ายเซลล์เดียวหรือ red coralline algae เกาะติดอยู่ (รูปที่ 6) ส่วนหอยเป๋าฮื้อชนิด

H. varia เปลือกค่อนข้างแข็ง มีสีน้ำตาลแดง รูปร่างกลมรี ส่วนหัวแบนยกขึ้นเล็กน้อย ผิวเปลือกขรุขระ มีเส้นขึ้นเป็นขอบอยู่ทั่วเปลือก (รูปที่ 7)

รูปที่ 5 เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina*
ที่มา: www.sbnature.org/geiger/worldmap.html.

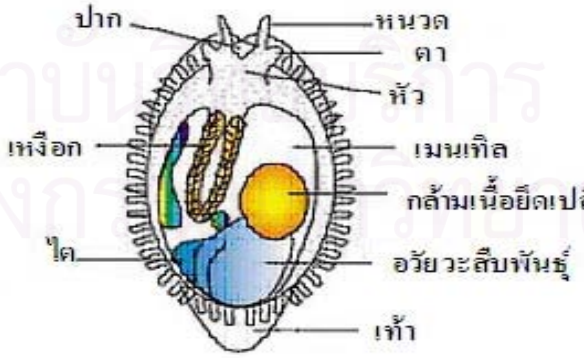
รูปที่6 เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis ovina*
ที่มา: www.sbnature.org/geiger/worldmap.html

รูปที่ 7 เปลือกหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis varia*
ที่มา: www.sbnature.org/geiger/worldmap.html.

ตามขอบด้านซ้ายของเปลือกมีรูเรียงกันตามแนวขอบเปลือก โดยจะเรียงตัวไปตลอดความยาวเปลือกจนถึงส่วนหัว ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของหอยเป๋าฮื้อจึงได้ชื่อว่า หอยร้อยรู หรือหอยเก้ารู รูต่างๆ ที่ปรากฏนี้ใช้ในการหายใจ ขับถ่ายของเสีย ปล่อยน้ำเชื้อและไข่ รูเหล่านี้จะเรียงอยู่ด้านเหนือส่วนที่เป็น mantle cavity รูแรกเกิดขึ้นเมื่อหอยมีขนาดความยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร หรือมีอายุ 28-30 วัน และรูใหม่จะเกิดขึ้นถัดจากรูแรกเมื่อหอยโตขึ้น ส่วนรูแรกจะถูกปิดจากด้านในซึ่งจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาที่หอยเจริญเติบโต และรูที่ถูกปิดจะยังคงปรากฏให้เห็นอยู่บนเปลือก เหลือรูเปิดไว้เป็นจำนวนตายตัวตามชนิดของหอย เช่น *H. asinina* จะมีรูเปิดบนเปลือกหอย 5-7 รู *H. ovina* มีรูเปิด 4 รู ส่วน *H. varia* มีจำนวนรูเปิด 4-5 รู (อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และ ยอห์น ฮิลลิแบร์ก, 2529)

ลักษณะภายในของหอยเป๋าฮื้อ

เมื่อเปิดส่วนของเปลือกนอกออกจะเห็นอวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ ดังรูปที่ 8 ส่วนของหัวประกอบด้วยตา 1 คู่ tentacle 1 คู่ และปาก มีฟันเป็นแบบ radula ซึ่งจะตั้งอยู่บริเวณตั้งแต่ปากไปจนถึงกลางลำตัว โดยมี hyoid cartilages (odontophore) อยู่ 1 คู่ ช่วยยึดส่วนของ radula และมีต่อมน้ำลาย (salivary gland) สีส้มอยู่ทางด้านบนของปาก ทางเดินอาหารจะเริ่มจากปากแล้วไปสิ้นสุดที่ anus ดังนั้นเมื่อหอยกินอาหารเข้าไป ปากจะทำหน้าที่บดอาหารให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยใช้ radula teeth ในลักษณะขูดกิน (graze) ซึ่ง radula จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและหลังเมื่อบดเคี้ยวอาหาร แล้วจึงปล่อยให้อาหารเคลื่อนผ่านคอหอย (oesophagus) ซึ่งมีส่วนที่เป็นกระเปาะ (oesophagus pocket) อยู่ 2 ด้านทั้งซ้ายและขวา จากนั้นอาหารจะเคลื่อนผ่านต่อไปยัง crop, stomuch, spiral caecum และ intestine ก่อนที่ส่วนที่ร่างกายไม่ต้องการและของเสียจะถูกขับออกทางทวารหนัก (Hahn,1989)



รูปที่ 8 อวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ

ที่มา: www.oceanlink.island.net/abaloneproject.html.

ช่องเหงือก (gill chamber) อยู่ทางด้านซ้ายของกล้ามเนื้อเปลือก (shell muscle) ประกอบด้วย เหงือกขนาดใหญ่ขนานกัน 1 คู่ ของเสียต่างๆ และเซลล์สืบพันธุ์จะถูกขับออกมาทางส่วนท้ายของช่องนี้ หอยเป๋าฮื้อหายใจโดยให้กระแสน้ำไหลผ่านเข้าในลำตัวจากส่วนหัวไปยังช่อง mantle cavity ภายในทางด้านซ้าย โดยผ่านเข้าทางรูที่อยู่ด้านหน้า 2 รูแรก ผ่านเหงือกแล้วออกทางรูเปิดด้านบน 3 รูหลัง (คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544) ดังรูปที่ 9 ขณะที่น้ำไหลออกก็จะนำเอาของเสียออกมาด้วย นอกจากนี้บน mantle ยังมี epipodial tantacle เส้นเล็กๆ หลายเส้นยาวผ่านช่องหายใจ ซึ่งจะคอยปัดเขี่ยพวกกรวดทราย หรือสิ่งที่ไม่ต้องการไม่ให้ผ่านเข้าไปทางรูเปิด

รูปที่ 9 แสดงการไหลเข้า-ออกของกระแสน้ำผ่านลำตัวของหอยเป๋าฮื้อ
ที่มา: www.oceanlink.island.net/abaloneproject.html

อวัยวะสืบพันธุ์จะพัฒนาอยู่รอบๆ ต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancreas) โดยจะห่อหุ้มอวัยวะย่อยอาหารรูปกรวยที่เรียกว่า conical appendage ไว้ ส่วนของลำไส้ยื่นเข้าไปในหัวใจและเปิดออกทางทวารหนัก หัวใจมี 3 ห้อง คือ ventricle 1 ห้องและ auricle 2 ห้อง

ส่วนเท้าเป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่มาก ใช้ในการเคลื่อนที่ ยึดเกาะ และกดเปลือกให้ติดแน่นกับพื้นผิว กล้ามเนื้อเท้าเจริญอยู่บนส่วนกลางด้านหลังและติดอยู่ด้านในของเปลือกหอย มีกล้ามเนื้อเล็กๆ 1 อัน อยู่ทางด้านซ้ายของลำตัวเพื่อช่วยยึดส่วนเนื้อด้านซ้ายของหอยให้ติดกับด้านในของเปลือก ตามขอบของส่วน mantle มีหนวดสั้นๆ เรียงเป็นแถวเรียก epipodial tentacle ทำหน้าที่ในการรับสัมผัสต่างๆ ทั้งนี้สีของกล้ามเนื้อเท้ามีความแตกต่างกันในหอยเป๋าฮื้อแต่ละชนิด โดยในเขตอบอุ่นหอยเป๋าฮื้อชนิด paua ของ New Zealand (*H. virginia*) กล้ามเนื้อเท้ามีสีเหลือง (Fallu, 1991) ในประเทศออสเตรเลียจะตั้งชื่อสามัญของหอยเป๋าฮื้อแต่ละชนิดตามสีของกล้ามเนื้อเท้า เช่น brown lip (*H. concipora*) green lip (*H. laevigata*) (www.wa.gov.au) ส่วนหอยเป๋าฮื้อของไทย *H. asinina* กล้ามเนื้อเท้ามีสีน้ำตาล *H. ovina* และ *H. varia* กล้ามเนื้อเท้ามีสีส้ม (อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และ ยอห์น ฮิลลิแบร์ก, 2529)

2.1.3. แหล่งที่อยู่อาศัย

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งในเขตน้ำขึ้นน้ำลง (intertidal) จัดเป็นสัตว์น้ำประเภท true marine species ซึ่งจะพบเฉพาะในบริเวณที่มีความเค็มของน้ำทะเล 28-36 ส่วนในพันส่วน อาศัยอยู่ใต้โขดหิน ซอกหิน รอยแยกหรือรอยแตกของหิน รวมทั้งซากปะการังต่างๆ ที่มีสาหร่ายขึ้นปกคลุม ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ๆ มีน้ำใส มีแสงส่องถึงที่ระดับความลึกตั้งแต่ 2-10 เมตร Cox (1962) กล่าวว่า หอยเป๋าฮื้อต้องการแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีอุณหภูมิและความลึกที่เหมาะสม บริเวณที่อาศัยส่วนใหญ่จะเป็นหินซึ่งมีขนาดที่จะสามารถหลบซ่อนตัวจากศัตรูได้ รวมทั้งมีอาหารซึ่งเป็นสาหร่ายอย่างเพียงพอ และบริเวณนั้นๆ จะต้องมีความเค็มคงที่ มีการหมุนเวียนของน้ำ เพื่อการถ่ายเทของเสีย ด้วยเหตุนี้จึงพบหอยเป๋าฮื้อบริเวณหาดหิน โดยจะไม่พบบริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำจืดและตะกอนดิน นอกจากนี้ยังพบว่าหอยเป๋าฮื้อมักจะอาศัยอยู่บริเวณเดียวกับ เม่นทะเล ปลิงทะเล ดาวทะเล และลิ่นทะเล (อรวรรณ แซ่โง้ว, 2535) หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina* อาศัยอยู่บริเวณโขดหินและซอกหินที่ระดับความลึกตั้งแต่ 1.5-4 เมตร ชนิด *H. asinina* อาศัยอยู่ตามโขดหินและบริเวณใต้ปะการังที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เช่น ปะการังชนิด Porites ส่วนหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. varia* จะอยู่ตามซอกหินที่มีคลื่นแรง

2.1.4 การแพร่กระจาย

หอยเป๋าฮื้อมีการแพร่กระจายทั่วโลกทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน โดยชนิดที่มีขนาดใหญ่จะอาศัยอยู่ในเขตอบอุ่น ส่วนในเขตร้อนจะเป็นชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า Geiger (2000) ศึกษาการแพร่กระจายของหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกทั้งจากการสำรวจและการรวบรวมเอกสาร แล้วตั้งสมมติฐานการแพร่กระจายของหอยเป๋าฮื้อเป็น 3 โมเดล แบบแรก Pacific Rim: จากการรายงานของ Talmadge 1963 (อ้างตาม Geiger, 2000) เริ่มจากญี่ปุ่นและมีการกระจายในรูปแบบลักษณะแฉกคือกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของทะเลแปซิฟิก ไปยังออสเตรเลีย และมหาสมุทรอินเดีย โมเดลที่ 2 Indo-Pacific: มีการแพร่กระจายของหอยเป๋าฮื้อสูงในเขต Indo-Malayan และโมเดลที่ 3 Tethys: หอยเป๋าฮื้อมีต้นกำเนิดมาจากทะเล Tethys โดยดูจากข้อมูลของจำนวนโครโมโซม ซึ่งหอยเป๋าฮื้อที่พบมีจำนวนโครโมโซม 2n = 28 และจะพบว่ามีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็น 2n = 32 ในเขต Indo-Pacific และในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ จะพบหอยเป๋าฮื้อมีจำนวนโครโมโซม 2n= 36 อย่างไรก็ตามทั้งสามโมเดลนี้ยังมีข้อขัดแย้งในหลายๆด้าน จึงยังไม่อาจสรุปที่มาการแพร่กระจายของหอยเป๋าฮื้อได้อย่างชัดเจน ส่วนหอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทยทั้งสามชนิดมีการแพร่กระจายอยู่บริเวณทะเลอันดามัน จำนวนของหอยเป๋าฮื้อที่พบ ชนิด *H. varia* 81% ,*H. ovina* 17.3% และ *H. asinina* 1.7% (สิริ ทุกข์วินาศ และคณะ, 2529; อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และ สมชัย บุศราวิช, 2531) ทั้งนี้หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. varia* พบเฉพาะในฝั่งทะเลอันดามัน ส่วนหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* และ *H. ovina* การ

แพร่กระจายส่วนใหญ่จะอยู่ในฝั่งทะเลอ่าวไทย บริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เกาะกูด จังหวัดตราด และชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง (Jarayabhand *et al*., 1991) โดยหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina* จะมีจำนวนมากกว่าหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ซึ่งมักอาศัยอยู่บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง (นพดล ค้าขาย และ ครรชิต เพชรจำรัส, 2535)

2.1.5. พฤติกรรมการกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร (herbivore) และจะออกหากินในเวลากลางคืน (nocturnal) ในตอนกลางวันหอยเป๋าฮื้อจะหลบแสงอยู่ในที่กำบังซึ่งอาจจะเป็นโขดหิน หรือซอกหินต่างๆ และจะเริ่มออกจากที่กำบังในเวลาเย็นเพื่อหาอาหารตั้งแต่ช่วงเวลา 18.00-02.00 น. และจะกินน้อยลงและเริ่มหาที่หลบอีกครั้งเมื่อใกล้รุ่ง (Tahil and Juinio-Menez, 1999) อาหารที่หอยเป๋าฮื้อกินส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายทะเลที่ขึ้นอยู่ตามโขดหินและซากปะการัง โดยใช้ radula ขูดกิน (graze) อาหารจากพื้นผิววัตถุนั้นๆ

หอยเป๋าฮื้อวัยอ่อนระยะ postlarvae จะเลือกกินสาหร่ายขนาดเล็กพวกไดอะตอมชนิดเกาะพื้นผิว (benthic diatom) ซึ่งขึ้นตามโขดหิน เช่น *Navicula* spp. *Cocconesis* sp. *Amphora* sp. *Nitzschia* sp. และแบคทีเรียที่ขึ้นเป็นฟิล์มเคลือบบนผิวของปะการังหรือโขดหิน เมื่อหอยเป๋าฮื้อมีขนาดโตขึ้นตั้งแต่ระยะวัยรุ่นจนถึงตัวเต็มวัยจะกินสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่นสาหร่ายสีแดงพวก *Garcilaria* sp. *Acanthophora* sp. และ *Laurencia* sp. และพบว่าสีเปลือกของหอยเป๋าฮื้อจะเปลี่ยนไปตามสีของรงควัตถุซึ่งเป็นองค์ประกอบในสาหร่ายที่หอยกินเข้าไป (Landau, 1992)

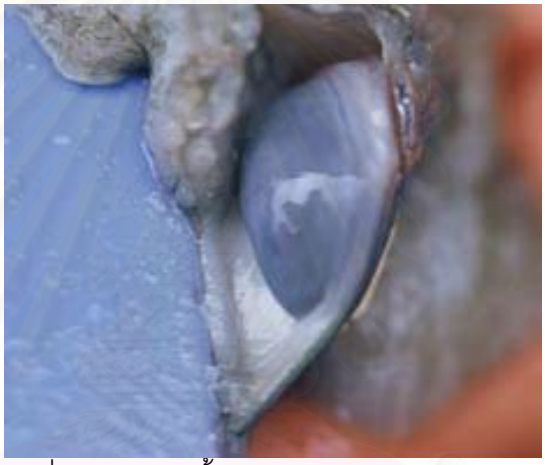
2.1.6. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อ

2.1.6.1 <u>ความสมบูรณ์เพศของหอยเป๋าฮื้อ</u>

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์ที่มีเพศแยกกัน (dioecious) โดยมีอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียวัยเจริญพันธุ์ที่พบในธรรมชาติเป็น 1:1 (Bussarawit *et al*.,1990; Pillay,1990; Singhagraiwan and Doi, 1992; Capinpin *et al*., 1998; Minh,1999) หอยที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จะสามารถแยกเพศได้ด้วยตาเปล่า โดยสังเกตจากอวัยวะสืบพันธุ์ซึ่งมีรูปร่างคล้ายเขาวัว จะอยู่ใกล้กับต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancreas) วิธีการคือจับหอยหงายท้องขึ้นและเปิดกล้ามเนื้อเท้าทางขวาด้านตรงข้ามกับหัวออก ถ้าเป็นหอยเพศผู้จะเห็นอวัยวะดังกล่าวเป็นสีขาวหรือสีครีมชัดเจน (รูปที่ 10) ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียจะมีสีเขียวขี้ม้า (รูปที่ 11) ซึ่งจะมองเห็นไม่ชัดเจนนักเพราะจะคล้ายกับสีของอวัยวะภายใน (นงเยาว์ แซ่จิว, 2533) เราสามารถจำแนกระยะความสมบูรณ์เพศของหอยเป๋าฮื้อจากรูปร่างความนูนของอวัยวะดังกล่าว (Jarayabhand *et al*., 1994)จากการมองด้วยตาเปล่าอย่างคร่าว ๆ ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อได้ดังนี้

รูปที่ 10 หอยเป๋าฮื้อเพศผู้

ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 26



รูปที่ 11 หอยเป๋าฮื้อเพศเมีย

ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 26

ระยะที่ 0 เป็นระยะที่หอยเพิ่งปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกไป หรือกำลังสร้างเซลล์สืบพันธุ์ใหม่ ในระยะนี้ไม่สามารถจำแนกเพศได้ด้วยตาเปล่า (รูปที่ 12 และ 13)

ระยะที่1 เป็นระยะที่เริ่มจำแนกเพศได้ด้วยตาเปล่า โดยจะเริ่มสังเกตเห็นอวัยวะเพศนูนขึ้น ล้อมรอบบริเวณที่เป็นส่วนของตับแต่พื้นที่ของอวัยวะเพศครอบคลุมน้อยกว่า 25% ของบริเวณทั้งหมด (รูปที่ 14 และ15)

ระยะที่ 2 บริเวณเซลล์สืบพันธุ์จะมีพื้นที่ครอบคลุมระหว่าง 25-50% ของบริเวณที่เป็นตับทั้งหมด และจะสังเกตได้ว่าเนื้อเยื่อในส่วนดังกล่าวอาจหนาเพิ่มขึ้นจากเดิม (รูปที่ 16 และ17)

ระยะที่ 3 เป็นระยะที่มีความสมบูรณ์เพศมาก บริเวณเซลล์สืบพันธุ์จะมีพื้นที่ครอบคลุมส่วนตับมากกว่า 75% ของบริเวณทั้งหมด และจะสังเกตได้ว่าเนื้อเยื่อในส่วนดังกล่าวจะบวมหนาเพิ่มมากขึ้นจากระยะที่ 2 จนเห็นได้อย่างชัดเจน และพร้อมที่จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (รูปที่ 18 และ 19)

รูปที่ 12 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 0
ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้
ที่มา: สารานุกรมสำหรับเยาวชน เล่ม 26

รูปที่ 13 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 0
ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย
ที่มา: คู่มือการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (ติดต่อ
ส่วนตัว;อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

รูปที่ 14 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 1
ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้
ที่มา: สารานุกรมสำหรับเยาวชน เล่ม 26

รูปที่ 15 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 1
ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย
ที่มา: คู่มือการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (ติดต่อ
ส่วนตัว;อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 16 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 2
ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้
ที่มา: สารานุกรมสำหรับเยาวชน เล่ม 26

รูปที่ 17 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 2
ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย
ที่มา: คู่มือการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (ติดต่อ
ส่วนตัว;อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

รูปที่ 18 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 3
ของหอยเป๋าฮื้อเพศผู้
ที่มา: สารานุกรมสำหรับเยาวชน เล่ม 26

รูปที่ 19 อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 3
ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมีย
ที่มา: คู่มือการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (ติดต่อ
ส่วนตัว;อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.6.2 ฤดูกาลวางไข่ของหอยเป๋าฮื้อ

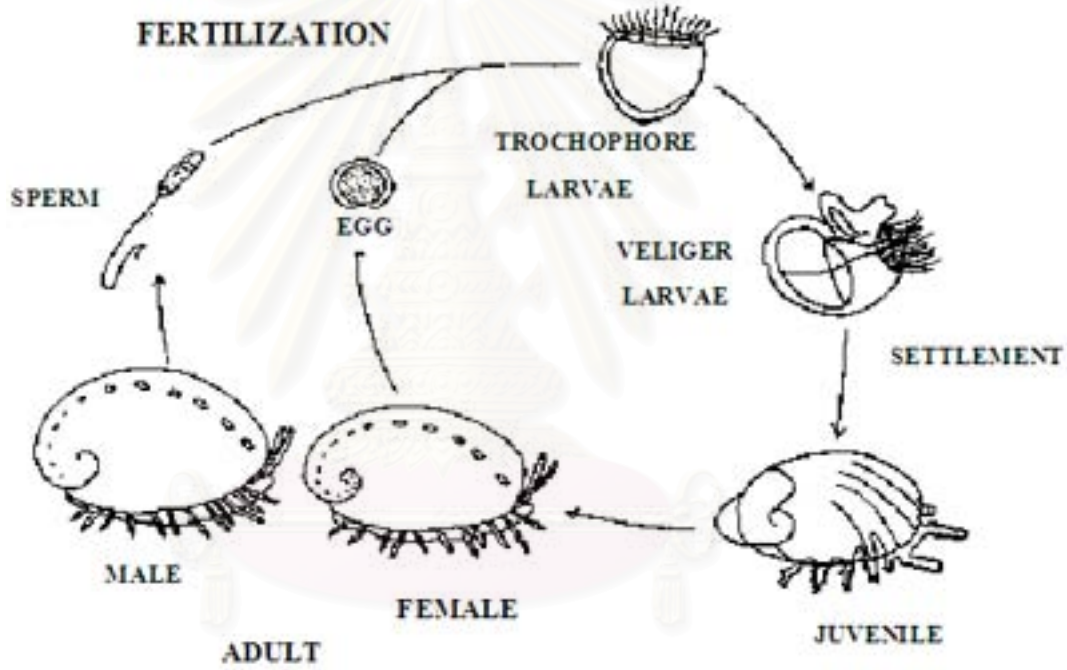
หอยเป๋าฮื้อเขตร้อนจะสามารถวางไข่ได้ตลอดปี (year round spawn) ทั้งหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากธรรมชาติและพ่อแม่พันธุ์หอยเป๋าฮื้อที่มาจากการเพาะพันธุ์จากหอยธรรมชาติและเลี้ยงจนถึงวัยเจริญพันธุ์ (Singhagriwan and Doi, 1992; Jarayabhand and Paphavasit, 1996; Capinpin *et al*., 1998; Minh,1998, 1999 และ 2000) โดย Singhagraiwan and Doi, (1992) พบว่า หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติจะสามารถกระตุ้นให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ตลอดปี จะมีความถี่ในการวางไข่สูงที่สุดในเดือนตุลาคม ในขณะที่ชุดที่เลี้ยงจนโตเต็มวัยในฟาร์มสามารถเพาะพันธุ์ได้ตลอดปีเช่นกัน และจะมีความถี่ในการให้ไข่ในช่วงเดือนกันยายนถึงมีนาคม ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อในเขตอบอุ่นวางไข่ได้ปีละครั้ง (single spawn) โดยหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. tuberculata* จะวางไข่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนของทุกปี (Mgaya,1995) นอกจากนี้ Sobhon *et al.* (1999) รายงานการศึกษาระบบประสาทและระบบการสืบพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อพบว่า หลังจากที่หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไปแล้ว หากมีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงให้เหมาะสม และให้อาหารอย่างเพียงพอ ในอีก 15 วันต่อมา หอยเป๋าฮื้อจะสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ใหม่และสามารถนำมาเพาะพันธุ์ได้อีกครั้ง สอดคล้องกับการทดลองของ Singhagriwan and Doi (1992) พบว่าหอยเป๋าฮื้อชนิด *H.asinina* ที่มีขนาดใหญ่เกินกว่า 67 มิลลิเมตร จะสามารถวางไข่ได้อีกครั้งในช่วงเวลา 12-26 วัน ต่อมา

2.1.6.3 ขนาดที่สามารถสืบพันธุ์ได้และความดกของไข่

Singhagriwan and Doi (1992) พบว่าขนาดที่สามารถสืบพันธุ์ได้ของหอยเป๋าฮื้อเพศเมียที่ได้จากการเลี้ยงในการทดลองขณะนั้น มีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 44 มิลลิเมตร ต่อมา Capinpin *et al*. (1998) พบว่าขนาดของหอยเป๋าฮื้อที่เริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และสามารถสืบพันธุ์ได้ของหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากการเลี้ยง เพศผู้มีขนาดความยาวเปลือก 35 มิลลิเมตร เพศเมียจะมีขนาดความยาวเปลือก 35.9 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของพ่อแม่พันธุ์ที่ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Fermin *et al*. (2000) ส่วนพ่อแม่พันธุ์หอยเป๋าฮื้อที่ได้จากธรรมชาติหอยเป๋าฮื้อเพศเมียที่มีขนาดความยาวเปลือก 50-80 มิลลิเมตร จะสามารถวางไข่ได้ครั้งละ 200,000-600,000 ฟอง

2.1.6.4 <u>การสืบพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อ</u>

ในธรรมชาติเมื่อหอยเป๋าฮื้อวัยเจริญพันธุ์มีไข่ และสเปิร์มเต็ม gonad และพร้อมสำหรับการผสมพันธุ์ จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาผสมภายนอก (external fertilization) โดยมีพฤติกรรมรวมกลุ่ม คือ หอยเพศผู้และเพศเมียจะเข้ามาใกล้ๆ กัน จากนั้นจะปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาผสมกันในมวลน้ำ ดังรูปที่ 20 ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะเติบโตเป็นตัวอ่อนชนิดว่ายน้ำภายในเวลา ½ วัน ต่อมาในระยะเวลา 2 วัน ตัวอ่อนจะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) ลงเกาะกับพื้นแข็ง ตัวอ่อนจะเข้าไปหลบซ่อนอยู่ตามรอยแตกหรือรูของพื้นแข็ง จากนั้นจะเริ่มกินพวกไดอะตอมหรือสาหร่ายขนาดเล็กที่เคลือบอยู่บนพื้นผิวนั้นๆ เป็นอาหาร (Shane,1992) จนกระทั่งหอยมีขนาดโตขึ้นจึงเริ่มกินสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นอาหาร



รูปที่ 20 วงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ (ที่มา: wwww.fishtech.com)

การเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมจะเป็นการกระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมา เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำทะเลซึ่งอาจเกิดจากกระแสน้ำหรือมวลน้ำที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิในชั้นน้ำ การที่น้ำลงต่ำมากทำให้บริเวณที่หอยอาศัยอยู่แห้ง (dessication) ความยาวนานของกลางวันและกลางคืนในแต่ละฤดูกาล (photoperiod) อิทธิพลของข้างขึ้นข้างแรม (lunar cycle) รวมถึงการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอย หากมีหอยตัวใดตัวหนึ่งปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาจะเป็นการกระตุ้นให้หอยตัวอื่นๆ ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามออกมา (Hahn, 1989; Uki, 1989; Fallu,1991; Capinpin and Mosoya, 1995; Pattipeiluhu and Melatunan, 2000) โดยส่วนใหญ่เพศผู้จะถูกกระตุ้นได้ง่ายและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้เร็วกว่าเพศเมีย ซึ่งสเปิร์มที่อยู่ในน้ำ

ทะเลจะคงสภาพได้นาน 4-5 ชั่วโมง หอยเพศผู้ปล่อยน้ำเชื้อผ่านช่องเปิดที่เรียงอยู่ตามขอบเปลือก โดยน้ำเชื้อจะผ่านจากท่อน้ำเชื้อ (genital pore) ไปยังเหงือก และผ่านออกสู่รูหายใจ เมื่อสเปิร์มถูกปล่อยออกมาจะทำให้น้ำบริเวณนั้นเป็นสีขาวขุ่น และเป็นการกระตุ้นให้หอยเพศเมียปล่อยไข่ออกมาด้วยวิธีการเดียวกัน ไข่ของหอยเป๋าฮื้อเป็นชนิดไข่จม (Shane,1992) ไข่ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 190 ไมครอน (Singhagraiwan and Doi, 1993) ส่วนไข่ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 180 ไมครอน (Jarayabhand *et al*.,1995) กระแสน้ำจะเป็นตัวกลางในการนำน้ำเชื้อมาเจอกับไข่

<u>พัฒนาการและการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ</u>

เมื่อไข่และน้ำเชื้อมาพบกันจะเกิดการปฏิสนธิขึ้น เมื่อดูลักษณะของไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะสังเกตเห็น first polar body และ second polar body หลังจากที่สเปิร์มเข้าไปผสมกับไข่ประมาณ 25-30 นาที ไข่ก็จะเริ่มแบ่งเซลล์จากหนึ่งเป็นสองเซลล์ จากสองเซลล์เป็นสี่เซลล์ และแบ่งไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่ระยะ blastula ระยะ gastula จากนั้นพัฒนาไปเป็นตัวอ่อนระยะ trochophore ซึ่งจะมี cilia ใช้ในการว่ายน้ำเกิดขึ้น ระยะนี้จะเริ่มเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วภายในเยื่อหุ้มไข่ และฟักออกมาเป็นตัวในเวลาต่อมา

ตัวอ่อนที่ฟักออกมาจะเริ่มว่ายน้ำ ซึ่งตัวอ่อนระยะ trochophore นี้จะดำรงชีวิตเป็นแบบแพลงก์ตอน (planktonic phase) และมีพฤติกรรมเคลื่อนที่เข้าหาแสง (positive phototaxis) จากนั้นจะเริ่มสร้างเปลือกและมีพัฒนาการต่อไปเรื่อยๆจนเป็นระยะ veliger มี velum เป็นอวัยวะในการว่ายน้ำ และมีพัฒนาการของส่วนเท้าเกิดขึ้น จากนั้นจะเกิดกระบวนการ torsion ขึ้นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของอวัยวะต่างๆ และเริ่มมี eye spot เกิดขึ้น ต่อมาจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) จากตัวอ่อนระยะว่ายน้ำเป็นตัวอ่อนระยะคืบคลาน โดย ตัวอ่อนจะว่ายน้ำน้อยลง เริ่มกลับตัวคว่ำลงสู่พื้นและใช้เท้าในการคืบคลานบนพื้นผิว ภายในเวลา 1-3 วัน เริ่มมีหนวดคู่หน้าเกิดขึ้น 1 คู่ และเริ่มกินอาหารที่มีขนาดเล็ก พวก benthic diatom ที่ขึ้นอยู่บนพื้นผิว หรือกิน bacteria film ที่ขึ้นตามโขดหิน จากนั้นจะมีการสร้างเปลือกเพิ่มขึ้นเพื่อขยายขนาด เมื่อหอยมีอายุประมาณ 28-30 วัน จะมีความยาวเปลือกประมาณ 1-3 มิลลิเมตร และมีรูหายใจปรากฏให้เห็น 1- 3 รู ลูกหอยระยะนี้จะมีรูปร่างเหมือนพ่อแม่ทุกประการ แต่ยังไม่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (Ino,1980; Noda,1980; Hahn, 1989; Uki, 1989; Sawatpeera *et al*., 2001) จากการศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการของตัวอ่อนหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* และ *H. ovina* ของไทยสรุปได้ดังตารางที่ 4

ระยะวัยเจริญพันธุ์

เมื่อหอยวัยรุ่นอายุประมาณ 8-10 เดือน จะมีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 3 เซนติเมตรขึ้นไป และจะเริ่มมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและการกินอาหารของหอย

ตารางที่ 4 ระยะเวลาการพัฒนาของไข่และตัวอ่อนของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* และ *H. ovina*

ระยะ	หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina*		หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina*	
	ระยะเวลา	ขนาด	ระยะเวลา	ขนาด
ไข่ที่เพิ่งฟักออกมา	0 นาที	190 ไมครอน	0 นาที	180 ไมครอน
ไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว	-	190 ไมครอน	-	180 ไมครอน
First polar body	10 นาที	190 ไมครอน	10 นาที	180 ไมครอน
Second polar body	10 นาที	195 ไมครอน	15 นาที	180 ไมครอน
First clevage	15-20 นาที	220 ไมครอน	20 นาที	180 ไมครอน
Second clevage	35-40 นาที	192 ไมครอน	30 นาที	180 ไมครอน
Third-sixth clevage	45-90 นาที	192-200 ไมครอน	2-4 ชั่วโมง	180 ไมครอน
Rotating trochophore	4.5 ชั่วโมง	210 ไมครอน	5-6 ชั่วโมง	180 ไมครอน
ฟักเป็นตัว	5 ชั่วโมง	-	7-8 ชั่วโมง	180 ไมครอน
Early veliger	8-9 ชั่วโมง	225 ไมครอน	10-12 ชั่วโมง	220 ไมครอน
Late veliger	22 ชั่วโมง	228 ไมครอน	18-22 ชั่วโมง	250 ไมครอน
Early creeping larvae	26 ชั่วโมง	230 ไมครอน	23-35 ชั่วโมง	-
Creeping larvae	2-3 วัน	300 ไมครอน	3-3.5 วัน	-
เริ่มมีรูหายใจ 1-3 รู	28-30 วัน	1-3 มิลลิเมตร	20-24 วัน	1-2 มิลลิเมตร

ที่มา: Singhagraiwan and Doi, 1993; Jarayabhand *et al*.,1995 และ Sawatpeera *et al*., 2001

2.2 การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.2.1 การทำฟาร์มในทะเล (sea farming) โดยจะทำการกระตุ้นให้พ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์กันในเวลาที่ต้องการ (artificial spawning) เลี้ยงตัวอ่อนจนถึงระยะวัยรุ่น (juvenile) ซึ่งจะมีความยาวเปลือกประมาณ 3 เซนติเมตร หรือใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงตัวอ่อนจนถึงระยะวัยรุ่นประมาณสามปีครึ่ง แล้วจึงปล่อยลูกหอยเหล่านั้นลงเลี้ยงต่อในทะเล เมื่อได้ขนาดตลาดซึ่งจะมีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 11 เซนติเมตร จึงจะเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยชาวประมง (คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544) รูปแบบการเลี้ยงนี้นิยมทำกันในประเทศญี่ปุ่น ในส่วนของประเทศไทยศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอ่าวไทย นำโดยนายธานินทร สิงหะไกรวรรณ ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการเลี้ยง

หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ในทะเลบนปะการังเทียม ที่ดัดแปลงมาจากปะการังเทียมสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในทะเลของประเทศญี่ปุ่น โดยทำการย้ายปลูกสาหร่ายทะเลจำนวน 3 ชนิด บนผิวของปะการังเทียม เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และเป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อ นอกเหนือจากสาหร่ายที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติบนผิวของปะการังเทียม ทำการทดลองในสภาพธรรมชาติที่เป็นหาดทรายในบริเวณอ่าวขาม เกาะเสม็ด และบริเวณชายฝั่งหน้าศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง โดยปล่อยลูกหอยเป๋าฮื้อขนาดตั้งแต่ 1.0-4.0 เซนติเมตร จำนวน 4,480 ตัว บนปะการังเทียมจำนวน 144 แท่ง แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากมีอัตรารอดของหอยต่ำ และรูปแบบของปะการังอาจจะไม่เหมาะสมกับการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้ นอกจากนี้การทดลองยังถูกรบกวนจากชาวประมงที่เข้ามาเก็บหอยอีกด้วย (นานาสัตว์น้ำ, 2542)

2.2.2. **การทำฟาร์มบนบก** (land based farming) การเพาะเลี้ยงวิธีนี้จะเริ่มตั้งแต่การกระตุ้นให้พ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์ในเวลาที่ต้องการ ทำการอนุบาลลูกหอยจนถึงระยะ juvenile และนำไปเลี้ยงต่อ (grow out) จนได้ขนาดตลาด ซึ่งทุกขั้นตอนจะอยู่ในฟาร์มเพาะเลี้ยงทั้งหมด วิธีการนี้นิยมเลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกา เม็กซิโก ไต้หวัน ออสเตรเลีย และประเทศไทย

ในส่วนของประเทศไทยนิยมเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ซึ่งเป็นหอยที่มีขนาดใหญ่และมีสัดส่วนเนื้อที่นำมาบริโภคได้มากกว่าหอยเป๋าฮื้อชนิดอื่นๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออกจังหวัดระยอง ประสบความสำเร็จในการผลิตลูกพันธุ์หอยชนิดนี้ในปี 2535 ซึ่งนับว่าเป็นครั้งแรกของประเทศไทย จากนั้นได้รับการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการมาเรื่อยๆ จนกระทั่งปัจจุบัน มีหน่วยงานที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้ออย่างเป็นทางการคือ หน่วยงานของกรมประมง และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเริ่มจากการรวบรวมพ่อแม่พันธุ์ซึ่งจะได้มาจาก 2 แหล่ง คือ พ่อแม่พันธุ์ที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติ และพ่อแม่พันธุ์ที่ได้จากการเลี้ยงในฟาร์ม ซึ่งไม่ว่าจะนำหอยพ่อแม่พันธุ์มาจากแหล่งใด พ่อแม่พันธุ์นั้นๆ จะต้องมีความสมบูรณ์ แข็งแรง สังเกตได้จากการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วเมื่อมีแสงสว่าง หรือการเกาะดูดติดมืออย่างรวดเร็วและแน่นเมื่อจับหอยขึ้นมา หรือเกาะติดพื้นบ่ออย่างรวดเร็วเมื่อปล่อยกลับ เปลือกของหอยจะต้องสมบูรณ์ไม่ผุกร่อนและไม่มีเพรียงหรือสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เกาะอยู่ และมีความสมบูรณ์เพศ การเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. การขุนพ่อแม่พันธุ์ (condition of broodstock)

นำพ่อแม่พันธุ์หอยเป๋าฮื้อที่มีลักษณะดังกล่าวมาขุน โดยการจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม คือให้มีน้ำทะเลสะอาดไหลผ่านลงบ่อขุนอย่างสม่ำเสมอตลอดวันในปริมาณ 200% โดยน้ำที่ไหลผ่านจะคิดจากปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยง จัดให้มีระยะเวลามืด-สว่างในอัตราส่วน 12:12 ในรอบวัน จัดให้มีวัสดุสำหรับหลบแสงและมีอาหารเพียงพอ Fermin *et al*. (2000) กล่าวว่าอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะทำให้หอยมีความสมบูรณ์เพศ

ข. การกระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (induced spawning)

เมื่อพ่อแม่พันธุ์มีความสมบูรณ์เพศซึ่งพร้อมที่จะเพาะพันธุ์ จึงนำพ่อแม่พันธุ์มากระตุ้นให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์โดยมีวิธีการในการที่จะกระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้หลายวิธี (Hahn, 1989; Uki, 1989; Landau, 1992; Jarayabhand and Paphavasit, 1996; Morse *et al*., 1977) เช่น

1.การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ (thermal induction) โดยการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อให้มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิตั้งแต่ 3 - 6 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิปกติของน้ำในบ่อ (ambient temperature) การใช้วิธีการนี้จะต้องควบคุมมิให้การเพิ่มอุณหภูมิเป็นอันตรายต่อหอยเป๋าฮื้อ โดยเฉพาะในฤดูหนาวการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิอาจทำให้ได้ส่วนของเซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ (immature gamete) ปนออกมาด้วยซึ่งไข่เหล่านี้หากได้รับการปฏิสนธิ จะได้ตัวอ่อนที่มีพัฒนาการผิดปกติและตายในที่สุด

2.การกระตุ้นด้วยเซลล์สืบพันธุ์ ทำได้โดยเมื่อหอยเป๋าฮื้อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่หอยเพศผู้จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาก่อน ตักน้ำเชื้อเพศผู้ใส่ในถังเพศเมีย ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้หอยเพศเมียปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมา หรือแม้แต่ในเพศเดียวกันหากมีตัวใดตัวหนึ่งปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จะเป็นการกระตุ้นให้ตัวอื่นๆ ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามมาด้วย

3.การใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลต หรือวิธี UV irradiation ซึ่งคิดขึ้นโดย Kikuchi และ Uki (1972) (อ้างตาม Uki, 1989) โดยการนำน้ำทะเลที่ผ่านการกรองแล้วมาผ่านรังสี UV ซึ่งเชื่อว่าจะไปทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำเกิดเป็น hydroperoxy free radical, HOO^- หรือ peroxy diradical วิธีนี้มีข้อดีคือ ไม่เกิดอันตรายต่อเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำวิธีนี้มาใช้ในการกระตุ้นเซลล์สืบพันธุ์ในฟาร์มเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์กันอย่างแพร่หลาย แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือเครื่องกำเนิดรังสีอุลตร้าไวโอเลตมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการผลิตลูกพันธุ์หอยค่อนข้างสูง

4.การเติม hydrogen peroxide ลงไปในน้ำ ซึ่งจะให้ผลเช่นเดียวกับการใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลต แต่จะลงทุนน้อยกว่า ซึ่งหลังจากเติม hydrogen peroxide ภายใน 2-3 ชั่วโมง หอยจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมา ฉะนั้น จะต้องล้างเอา hydrogen peroxide ออกและเปลี่ยนเป็นน้ำทะเลธรรมดาก่อนที่หอยจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และหากล้างออกไม่หมดปฏิกิริยาทางเคมีของ hydrogen peroxide อาจมีผลต่อเซลล์สืบพันธุ์ของหอยได้

5.วิธีการ desiccation ซึ่งเป็นการเลียนแบบสภาพน้ำขึ้นน้ำลงในธรรมชาติ โดยการปล่อยน้ำออกจากถังเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์จนแห้ง เพื่อให้พ่อแม่พันธุ์สัมผัสกับอากาศชั่วระยะเวลาหนึ่ง คือประมาณ 15-20 นาที หลังจากนั้นเมื่อเติมน้ำทะเลใหม่ที่สะอาดเข้ามาในถัง พ่อแม่พันธุ์จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง

ค. การควบคุมการปฏิสนธิ (control of fertilization)

หอยเป๋าฮื้อจะวางไข่ในเวลา 23.00-03.00 น. (Capinpin *et al*.,1998; Fermin *et al*., 2000) เมื่อหอยเป๋าฮื้อปล่อยน้ำเชื้อออกมาจะสังเกตเห็นน้ำในถังเลี้ยงมีสีขาวขุ่น ส่วนไข่ของหอยเป๋าฮื้อจะมีลักษณะกลม สีเขียวจมอยู่ก้นถัง ขั้นตอนที่สำคัญในการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อคือการควบคุมการปฏิสนธิ ซึ่งเป็นการควบคุมอัตราส่วนของไข่และน้ำเชื้อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพราะหากปริมาณน้ำเชื้อที่ใช้น้อยเกินไป การปฏิสนธิจะต่ำ คือ ไข่ที่ได้รับการผสมมีน้อยกว่า 80% ของไข่ทั้งหมด และหากน้ำเชื้อสูงเกินไปจะเกิด polyspermy คือการที่ไข่หนึ่งใบ มีน้ำเชื้อเข้าไปผสมหลายตัว ซึ่งจะทำให้การพัฒนาการของไข่ผิดปกติ ส่งผลให้ตัวอ่อนมีพัฒนาการที่ไม่สมบูรณ์และตายในเวลาต่อมา ดังนั้น ความเข้มข้นของน้ำเชื้อที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* จะต้องมีปริมาณน้ำเชื้อ 1,000-100,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Poomthong *et al*., 2000) โดยจัดให้มีอัตราส่วนของน้ำเชื้ออยู่ระหว่าง 1: 100 ถึง 1: 10,000 อัตราส่วนนี้จะได้อัตราการปฏิสนธิที่สูงและการพัฒนาของตัวอ่อนเป็นไปตามปกติ

ง. การอนุบาลตัวอ่อน (nursing)

หลังจากไข่ถูกผสมจะพัฒนาเป็นตัวอ่อนที่เริ่มว่ายน้ำได้ ต้องทำการย้ายตัวอ่อนไปยังถังฟัก โดยให้มีความหนาแน่นในการเลี้ยง 10 ตัวต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Jarayabhand and Paphavasit, 1996) และใช้น้ำทะเลสะอาดผ่านไส้กรองขนาด 1 ไมครอน ตัวอ่อนที่แข็งแรงจะว่ายขึ้นมาบนผิวน้ำ ส่วนตัวที่อ่อนแอจะจมลงก้นถังและตายในที่สุด ตัวอ่อนระยะนี้ยังไม่ต้องให้อาหาร เนื่องจากอาศัยพลังงานที่สะสมอยู่ในไข่แดง

เมื่อตัวอ่อนเติบโตและพัฒนาไปเป็นระยะที่พร้อมจะลงเกาะ (creeping larvae) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 18-24 ชั่วโมง ขึ้นกับอุณหภูมิน้ำ จะเริ่มกินอาหารที่มีขนาดเล็กพวกไดอะตอมชนิดเกาะพื้นผิว (Roberts *et al*., 1999) จะย้ายตัวอ่อนมาอนุบาลต่อในบ่อที่มีวัสดุล่อลูกหอย ซึ่งเป็นแผ่นพลาสติกบางใสที่มีอาหารพวกไดอะตอมชนิดเกาะพื้นผิว เช่น *Nitzschia* sp. หรือ *Navicula* sp. เกาะอยู่เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ โดยจะต้องเตรียมล่วงหน้าก่อนการเพาะพันธุ์ประมาณ 1-2 อาทิตย์ (ชลธยา ทรงรูป, 2544)

จ. การเลี้ยงหอยวัยรุ่น (weaning)

หลังจากลงเกาะ หอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นจะยังคงกินอาหารพวกไดอะตอมชนิดเกาะพื้นผิวจนกระทั่งมีขนาดความยาวเปลือก 1-2 มิลลิเมตร หรืออายุประมาณ 3-4 เดือน การเลี้ยงระยะนี้ต้องมีการควบคุมปริมาณแสงและธาตุอาหารให้พอเหมาะ เพื่อเป็นการควบคุมการเติบโตของไดอะตอมที่ขึ้นบนแผ่นล่อ

ฉ. การเลี้ยงหอยให้เป็นขนาดตลาด (grow out)

หอยเป๋าฮื้อขนาด 1-2 เซนติเมตร สามารถกินสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (macroalgae) พวกสาหร่ายสีแดงชนิด *Garcilaria* sp. (Marsden and Williams, 1996; Upathum *et al*., 1998;

Jackson *et al*., 2001) หรืออาหารเม็ดสำเร็จรูป (Janena and Jarayabhand, 2000) จนกระทั่งโตถึงขนาดตลาดซึ่งมีขนาดความยาวเปลือกตั้งแต่ 4 เซนติเมตร ขึ้นไป

2.2.3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของหอยเป๋าฮื้อ

การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อให้มีการเติบโตที่ดีเพื่อเพิ่มผลผลิตนั้น จะต้องอาศัยทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน

<u>ปัจจัยภายนอก</u> ได้แก่

ก. ความหนาแน่นในการเลี้ยง (stocking density)

ความหนาแน่นที่จะปล่อยลูกหอยลงเลี้ยงจะขึ้นอยู่กับ ขนาดของหอย และสภาพของบ่อที่ใช้ในการเลี้ยง Hahn (1989) รายงานว่า อัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงมีผลต่อการเติบโตของลูกหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. tuberculata* ขนาดความยาวเปลือก 15-20 มิลลิเมตร โดยการเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1,000 ตัวต่อตารางเมตร จะมีอัตราการเติบโต 3 มิลลิเมตรต่อเดือน ในขณะที่การเลี้ยงที่ความหนาแน่น 3,000 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเติบโตลดลงเป็น 2.1-2.6 มิลลิเมตรต่อเดือน และที่ความหนาแน่น 3,750 และ 5,000 ตัวต่อตารางเมตร จะมีการเติบโตลดลงอย่างรวดเร็ว ธานินทร สิงหไกรวรรณ (2535) ทดลองเลี้ยงลูกหอย *H. asinina* ที่ขนาดความยาวเปลือก 23-26 มิลลิเมตร พบว่า ความหนาแน่นที่ 1,462 ตัวต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมทั้งในด้านอัตราการเติบโต อัตรารอด และความคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์

ข. อาหาร (food)

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อใช้พลังงานจากอาหารไปในการเคลื่อนที่ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และ การเติบโตเพื่อขยายขนาด จากการที่หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์กินพืช ดังนั้นอาหารที่หอยเป๋าฮื้อกินส่วนใหญ่จึงเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาล Tahil and Juinio-Menez (1999) ทำการศึกษา gut content ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* พบว่า 72.2% ของอาหารที่หอยเป๋าฮื้อกินเป็นสาหร่ายสีแดง นอกจากนี้งานวิจัยหลายๆชิ้นให้ผลสรุปตรงกันว่า การใช้สาหร่ายสีแดงชนิด *Garcilaria* sp. ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจะให้อัตราการเติบโตและอัตรารอดที่สูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่น (Marsden and Williams, 1996; Upatham *et al*., 1998; Jackson *et al*., 2001) นอกจากนี้ยังมีการนำอาหารสำเร็จรูปมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตของหอยเป๋าฮื้อ โดยพบว่า การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจะให้อัตราการเติบโตที่ดีกว่าการใช้สาหร่ายสด และให้อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ที่ต่ำกว่า (Guzman and Vaina, 1998; Janena and Jarayabhand, 2000) Bautista-Teruel and Millamena (1999) สรุปว่าอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ระยะวัยรุ่นควรมีระดับของปริมาณโปรตีน 27% ไขมัน 5% และคาร์โบไฮเดรต 40% ซึ่งจะให้พลังงานประมาณ 3150 กิโลแคลอรี่

ค. ความเค็มของน้ำทะเล (salinity)

Chen(1989) รายงานว่าที่ความเค็มน้อยกว่า 24 ส่วนในพันส่วน จะทำให้หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. diversicolor supertexta* ตายได้ ความเค็มที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้คือ 32-35 ส่วนในพันส่วน Singhagriwan *et al*. (1992) พบว่าลูกหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* จะเติบโตได้ดีที่ระดับความเค็มของน้ำทะเล 27.5-32.5 ส่วนในพันส่วน

ง. การไหลถ่ายเทของน้ำในบ่อเลี้ยง

การไหลถ่ายเทของน้ำในบ่อเลี้ยงจะเป็นการพัดพาของเสียต่างๆที่ขับออกมาจากตัวหอยและจากอาหารที่ตกค้างอยู่บนพื้นบ่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารสำเร็จรูป ซึ่งของเสียดังกล่าวมีผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงต่ำ เพราะจะทำให้ปริมาณแบคทีเรียบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อหอย เพิ่มจำนวนขึ้น ธานินทร สิงหไกรวรรณ (2536) ศึกษาการเลี้ยงลูกหอยในระบบน้ำไม่ถ่ายเทและระบบน้ำที่ถ่ายเทตลอดเวลา พบว่าการไหลของน้ำที่ใช้เลี้ยงลูกหอยมีผลต่อการเติบโตและอัตรารอดเป็นอย่างมาก

<u>ปัจจัยภายใน</u>

ปัจจัยภายในซึ่งมีผลในการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ได้แก่ พันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อ ซึ่งศักยภาพพื้นฐานของหอยเป๋าฮื้อ คือลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะที่ปรากฏออกมาในหอยเป๋าฮื้อแต่ละตัว การจัดการทางพันธุกรรมโดยการคัดเลือกจะช่วยให้ผลผลิตต่อรุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้น เช่นการคัดเลือกเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัว หรือเพิ่มความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ ซึ่งสามารถจัดเป็นโปรแกรมการคัดเลือกควบคู่ไปกับการพัฒนาทางด้านการเลี้ยง โดยเฉพาะการจัดการด้านอาหารและการปรับปรุงสภาพแวดล้อม ซึ่งจะช่วยเสริมให้มีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นและมีความต่อเนื่อง

2.3 พันธุศาสตร์ปริมาณกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือการที่มนุษย์นำเอาสัตว์น้ำจากธรรมชาติมาเลี้ยงไว้ในที่กักขังต่างๆ เช่น บ่อ ถัง กระชัง ฯลฯ แล้วควบคุมพฤติกรรม ตลอดจนการแพร่ขยายพันธุ์จนครบวงจรชีวิตให้เป็นไปตามแนวทางที่ผู้เลี้ยงกำหนด ซึ่งสภาพแวดล้อมที่ใช้เลี้ยงจะแตกต่างจากสภาพธรรมชาติที่สัตว์เคยอาศัยอยู่ สัตว์น้ำเหล่านั้นเมื่อถูกนำมาเลี้ยงในสภาพการเลี้ยงที่กำหนดจะมีกระบวนการคัดเลือกเพื่อความอยู่รอดสองกระบวนการเข้ามาเป็นตัวควบคุม กระบวนการแรกเป็นการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection) และกระบวนการที่สองเป็นการคัดเลือกโดยการกระทำของผู้เพาะเลี้ยงซึ่งจะเป็นไปตามการบริหาร การจัดการสภาพการเลี้ยงในแต่ละสถานที่ และการจัดการพ่อแม่พันธุ์ (broodstock management) ถือเป็นกระบวนการ artificial selection การปรับตัวของสัตว์จากสภาพธรรมชาติที่อาศัยอยู่มาเป็นภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงซึ่งจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป โดยตัวที่สามารถปรับตัวอยู่รอดได้ในสภาพการเลี้ยงจะถ่ายทอดพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูกและแพร่ขยายพันธุ์ในรุ่นต่อๆไป เรียกว่ากระบวนการ domestication ทั้งนี้มนุษย์มีส่วนในการกำหนด

ทิศทางของการปรับตัวได้โดยการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องหลายชั่วอายุ (generation) จนเกิดเป็นสายพันธุ์เฉพาะของแต่ละฟาร์ม

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและคัดเลือกสัตว์น้ำ เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่ดี มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ หากไม่มีการดำเนินการคัดเลือกหรือจัดการพันธุ์ที่ถูกต้องตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์ สายพันธุ์นั้นจะมีความเสื่อมโทรมทางพันธุกรรม นำไปสู่ลักษณะที่ผู้เลี้ยงไม่ต้องการซึ่งได้แก่ โตช้า ติดโรคง่าย ดังเช่นการที่เกษตรกรจับสัตว์น้ำที่ตัวโตซึ่งเป็นขนาดตลาดขายก่อน โดยไม่เก็บไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ ทั้งนี้สัตว์น้ำบางชนิด ยกตัวอย่างเช่น ขนาดที่เป็นขนาดตลาดของกุ้งก้ามกรามจะยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ แต่เกษตรกรส่วนใหญ่มักจะจับกุ้งที่มีขนาดใหญ่ซึ่งได้ขนาดตลาดแล้วนำมาขายก่อน ทำให้เหลือกุ้งก้ามกรามที่มีขนาดเล็ก เติบโตช้า ซึ่งเลี้ยงจนถึงวัยเจริญพันธุ์แล้วนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ ทำให้ได้ลักษณะโตช้าที่ไม่ต้องการ การพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงตามวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณ จะสามารถถ่ายทอดลักษณะที่มีการปรับปรุงจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อๆ ไปได้ ซึ่งเป็นการพัฒนาควบคู่ไปกับการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ตลอดจนการจัดการพ่อแม่พันธุ์ ถึงแม้ว่าวิธีการทางพันธุศาสตร์จะใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานนานในการปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์ แต่ผลผลิตที่ได้จากการปรับปรุงทางพันธุกรรมนั้นจะคงอยู่ในประชากรที่ได้ปรับปรุงแล้วตลอดไป (สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2533)

ลักษณะภายนอกที่ปรากฏเป็นผลจากการร่วมกันของยีน (genes) ซึ่งจะสามารถจำแนกลักษณะภายนอกที่ปรากฏได้สองประเภทคือ ลักษณะภายนอกเชิงคุณภาพ เป็นลักษณะที่มียีนควบคุมการแสดงออกน้อยคู่ หรือเพียงคู่เดียว ซึ่งยีนเหล่านี้จะมีอิทธิพลมากต่อการแสดงออกของลักษณะที่ปรากฏ เช่น สีผิวของสัตว์น้ำ ประเภทที่สอง คือลักษณะภายนอกเชิงปริมาณ มียีนหลายคู่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะที่ปรากฏ ซึ่งยีนแต่ละคู่มีอิทธิพลน้อย โดยจะมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นปัจจัยร่วมที่มีผลต่อลักษณะที่ปรากฏด้วย ลักษณะทางปริมาณส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น การเติบโต ความต้านทานโรค ความสามารถในการอยู่รอด เป็นต้น ลักษณะทางปริมาณไม่สามารถจำแนกด้วยตาเพียงอย่างเดียว จะต้องอาศัยวิธีการชั่งตวง วัดซึ่งลักษณะที่ได้จะเป็นลักษณะที่มีการกระจายต่อเนื่อง (continuous traits) และเนื่องจากเป็นผลที่เกิดจากการกระทำร่วมระหว่างยีนและสิ่งแวดล้อม จึงแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$P = G + E + (GxE)$$ (Falconer and Mackay, 1996)

โดย P เป็นลักษณะที่ปรากฏ

G เป็นอิทธิพลของพันธุกรรม

E เป็นอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม

(GxE) เป็นปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นในการปรับปรุงลักษณะต่างๆ จะต้องพิจารณาว่าองค์ประกอบร่วมของลักษณะที่ปรากฏนั้นเป็นผลมาจากทั้งพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆกัน การประเมินค่าอิทธิพลต่างๆ ดังกล่าวของสัตว์แต่ละตัวเป็นไปได้ยาก จึงต้องพิจารณาสัตว์ทุกตัวในประชากรและนำเอาคุณสมบัติของลักษณะทางปริมาณที่มีการกระจายอย่างต่อเนื่อง และแสดงความสัมพันธ์ของสัตว์ทุกตัวด้วยค่าเฉลี่ย (mean) ความแปรปรวน (variance) และความแปรปรวนร่วม (covariance) นักพันธุศาสตร์จึงสามารถจำแนกองค์ประกอบทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาร่วมของลักษณะทางปริมาณในรูปแบบของความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ (phenotypic variation) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $V_P = V_G + V_E + 2COV_{G-E}$ (Falconer and Mackay, 1996) โดย V_P เป็นความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ V_G เป็นความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรม และ V_E เป็นความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ส่วนค่าของ $2COV_{G-E}$ เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2543) และเพื่อเป็นการง่ายต่อการดำเนินงานและสะดวกต่อการเข้าใจรวมทั้งการใช้ประโยชน์ จึงให้สมมุติฐานว่าไม่มีความแปรปรวนร่วมระหว่างความแปรปรวนของพันธุกรรมและความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม ($2COV_{G-E}=0$)

ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ ค่าความแปรปรวนที่นักพันธุศาสตร์ถือว่าเป็นตัวกำหนดวิธีการในการคัดพันธุ์ คือค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ซึ่งจำแนกออกเป็นผลจากอิทธิพลของยีนแบบต่างๆ ดังสมการ

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

V_A คือ ความแปรปรวนที่เกิดจาก additive gene effect ซึ่งเป็นอิทธิพลของยีนแต่ละตัวเนื่องจากเมื่อมีการสร้างไข่และน้ำเชื้อ ยีนซึ่งปรากฏอยู่เป็นคู่ในแต่ละ genotype จะแยกตัวจากกันและผสมกันอย่างเป็นอิสระ ทำให้ผลของยีนนั้นๆ สามารถแสดงออกเหมือนในรุ่นพ่อแม่ได้ ถึงแม้ว่า genotype ในรุ่นลูกจะไม่เหมือนเดิมก็ตาม ดังนั้น ลักษณะภายนอกที่แสดงออกใดๆ ซึ่งเป็นผลจาก V_A จะสามารถส่งผ่านไปสู่ประชากรรุ่นต่อๆ ไปได้

V_D คือความแปรปรวนที่เป็นผลมาจาก dominance gene effect ซึ่งเป็นอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ในขั้นตอนการสร้างไข่และเสปิร์ม กระบวนการ meiosis จะลดจำนวนโครโมโซมลดครึ่งหนึ่งจาก 2n เป็น n และมีการแยกตัวอย่างเป็นอิสระทำให้เมื่อไข่ผสมกับเสปิร์มจะเกิดการรวมตัวของยีนอย่างอิสระเป็น genotype ใหม่ ปฏิกิริยาระหว่างอัลลีลใน genotype ใหม่ก็จะเปลี่ยนไป ทำให้ผลของ V_D ในรุ่นพ่อแม่ไม่สามารถส่งผ่านไปสู่ประชากรรุ่นลูกได้ ดังนั้นหากพ่อแม่มีลักษณะที่ดีอันเป็นผลมาจาก V_D เมื่อนำมาผสมกันก็ไม่อาจทำให้ได้ลูกที่มีลักษณะดีเช่นพ่อแม่ได้

V_I คือความแปรปรวนที่เป็นผลมาจาก epistasis gene effect ซึ่งเป็นอิทธิพลของปฏิกิริยาระหว่างยีนที่อยู่ต่างตำแหน่ง จึงทำให้ genotype ของรุ่นลูกเปลี่ยนแปลงไปจากรุ่นพ่อแม่ ผลของ V_I จึงไม่สามารถส่งผ่านไปยังรุ่นลูกได้เช่นเดียวกับ V_D (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2538; Tave,1993; Falconer and Mackay, 1996) การคำนวนค่า V_I ต้องการการวางแผนการทดลองที่ซับซ้อน ดังนั้นนักพันธุศาสตร์ปริมาณจึงมุ่งสนใจเฉพาะค่า V_A และ V_D เท่านั้น (สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2533)

2.3.1 อัตราพันธุกรรม

อัตราพันธุกรรมเป็นลักษณะเฉพาะตัวของประชากรหนึ่งๆ ที่บอกให้ทราบว่าลักษณะนั้นๆ จะสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้มากน้อยเท่าใด จะดูจากอิทธิพลของยีนบวก หรือความแปรปรวนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ (V_A) ทั้งนี้ประชากรที่ต่างกันเลี้ยงในสภาพแวดล้อมต่างกัน จะมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมต่างกัน โดยค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะหนึ่งๆ จะมีค่าตั้งแต่ 0-1 ค่าอัตราพันธุกรรมที่มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าลักษณะนั้นๆมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง สิ่งแวดล้อมมีผลต่อลักษณะที่แสดงออกน้อย ค่าอัตราพันธุกรรมที่มีค่าใกล้เคียง 0 หมายถึงลักษณะนั้นๆมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมน้อย อาจมีผลเนื่องมาจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมที่ถือว่าต่ำคือมีค่าน้อยกว่า 0.15 ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมปานกลางจะอยู่ระหว่าง 0.15-0.3 และค่าอัตราพันธุกรรมที่มีค่ามากกว่า 0.3 จัดว่าเป็นค่าอัตราพันธุกรรมที่สูง (Tave, 1993) สามารถปรับปรุงลักษณะได้โดยใช้วิธีการคัดพันธุ์ (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2538)

ในการปรับปรุงพันธุ์จำเป็นจะต้องทราบค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ปรากฏนั้นๆก่อน จึงจะสามารถเลือกวิธีการในการปรับปรุงพันธุ์ให้ถูกต้องตามลักษณะที่ต้องการ โดยค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นค่าสัดส่วนของความแปรปรวนซึ่งมีผลเนื่องมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏดังสมการ ($h^2 = V_A/V_p$)

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมมี 3 วิธี คือ การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติ การวิเคราะห์รีเกรซชั่นของลักษณะในลูกต่อลักษณะในพ่อแม่ และการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ ตาม (Falconer and Mackay, 1996) ดังนี้

1. **การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติ** (sib analysis) ทำการผสมพันธุ์โดยวางแผนให้สัตว์น้ำมีความสัมพันธ์ทางเครือญาติในระดับต่างๆ เช่น แผนการผสมแบบร่วมพ่อโดยกำหนดให้พ่อพันธุ์แต่ละตัวผสมกับแม่พันธุ์หลายตัว โดยการเลือกพ่อ-แม่พันธุ์ และการจับคู่ผสมแบบสุ่ม ดังนั้นความแปรปรวนของลักษณะปรากฏในกลุ่มของลูกที่เกิดจากพ่อแม่เดียวกัน (full sib families) จะมีพันธุกรรมเหมือนกันมากที่สุด ความแปรปรวนของลักษณะที่เกิดขึ้นภายในครอบครัวถือว่าเป็นผลมาจากสิ่งแวด

ล้อม และในกลุ่มของลูกที่เกิดจากพ่อเดียวกันแต่ต่างแม่ (half sib families) จะมีพันธุกรรมเหมือนกันครึ่งหนึ่ง ความแปรปรวนของลักษณะที่เกิดขึ้นในกลุ่มเป็นผลมาจากความแตกต่างของพันธุกรรมของแม่และสิ่งแวดล้อม ส่วนในกลุ่มลูกที่เกิดจากคนละพ่อจะมีพันธุกรรมแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นผลจากพันธุกรรมของพ่อแต่ละตัวที่แตกต่างกัน และความแตกต่างระหว่างพันธุกรรมของแม่ร่วมกับผลจากสิ่งแวดล้อม (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2538)

2. **การวิเคราะห์รีเกรซชั่นของลักษณะในลูกต่อลักษณะในพ่อแม่ (parent-offspring regression)** เป็นการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยการบันทึกลักษณะของพ่อแม่ และลักษณะของลูกจากพ่อและแม่ในแต่ละคู่ แล้วคำนวณสมการรีเกรซชั่นเส้นตรง Y = a+ bX โดยกำหนดให้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของลูกเป็นตัวแปรตาม (dependent variable, Y) และข้อมูลค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อและแม่จะเป็นตัวแปรอิสระ ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมคือค่าความชัน b วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ ต้องเลี้ยงพ่อแม่และลูกในสภาพการทดลองที่เหมือนกันมากที่สุด และเวลาที่ใช้วัดลักษณะรุ่นลูกต้องเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ใช้ในรุ่นพ่อแม่
3. **อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability)** เป็นการหาค่าอัตราพันธุกรรมจากการคัดเลือก โดยการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำจากประชากรรุ่นพ่อแม่ที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกและประชากรรุ่นลูกที่พ่อแม่ผ่านการคัดเลือก เลี้ยงเปรียบเทียบประชากรทั้งสองกลุ่ม แล้ววิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่าง ผลตอบสนองต่อการคัดเลือกในรุ่นลูก (selection response, R) ต่อความแตกต่างจากการคัดเลือกในรุ่นพ่อแม่ (selection response, S) ดังสมการ

$$h_r^2 = R/S \qquad \text{(Falconer and Mackay, 1996)}$$

โดย h_r^2 คือค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์

R คือค่าผลตอบสนองต่อการคัดเลือกในรุ่นลูก

S คือความแตกต่างจากการคัดเลือกในรุ่นพ่อแม่

การคำนวนค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์สามารถดำเนินควบคู่ไปกับโปรแกรมการคัดเลือก (selective breeding program) ได้ นอกจากนี้รุ่นลูกที่ได้จากการคัดเลือกจะสามารถนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับรุ่นต่อไปได้

2.3.2 โปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ (selective breeding program)

ค่าอัตราพันธุกรรมต่างๆ ที่คำนวณได้ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกวิธีการคัดเลือก ซึ่งการคัดเลือก (selection) เป็นวิธีการหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์ เป็นการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้) ของลักษณะภายนอกเชิงปริมาณของประชากรสัตว์น้ำนั้นๆในรุ่นต่อๆไป โดยจะมีการกำหนดเกณฑ์ของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกเอาไว้ พ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำที่มีลักษณะที่เราสนใจสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็จะได้รับการคัดเลือกเอาไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ เพื่อใช้ในการผลิตลูกให้มีลักษณะที่ต้องการต่อไป ส่วนสัตว์น้ำที่มีลักษณะเช่นเดียวกันแต่อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ก็จะถูกคัดออกจากกลุ่มประชากร โดยไม่ยินยอมให้มีโอกาสผสมพันธุ์เพิ่มจำนวนอีกต่อไป สัตว์น้ำที่ได้รับการคัดเลือกแล้วในรุ่นที่ 1 (F_1) จะต้องถูกทำการคัดเลือกต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้พันธุ์สัตว์น้ำที่มีคุณสมบัติตามต้องการ รูปแบบของการคัดเลือกมีหลายวิธี เช่น การคัดเลือกโดยวัดลักษณะสัตว์แต่ละตัว (individual selection), การคัดเลือกโดยวัดค่าเฉลี่ยของลักษณะแต่ละครอบครัว (family selection), การคัดเลือกโดยวัดลักษณะสัตว์แต่ละตัวภายในครอบครัว (within-family selection) และการคัดเลือกแบบผสมระหว่าง family selection และ within-family selection

1. Individual selection หรือ mass selection เป็นการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์โดยพิจารณาจากลักษณะของสัตว์นั้นๆเพียงอย่างเดียว สัตว์แต่ละตัวจะถูกเลือกเอาไว้หรือถูกคัดออกขึ้นอยู่กับตัวเองโดยไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ในครอบครัวเลย สัตว์ทุกตัวจะถูกตัดสินโดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นหลัก วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและได้ผลดีที่สุด เหมาะสำหรับลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูง (h^2 สูง)
2. Family selection เป็นการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์โดยพิจารณาจากสัตว์ทั้งครอบครัว โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของลักษณะปรากฏของแต่ละครอบครัว ซึ่งครอบครัวไหนที่ผ่านเกณฑ์จะถูกเลือกไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ทั้งครอบครัว และครอบครัวที่ค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ก็จะถูกคัดทิ้งทั้งครอบครัว วิธีนี้ใช้ได้ดีกับลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 ต่ำ) วิธีการนี้จำเป็นจะต้องใช้สถานที่มากเนื่องจากจะต้องเลี้ยงแยกในแต่ละครอบครัว
3. Within-family selection เป็นการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์โดยพิจารณาลักษณะที่ปรากฏของสัตว์ภายในครอบครัว ซึ่งคัดเฉพาะสัตว์ที่มีลักษณะที่ต้องการจากทุกครอบครัวไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ วิธีนี้ใช้ได้ดีกับลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 ต่ำ) หรือมีการผสมพันธุ์ไม่พร้อมกัน (unsynchronized spawning) เช่น ปลานิล ซึ่งจะทำให้ความแตกต่างระหว่างครอบครัวมีมากและไม่สามารถใช้วิธีการคัดพันธุ์แบบ family selection ได้ นอกจากนี้วิธีการนี้ยังใช้พื้นที่น้อยกว่า family selection ด้วย (สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2533)

4. Combine selection เป็นการคัดเลือกโดยการรวมเอาวิธีการคัดพันธุ์แบบ family selection และ within-family selection ไว้ด้วยกัน โดยพิจารณาคัดพ่อแม่พันธุ์จากสัตว์ที่มีลักษณะปรากฏที่สนใจเด่นที่สุดในแต่ละครอบครัว ของครอบครัวที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ผ่านเกณฑ์ด้วย คาดว่าวิธีการนี้จะให้ผลดีที่สุด แต่ต้องการเนื้อที่มากซึ่งยังเป็นข้อจำกัดของวิธีการคัดเลือกวิธีนี้อยู่

2.3.3 การคัดพันธุ์สัตว์ในกลุ่ม molluscs

ในพันธุศาสตร์เชิงปริมาณ ลักษณะภายนอกที่ปรากฏที่ได้รับความสนใจในการคัดเลือกมากที่สุดคือ อัตราการเติบโต ซึ่งมีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตในสัตว์น้ำทุกชนิดที่ทำการเพาะเลี้ยงโดยเฉพาะสัตว์น้ำจำพวกหอย ซึ่งสามารถทำได้ง่ายโดยการวัดค่าความยาวเปลือก หรือน้ำหนักทั้งเปลือกของสัตว์น้ำที่สนใจ เช่น

Strömgren and Nielsen (1989) ทำการปรับปรุงอัตราการเติบโตในหอยแมลงภู่ชนิด *Mytilus edulis* โดยใช้วิธี sib analysis ในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของอัตราการเติบโตโดยวัดความยาวเปลือกในหอยแมลงภู่ระยะวัยอ่อน และระยะวัยรุ่น (juvenile) พบว่าให้ค่าอัตราพันธุกรรม 0.5-0.6 ทั้งในวัยอ่อน และระยะวัยรุ่น ซึ่งจะให้ผลการเติบโตเพิ่มขึ้นประมาณ 24-35% ต่อรุ่น Hadley *et al*. (1991) ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการเติบโตในหอยตลับชนิด *Mercenaria mercenaria* โดยทำการทดลอง 2 การทดลอง ด้วยวิธีการคัดเลือกแบบดูลักษณะตัวเอง พบว่าหลังจากเลี้ยงถึง 2 ปี จึงจะเห็นผลของการเติบโตในหอยกลุ่มคัดเลือก โดยค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ที่ได้ คือ 0.42$\pm$ 0.11 และ 0.43$\pm$0.06

อัตราการเติบโตของหอยพัด Southern bay scallop (*Argopecten irradians concentricus*) เพิ่มขึ้นเป็น 15% ต่อรุ่น โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบ mass selection ได้ค่าผลตอบสนองต่อการคัดเลือก (response to selection) เป็น 0.314 และค่าความแตกต่างของการคัดเลือกเป็น 1.525 ซึ่งจะได้ค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ในการเติบโตเป็น 0.206 (Crenshaw *et al*., 1991) และค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกในหอยพัด Catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) ซึ่งทำการคัดเลือก 1 รุ่น โดยศึกษาน้ำหนักรวม และความยาวเปลือก พบว่าที่อายุ 1 ปี อัตราพันธุกรรมประจักษ์ของน้ำหนักรวมอยู่ระหว่าง 0.33$\pm$0.08 ถึง 0.59$\pm$ 0.13 ส่วนความกว้างเปลือกอยู่ระหว่าง 0.10$\pm$0.07 ถึง 0.18$\pm$ 0.08 (Ibarra *et al*., 1999)

การศึกษาอัตราการเติบโตในหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata)* โดยวิธี mass selection พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของอัตราการเติบโตมีค่าเป็น 0.277$\pm$ 0.006 (Jarayabhand and Thavornyutikarn, 1995) Toro *et al*. (1995) กล่าวว่าวิธี mass selection เป็นวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์โดยศึกษาการเติบโตในหอยนางรม Chilean oyster (*Ostrea chilensis)* โดยศึกษาทั้งในทางเพิ่มขึ้นและลดลง ได้ค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของน้ำ

หนักเปียกในทางบวกอยู่ระหว่าง 0.43±0.18 และ 0.69±0.11 และค่าอัตราพันธุกรรมในทางลบอยู่ในช่วง 0.24±0.06 กับ 0.35±0.08

ส่วนการศึกษาอัตราพันธุกรรมในหอยเป๋าฮื้อ Jónasson *et al*. (1999) ใช้วิธีการคัดเลือกแบบ family selection โดยทำการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมเกี่ยวกับขนาดของหอยเป๋าฮื้อ red abalone (*Haliotis rufescens)* โดยเลี้ยงเป็นเวลา 24 เดือน พบว่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของความยาวเปลือกที่อายุ 8,10,18 และ 24 เดือน เป็น 0.08, 0.06, 0.27 และ 0.34 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่

3.1 การสร้างประชากรพื้นฐาน

สร้างกลุ่มประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐาน (base population, P_0) ที่มีอายุเท่ากัน เลี้ยงภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกัน จนมีขนาดที่สามารถเพาะพันธุ์ได้ นำประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานมาคัดลักษณะการเติบโตเป็นรายตัว โดยใช้ความยาวเปลือกเป็นเกณฑ์ คัดประชากรกลุ่มคัดเลือก (selected group) และประชากรกลุ่มควบคุม (control group)

3.2 การหาผลตอบสนองต่อการคัดพันธุ์ในรุ่น F_1

ทำโปรแกรมการคัดเลือกโดยแบ่งออกเป็นสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกัน 2 แบบ

แบบที่ 1 เมื่อหอยเป๋าฮื้อมีอายุ 16 เดือน คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ 3 กลุ่มคือ

-คัดเลือกหอยที่มีขนาดโตเร็วกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นจำนวน 55 ตัว จากประชากรหอยเป๋าฮื้อ 550 ตัว (คิดเป็น 10% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่า “กลุ่มเพิ่มการเติบโต”

-คัดเลือกหอยที่มีขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นจำนวน 55 ตัว จากประชากรหอยเป๋าฮื้อ 550 ตัว (คิดเป็น 10% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่า “กลุ่มโตปานกลางหรือกลุ่มควบคุม”

-คัดเลือกหอยที่มีขนาดเล็กกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นจำนวน 82 ตัว จากประชากรหอยเป๋าฮื้อ 550 ตัว (คิดเป็น 15% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่า “กลุ่มลดการเติบโต”

ตลอดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเรียกกลุ่มคัดเลือกเหล่านี้ว่าเป็น กลุ่มเพิ่มการเติบโต กลุ่มควบคุม และกลุ่มลดการเติบโต ตามลำดับดังที่กล่าวมาข้างต้น ผลิตประชากรหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง ติดเครื่องหมายเมื่อลูกหอยแต่ละกลุ่มมีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร

แบบที่ 2 เลี้ยงกลุ่มประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานต่อจนมีอายุ 19 เดือน คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ 2 กลุ่มคือ

-คัดเลือกหอยที่มีขนาดโตเร็วกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นจำนวน 58 ตัว จากประชากรหอยเป๋าฮื้อ 384 ตัว (คิดเป็น 15% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่า “กลุ่มเพิ่มการเติบโต”

-คัดเลือกหอยที่มีขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นจำนวน 58 ตัว จากประชากรหอยเป๋าฮื้อ 384 ตัว (คิดเป็น 15% ของประชากรทั้งหมด) เรียกว่า “กลุ่มโตปานกลางหรือกลุ่มควบคุม” ผลิตประชากรหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ ติดเครื่องหมายเมื่อลูกหอยแต่ละกลุ่มมีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร

เมื่อหอยเป๋าฮื้อในแต่ละสภาพการเลี้ยงมีอายุครบ 11 เดือนหลังลงเกาะ นำมาประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนภาพ (รูปที่ 21)

3.1 การสร้างกลุ่มประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐาน (base population: P_0)

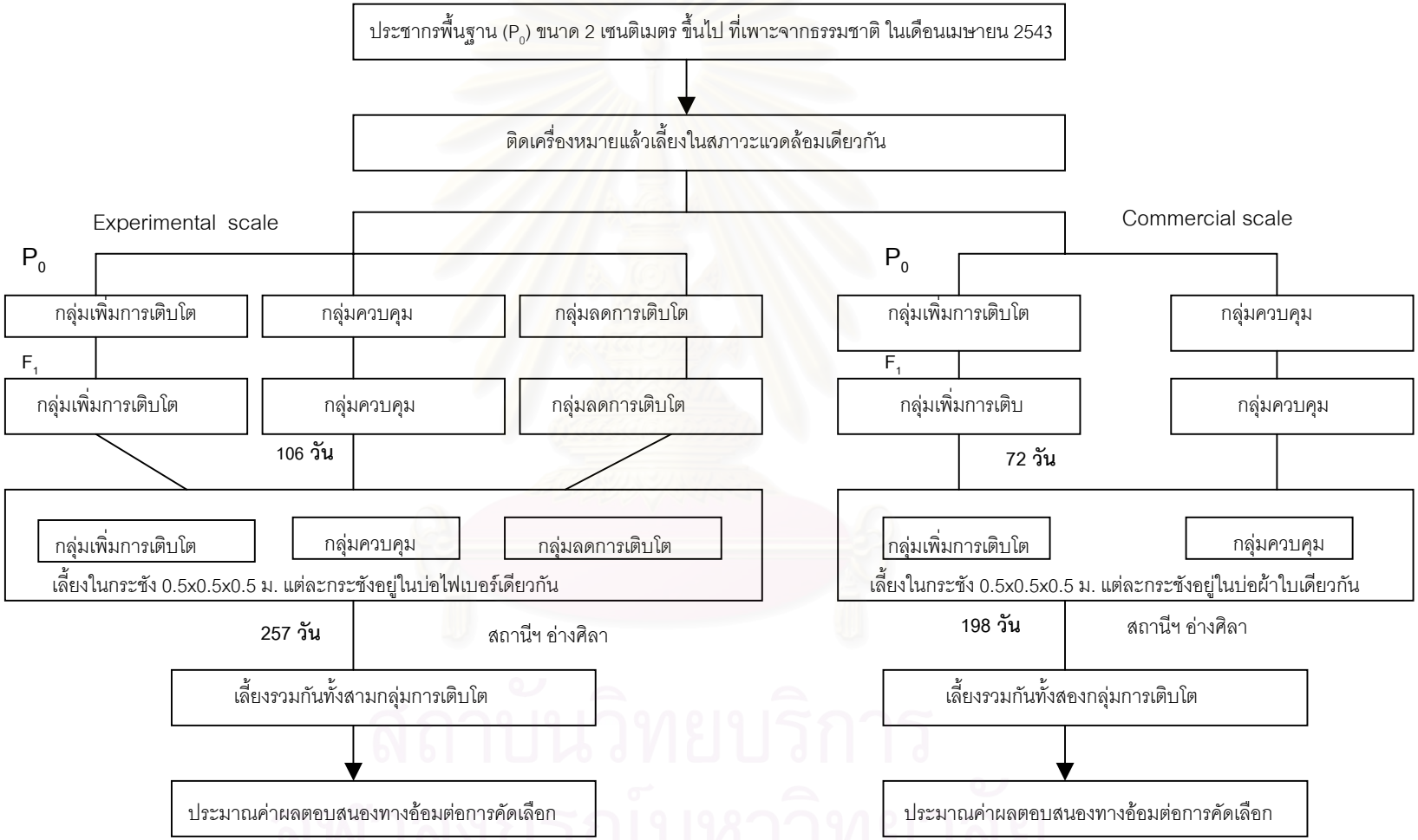
3.1.1. <u>ประชากรพื้นฐาน</u>

ประชากรพื้นฐานเป็นประชากรหอยเป๋าฮื้อซึ่งถูกเพาะในเดือนเมษายน 2543 จากพ่อแม่พันธุ์ธรรมชาติจำนวน 32 ตัว ที่ได้จากบริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง โดยการเพาะแบบรวม (mass spawning) นำประชากรพื้นฐานที่มีขนาด 2 เซนติเมตรขึ้นไป จำนวน 555 ตัว มาเลี้ยงที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำบลท่าเทววงษ์ อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เมื่อหอยเป๋าฮื้อมีอายุ 11 เดือน ติดเครื่องหมายลงบนเปลือกหอย ทั้งนี้เครื่องหมายที่ติดจะต้องมีความชัดเจน อ่านง่าย โดยพิมพ์ตัวอักษรผสมตัวเลขตั้งแต่ A000-A700 ลงบนแผ่นพลาสติกใส แล้วถ่ายเอกสารแผ่นใสที่มีหมายเลขอีกครั้งโดยถ่ายกลับด้าน (กลับซ้ายเป็นขวา) ทำให้ด้านที่มีหมึกพิมพ์ตัวอักษรต่างๆ อยู่ทางด้านในติดกับเปลือกหอย เพื่อป้องกันการขูดขีดและลบเลือน ติดเครื่องหมายลงบนเปลือกหอย (ภาคผนวก ก) แล้วเลี้ยงรวมกันในกระชังสี่เหลี่ยมขนาด 0.7x1.2x0.6 เมตร ซึ่งทำจากอวนพลาสติกขนาดตา 5 เมตร กระชังละ 200 ตัว รวม 3 กระชังๆ แต่ละอันจะวางในบ่อซีเมนต์ขนาด 1.2x1.8x0.6 เมตร ระบบน้ำที่ใช้เลี้ยงเป็นระบบหมุนเวียนแบบเปิด โดยสูบน้ำจากทะเลโดยตรงเข้ามากักเก็บในบ่อพักน้ำขนาด 300 ตัน กรองผ่านเครื่องกรอง (sand filter) ผ่านมายังบ่อเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในอัตราการไหลผ่านของน้ำในบ่อเลี้ยงประมาณ 5 ลิตรต่อนาที น้ำที่ผ่านการเลี้ยงจะผ่านไปยังบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะพงขาวก่อนที่จะไหลทิ้งออกนอกระบบ (รูปที่ 22)

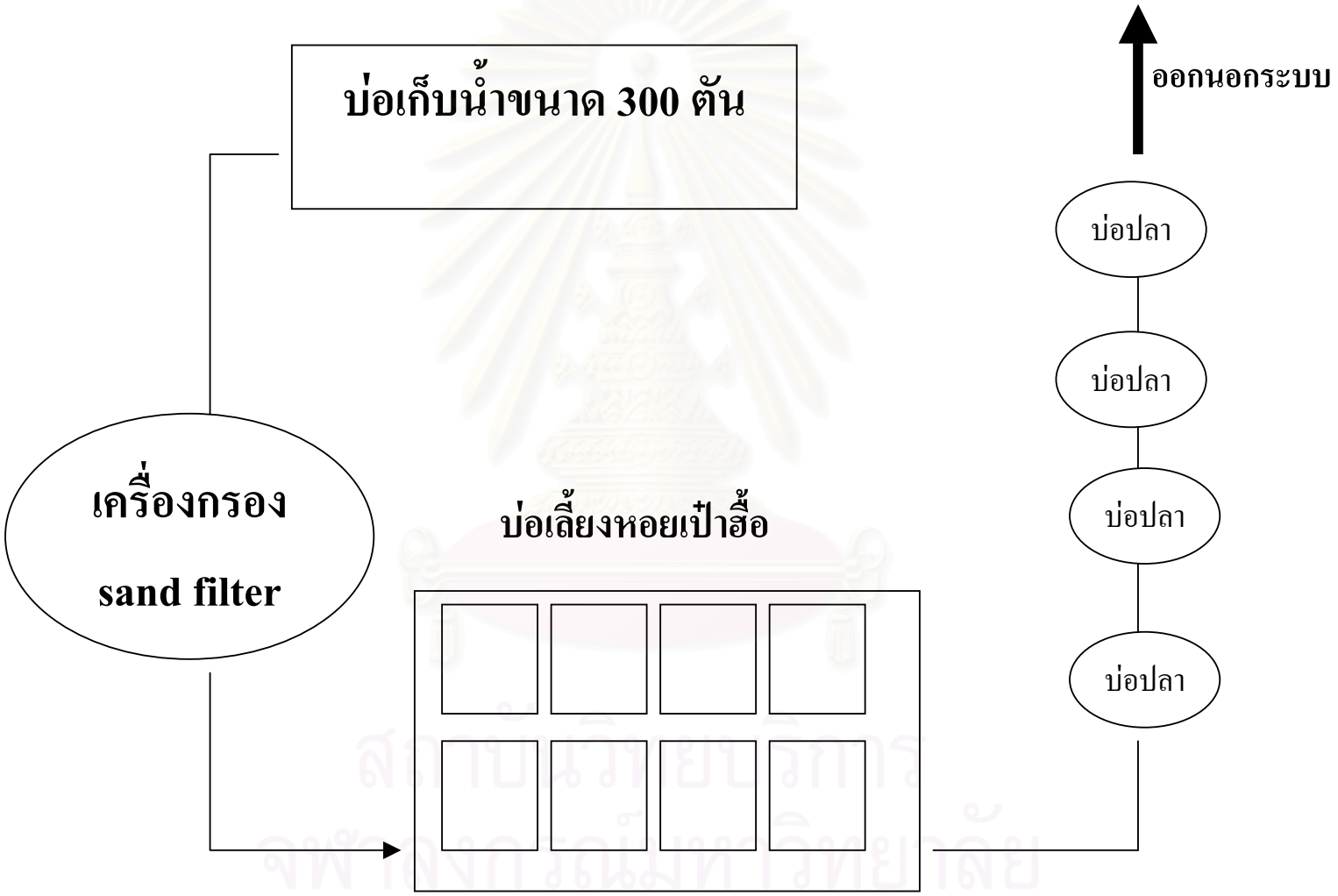
3.1.2. <u>ขั้นตอนการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์หอยเป๋าฮื้อ</u>

เมื่อหอยเป๋าฮื้อมีขนาดที่สามารถเพาะพันธุ์ได้ นำมาเพาะพันธุ์เป็นหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 โดยคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อพ่อแม่พันธุ์จากคะแนนมาตรฐาน เนื่องจากหอยทุกตัวแม้จะเลี้ยงในบริเวณเดียวกัน แต่ก็อาจมีความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมระหว่างกระชังหรือบ่อเลี้ยง จึงเทียบหอยเป๋าฮื้อทุกกระชังในรูปคะแนนมาตรฐาน (standard score) เพื่อใช้ในการคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อซึ่งจะได้ตัวแทนที่ดีที่สุด ดังสมการ

$$\text{คะแนนมาตรฐาน} = \frac{\text{ค่าที่วัดได้รายตัว- ค่าเฉลี่ยของประชากร}}{\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน}} \qquad \text{.....(3.1)}$$



รูปที่ 21 แผนภาพโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina*



รูปที่ 22 แผนผังแสดงระบบการหมุนเวียนน้ำแบบเปิดในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

เนื่องจากแต่ละกระชังจะมีค่าเฉลี่ยของประชากรและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระชังนั้นๆ ดังนั้น หอยเป๋าฮื้อแต่ละตัวจะมีค่าคะแนนมาตรฐานในกระชังนั้นๆ ดังนี้

$$M_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X}_{.j}}{SD_{.j}} \qquad \text{.....(3.2)}$$

M_{ij} = คะแนนมาตรฐานของหอยเป๋าฮื้อแต่ละตัวในกระชังที่ j

X_{ij} = ค่าจริงที่ได้จากการวัดของประชากรหอยเป๋าฮื้อแต่ละตัวในกระชังที่ j

$\overline{X}_{.j}$ = ค่าเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อทั้งหมดในกระชังที่j

$SD_{.j}$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหอยเป๋าฮื้อทั้งหมดในกระชังที่ j

จากสมการ (3.2) เปลี่ยนเป็น

$$X_{ij} = (M_{ij})(SD_{.j}) + \overline{X}_{.J} \qquad \text{.....(3.3)}$$

แทนค่าสมการ (3.3) ลงในสมการที่ (3.1) จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$S_{ij} = \frac{[(M_{ij})(SD_{.j}) + \overline{X}_{.J}] - \overline{X}}{SD} \qquad \text{.....(3.4)}$$

S_{ij} = คะแนนมาตรฐานของหอยเป๋าฮื้อเป็นรายตัว ตัวที่ i ในกระชังที่ j

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมด

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรทั้งหมด

เมื่อแทนค่าความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่วัดได้แต่ละตัวในแต่ละกระชัง ลงในสมการที่ (3.4) จะได้ค่ามาตรฐานความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อแต่ละตัว จากนั้นนำค่าที่ได้มาเรียงลำดับจากคะแนนน้อยไปหาคะแนนมาก ก็จะได้ค่าคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อกลุ่มเพิ่มการเติบโต กลุ่มควบคุม และกลุ่มลดการเติบโต ซึ่งจะนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในทั้งสองสภาพการเลี้ยง

3.2 การหาผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในรุ่น F_1

ทำการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อ 2 ครั้ง ในระบบการเลี้ยงที่มีขนาดแตกต่างกัน ครั้งแรกเป็นการเพาะพันธุ์และเลี้ยงลูกหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง (experimental scale) บ่ออนุบาลที่ใช้มีขนาดเล็กซึ่งโครงการ “การผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเพื่อส่งเสริมฟาร์มเลี้ยงในเชิงพาณิชย์” นำมาใช้ในงานวิจัยระยะเริ่มต้น โดยนำตัวอ่อนหอยเป๋าฮื้อลงอนุบาลในบ่อไฟเบอร์กลาสสี่เหลี่ยมขนาดความจุ 500 ลิตร ใช้เลี้ยงตัวอ่อนที่ความหนาแน่นประมาณ 100,000 ตัว/บ่อ การเพาะเลี้ยงครั้งที่สอง เป็นการนำหอยเข้าเพาะตามรูปแบบการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อแบบระบบพาณิชย์ (commercial scale) ใช้บ่ออนุบาลขนาดใหญ่ ในโครงการฯ โดยการนำตัวอ่อนลงอนุบาลในบ่อผ้าใบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (trough) ขนาดความจุ 5.9 ตัน ซึ่งจะเป็นการนำมาใช้กับระบบการผลิต

ลูกพันธุ์ในเชิงพาณิชย์ เพื่อผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อจำนวน 25,000 ตัว ที่ขนาด 2 เซนติเมตร ขึ้นไป สำหรับเกษตรกรนำไปเลี้ยงเป็นขนาดตลาดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

3.2.1. การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง (experimental scale)

ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2544 หอยเป๋าฮื้อมีอายุ 16 เดือน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบสองทิศทาง (bidirectional selection) คือ คัดเลือกในทิศทางเพิ่มการเติบโตและลดการเติบโต ใช้คะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกเป็นเกณฑ์ (สมการที่ 3.4) คัดเลือกหอยเป๋าฮื้อเป็นสามกลุ่มคือ กลุ่มเพิ่มการเติบโต กลุ่มควบคุม และกลุ่มลดการเติบโต นำมาขุนให้เป็นพ่อแม่พันธุ์และเพาะพันธุ์เป็นลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ทั้ง 3 กลุ่ม

ก. <u>พ่อแม่พันธุ์หอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการคัดเลือก</u>

นำหอยเป๋าฮื้อที่คัดเลือกไว้ทั้ง 3 กลุ่ม ใส่ตะกร้าพลาสติก โดยคัดแยกเพศและกลุ่มรวม 6 ตะกร้า บันทึกหมายเลข เพศ และจำนวนพ่อแม่พันธุ์ในแต่ละกลุ่มไว้ ขุนให้เป็นพ่อแม่พันธุ์พร้อมกับการปรับเปลี่ยนเวลาให้มีช่วงมืดและสว่าง 12 ชั่วโมงสลับกับเวลาจริง โดยจะให้อาหารพ่อแม่พันธุ์ ในตอนเช้า ก่อนที่จะปิดฝาบ่อให้มืดสนิท ตั้งแต่เวลา 06.00 –18.00 น. และจะเปิดฝาบ่ออีกครั้งเวลา 18.00 น. เพื่อดูดตะกอนทำความสะอาดบ่อพ่อแม่พันธุ์ จากนั้นเปิดไฟทิ้งไว้ให้สว่าง จนถึงเวลา 06.00 น. เพื่อให้หอยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาในช่วงเวลาประมาณ 12.00-15.00 น. (ปกติหอยจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเวลากลางคืนช่วงเวลาประมาณ 24.00-03.00 น.) ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนเวลาจะต้องกระทำล่วงหน้าก่อนการเพาะพันธุ์อย่างน้อย 1 อาทิตย์ หอยจึงจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมดังกล่าว

ข. <u>การเหนี่ยวนำให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์</u>

หลังจากปรับเวลาหอยเป๋าฮื้อประมาณ 1 อาทิตย์ วันที่ 7 สิงหาคม 2544 นำตะกร้าที่มีหอยเพศผู้และเพศเมียของแต่ละกลุ่มการเติบโต ลงเพาะพันธุ์ในบ่อไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร แยกกลุ่มละบ่อ รวม 6 บ่อ ดังรูปที่ 23 กระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเวลา 11.00 น. ด้วยวิธี dessication โดยปล่อยน้ำในบ่อเพาะออกจนแห้ง ทำความสะอาดบ่อเพาะ แล้วเติมน้ำสะอาดที่ผ่านไส้กรอง 1 ไมครอน ลงไปใหม่เพียง 1 ใน 3 ของบ่อเพาะ ปิดฝาบ่อให้มืดสนิทเหมือนเดิม หลังจากนั้น 2-3 ชั่วโมง หอยเป๋าฮื้อจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมา สังเกตได้จากในบ่อเพศผู้จะเห็นน้ำในบ่อมีสีขาวขุ่น ส่วนในบ่อเพศเมียจะมีคราบสีเขียวหรือกองไข่สีเขียวจมอยู่พื้นถัง ตรวจเช็คความสมบูรณ์ของไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ผสมพันธุ์แยกกลุ่มกันโดย ตักน้ำเชื้อในบ่อหอยเป๋าฮื้อที่คัดไว้เป็นกลุ่มเพิ่มการเติบโต ผสมกับไข่ของหอยเพศเมียกลุ่มเพิ่มการเติบโต ทำวิธีการเดียวกันในหอยพ่อแม่พันธุ์ที่คัดไว้เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มลดการเติบโต นับจำนวนไข่ที่ได้รับการผสม

ค.<u>การดูแลลูกหอยเป๋าฮื้อวัยอ่อน</u>

นำไข่ที่ได้รับการผสมแล้วลงฟักไข่ ในถังไฟเบอร์กลาสก้นกรวยขนาดความจุ 500 ลิตร ใช้น้ำสะอาดผ่านไส้กรองขนาด 1 ไมครอน เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 150,000-200,000 ตัว/ถัง เลี้ยงแยกกลุ่มการเติบโตละ 1 ถัง เปิดอากาศเบาๆ ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะเริ่มแบ่งตัวเป็นระยะ blastula และ gastrula ไปจนถึงระยะ trochophore larvae ภายในเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะฟักออกมาเป็นตัวอ่อน และพัฒนาต่อไปเป็นระยะ veliger ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำและผิวน้ำ

หลังจากไข่ได้รับการผสมประมาณ 22-24 ชั่วโมง ลูกหอยจะพัฒนาจากระยะ veliger เข้าสู่ระยะเริ่มคืบคลาน (early creeping larvae) เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะสังเกตเห็น eye spot ซึ่งเป็นจุดสีดำอยู่กลางลำตัว และเริ่มมีเท้าเกิดขึ้น ลูกหอยจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากการว่ายน้ำมาเป็นคืบคลานตามพื้นผิว จึงย้ายลูกหอยจากถังฟักมายังบ่ออนุบาลที่มีอาหาร เพื่อให้ลูกหอยลงเกาะบนแผ่นอาหารและกินอาหารไดอะตอมชนิดเกาะพื้นผิวที่อยู่บนแผ่นอาหาร ทั้งนี้ก่อนที่จะนำลูกหอยลงเกาะจะต้องเตรียมอาหารไดอะตอมไว้ก่อนล่วงหน้า (ภาคผนวก ก)

รูปที่ 23 นำพ่อแม่พันธุ์ที่คัดแยกเพศมากระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์
ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 26

ง. <u>การอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะที่ 1</u>

นำแผ่นพลาสติกซึ่งมีไดอะตอมชนิดเกาะติดขึ้นเป็นฟิล์มบางๆ ที่เตรียมไว้ มาใส่ในบ่อไฟเบอร์กลาสสี่เหลี่ยมขนาด 0.5x2.0x0.5 เมตร ความจุ 500 ลิตร (ดังรูปที่ 24) จะมีน้ำสะอาดซึ่งผ่านไส้กรองขนาด 1 ไมครอน อยู่ประมาณ 400 ลิตร ตักน้ำที่มีตัวอ่อนหอยเป๋าฮื้อจากถัง 10 ลิตร ที่นับจำนวนลูกหอยแล้วใส่ลงในบ่ออนุบาล โดยใส่ระหว่างแผ่นพลาสติกล่อลูกหอยเพื่อเป็นการบังคับให้ลูกหอยหากินบริเวณที่มี benthic diatom เกาะอยู่ บ่อละ 1 กลุ่มการเติบโต ให้ปุ๋ยหยดตลอดการเลี้ยง เพื่อเพิ่มสารอาหารให้ไดอะตอมบนแผ่นล่อเพิ่มจำนวน ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณอาหารของลูกหอยตลอดการอนุบาล

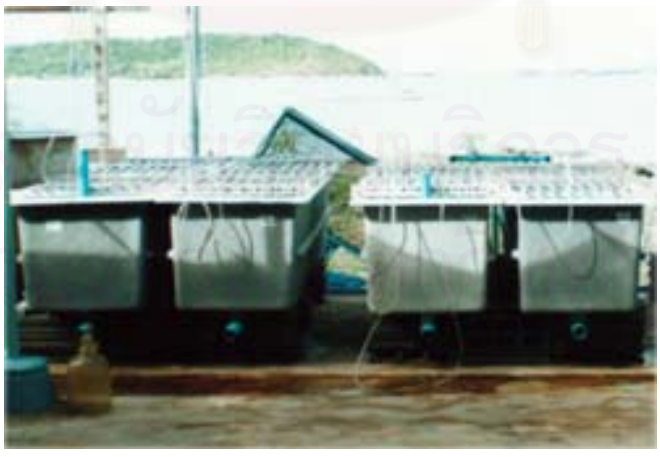
จ. <u>การอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะที่ 2</u>

เมื่อลูกหอยมีอายุ 106 วัน จะมีขนาดโตขึ้น อาหารบนแผ่นพลาสติกและข้างบ่อเริ่มหมด ทำการย้ายบ่อโดยปัดลูกหอยออกจากแผ่นพลาสติกเบาๆ ด้วยพู่กัน ลงในกระชังที่ทำจากอวนพลาสติกสีดำขนาด 0.5x0.5x0.5 เมตร โดยมีขนาดตาอวน 1 เมตร แยกกระชังละ 1 กลุ่มการเติบโต นำกระชังทั้ง 3 อัน แขวนในบ่อไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตรบ่อเดียวกัน เพื่อให้ลูกหอยทั้งสามกลุ่มอยู่ในสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน ฝึกให้ลูกหอยกินอาหารสำเร็จรูปซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่น (รูปที่ 25) ทั้งนี้อาหารที่ให้จะต้องมีขนาดเล็กประมาณ 5X5 มิลลิเมตร (ภาคผนวก ก) และมีความหนาของแผ่นอาหารไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร ให้อาหาร 1 ครั้งต่อวันในเวลา 18.00 น. และทำความสะอาดกระชังโดยการดูดตะกอนออกทุกเช้า

วันที่ 3 มกราคม 2545 นำลูกหอยมาอนุบาลระยะที่ 2 ในห้องทดลองแบบเปียก (wet lab) ของสถานีฯ โดยเลี้ยงลูกหอยในถังไฟเบอร์กลาสสีดำขนาด 100 ลิตร เพื่อปรับระดับความหนาแน่นของลูกหอยให้ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 26 โดยเลี้ยงลูกหอยแยกกลุ่มกันดังนี้

1. ลูกหอยที่มาจากพ่อแม่พันธุ์กลุ่มเพิ่มการเติบโต 3 ถัง ถังละ 100 ตัว
2. ลูกหอยที่มาจากพ่อแม่พันธุ์กลุ่มควบคุม 3 ถัง ถังละ 100 ตัว
3. ลูกหอยที่มาจากพ่อแม่พันธุ์กลุ่มลดการเติบโต 1 ถัง จำนวน 125 ตัว

เมื่อหอยเป๋าฮื้อแต่ละกลุ่มมีขนาดที่สามารถติดเครื่องหมายได้ (ขนาดประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร) วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2545 ติดเครื่องหมายลงบนเปลือกหอย ซึ่งใช้วิธีการเดียวกับการติดเครื่องหมายในรุ่น P_0 โดยใช้เครื่องหมายเป็นตัวอักษรปนตัวเลข 3 กลุ่มหมายเลข คือ



รูปที่ 24 นำลูกหอยลงเกาะในถังไฟเบอร์กลาสที่มีแผ่นอาหารแขวนอยู่

กลุ่มหมายเลข F000-F400 เป็นกลุ่มของลูกหอยรุ่น F_1 ที่ได้จากพ่อแม่ที่ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มเพิ่มเติบโต เรียกประชากรลูกหอยเป๋าฮื้อกลุ่มนี้ว่า หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโต

กลุ่มหมายเลข M000-M400 เป็นกลุ่มของลูกหอยรุ่น F_1 ที่ได้จากพ่อแม่ที่ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มควบคุม เรียกประชากรลูกหอยเป๋าฮื้อกลุ่มนี้ว่า หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มควบคุม

กลุ่มหมายเลข S000-S125 เป็นกลุ่มของลูกหอยรุ่น F_1 ที่ได้จากพ่อแม่ที่ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มลดการเติบโต เรียกประชากรลูกหอยเป๋าฮื้อกลุ่มนี้ว่า หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโต

รูปที่ 25 อาหารสำเร็จรูป

ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 26

รูปที่ 26 ห้องทดลองแบบเปียก

ที่มา: คู่มือการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (ติดต่อส่วนตัว;อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

ฉ. <u>การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น</u>

วันที่ 20 เมษายน 2545 ย้ายลูกหอยไปเลี้ยงในรูปแบบการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ในระบบการทำฟาร์มบนบก ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี โดยนำลงเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1.0x2.5x0.8 เมตร เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/บ่อ จำนวน 3 บ่อ โดยมีลูกหอยเป๋าฮื้อกลุ่มคัดเลือกทั้ง 3 กลุ่ม นำมาเลี้ยงรวมกันประมาณบ่อละ 185 ตัว ส่วนหอยเป๋าฮื้ออีกบ่อละ 815 ตัว เป็นหอยเป๋าฮื้อกลุ่มอื่นๆ ของทางสถานีฯ ที่มีขนาดไล่เรี่ยกัน ทำการวัดขนาดความยาวเปลือกและชั่งน้ำหนักทุกเดือน

3.2.1.1 <u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

นำข้อมูลความยาวเปลือกหลังจากติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกันที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติดังนี้

3.2.1.1.1 เปรียบเทียบการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ two-way analysis of variance โดยมีสมการทั่วไปดังนี้

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad \text{(Sokal and Rohlf,1981)}$$

X_{ijk} = ค่าความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อตัวที่ k ในบ่อที่ i และกลุ่มคัดเลือกที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อทั้งหมด

α_i = ค่าเบี่ยงเบนที่เกิดจากบ่อเลี้ยงที่ i

β_j = ค่าเบี่ยงเบนที่เกิดจากกลุ่มคัดเลือกที่ j

ε_{ij} = ค่าความผิดพลาดในบ่อที่ i และกลุ่มคัดเลือกที่ j

3.2.1.1.2 เปรียบเทียบการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อกลุ่มคัดเลือกในรูปของความยาวเปลือกจำเพาะ (GSL) ดังสมการ

$$GSL = \frac{SL_{330}-SL_{240}}{SL_{240}} \qquad \text{(ดัดแปลงจาก Brett, 1979)}$$

เมื่อ GSL = ความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ

SL_{330} = ความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อเมื่ออายุ 330 วัน

SL_{240} = ความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อเมื่อวัดขนาดหลังติดเครื่องหมายที่อายุ 240 วัน

3.2.1.1.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อและน้ำหนักทั้งเปลือกดังสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \qquad \text{(Sokal and Rohlf,1981)}$$

Y คือตัวแปรตาม (dependent variable) ซึ่งในที่นี้คือ น้ำหนักทั้งเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ

X คือตัวแปรอิสระ (independent variable) ซึ่งในที่นี้คือ ความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ

β_0 คือ ค่าคงที่ซึ่งเป็นส่วนที่ตัดแกน Y

β_1 คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอย (regression coefficient)

ε เป็นค่าความคลาดเคลื่อน

ในการหาความสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ จะดูที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2; coefficient of determination) โดย R^2 = ความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากX / ความแปรปรวนของ Y ทั้งหมด (Sokal and Rohlf,1981)

ดังนั้น $0 \leq R^2 \leq 1$ ถ้าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าความยาวเปลือกและน้ำหนักมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก แต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าความยาวเปลือกและน้ำหนักมีความสัมพันธ์กันน้อย

3.2.1.2. การประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

หาค่าเฉลี่ยคะแนนมาตรฐานของผลตอบสนองทางอ้อมของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ระหว่างกลุ่มคัดเลือกกับกลุ่มควบคุม จากสูตร

$$R = X - C$$ (Falconer and Mackay,1996)

สำหรับงานทดลองนี้ R = ค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกทางอ้อมที่อายุ 330 วัน

X = ค่าเฉลี่ยของประชากรที่ผ่านการคัดเลือกที่อายุ 330 วัน

C = ค่าเฉลี่ยของประชากรควบคุมที่อายุ 330 วัน

ผลจากการคัดเลือกทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าเฉลี่ยของประชากร เมื่อเทียบกับประชากรเดิม เรียกว่า ผลตอบสนองต่อการคัดเลือก (R) หาได้จากค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่นลูก (F_1) ที่เกิดจากพ่อแม่ที่คัดเลือกแล้ว กับค่าเฉลี่ยของประชากรในรุ่นพ่อแม่ (P_0) ก่อนที่จะทำการคัดเลือก นอกจากนี้ยังมีค่าความแตกต่างจากการคัดเลือก (S) ซึ่งหาได้จากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่นพ่อแม่ที่ได้รับการคัดเลือก (P_0) กับค่าเฉลี่ยของประชากรพื้นฐานก่อนการคัดเลือก ค่า R และ S ดังกล่าวสามารถนำมาประมาณค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ได้จาก

$$h^2 = R/S$$ (Falconer and Mackay,1996)

โดยที่ h^2 คือ อัตราพันธุกรรมประจักษ์

R คือ ผลตอบสนองต่อการคัดเลือก

S คือ ความแตกต่างจากการคัดเลือก

3.2.2. **การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์** (commercial scale)

ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2544 หอยเป๋าฮื้อมีอายุ 19 เดือน เพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้ออีกครั้ง ในรูปแบบการผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ จะเป็นการเพาะและเลี้ยงลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อในบ่อขนาดใหญ่เพื่อผลิตลูกหอยเป๋าฮื้อจำนวนมาก ป้อนให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาดตลาดในเชิงพาณิชย์ จึงไม่จำเป็นต้องคัดเลือกสายพันธุ์ในทิศทางลดการเติบโตหรือโตช้า ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกในทิศทางเดียว (directional selection) คือการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเติบโต คัดเลือกหอยโดยความยาวเปลือกเป็นเกณฑ์จากคะแนนมาตรฐานตามสมการที่ 3.4 แบ่งหอยเป๋าฮื้อตามการเติบโตออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเพิ่มการเติบโต และกลุ่มควบคุม นำหอยเป๋าฮื้อทั้ง 2 กลุ่ม มาขุนให้เป็นพ่อแม่พันธุ์และเพาะพันธุ์เป็นลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กระตุ้นให้หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และดูแลตัวอ่อนโดยใช้วิธีเดียวกับการเพาะพันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

เมื่อลูกหอยมีพัฒนาการเข้าสู่ระยะ late creeping larvae นำลูกหอยลงเกาะในบ่อที่มีไดอะตอมประเภทเกาะพื้นผิว ชนิด *Nitzschia* sp.อยู่ โดยจะอนุบาลลูกหอยในบ่อผ้าใบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (trough) ขนาด 1.0x8.5x0.7 เมตร (รูปที่ 27) ซึ่งจะมีความจุประมาณ 6 ตัน ใส่น้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยไส้กรองขนาด 1 ไมครอน ที่ความเค็ม 30-35 ส่วนในพันส่วน โดยให้น้ำทะเลอยู่ในระดับพอดีแนวของแผ่นพลาสติกที่ขึ้นเบนทิคไดอะตอมซึ่งเตรียมไว้ก่อนล่วงหน้า 1 อาทิตย์ วิธีการเตรียมอาหารบนแผ่นพลาสติกใสจะเหมือนกับการเพาะพันธุ์ในแบบระบบทดลอง แต่จะเปลี่ยนขนาดของแผ่นพลาสติกใสที่ใช้ล่อลูกหอยจากขนาด 50x40 เซนติเมตร มาเป็นขนาด 50x60 เซนติเมตร วางเรียงลงบนตะแกรงไม้ที่วางพาดปากบ่อ จำนวน 8 อัน แต่ละอันสามารถใส่แผ่นพลาสติกได้ 18 แผ่น นำลูกหอยทั้ง 2 กลุ่ม ลงเกาะแยกกลุ่มละบ่อ

เมื่อลูกหอยมีอายุ 72 วัน จะมีความยาวเปลือกประมาณ 4-6 มิลลิเมตร ปัดลูกหอยแต่ละกลุ่มออกจากแผ่นพลาสติกลงเลี้ยงในกระชังที่ทำจากอวนพลาสติกสีดำขนาด 0.5x0.5x0.5 เมตร แยกกระชังกัน โดยกระชังทั้ง 2 กลุ่ม แขวนในบ่อผ้าใบสี่เหลี่ยมขนาด 1.0x3.0x0.7 เมตร เลี้ยงลูกหอยที่ความหนาแน่น 1,000 ตัว/กระชัง ให้อาหารสำเร็จรูป 1 ครั้งต่อวัน ในเวลา 18.00 น. และทำความสะอาดกระชังโดยการดูดตะกอนออกทุกเช้าเมื่อลูกหอยมีอายุ 150 วัน ปรับปริมาณความหนาแน่นในแต่ละกลุ่มการเติบโตให้ใกล้เคียงกัน โดยเลี้ยงลูกหอยกลุ่มละ 300 ตัว ในกระชังขนาดเท่าเดิม

รูปที่ 27 บ่อผ้าใบขนาด 1.0x8.5x0.7 เมตร สำหรับการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อแบบระบบพาณิชย์
ที่มา: คู่มือการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (ติดต่อส่วนตัว; อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2545 ติดเครื่องหมายลงบนเปลือกหอยเป๋าฮื้อแต่ละกลุ่ม ใช้เครื่องหมายเป็นตัวอักษรปนตัวเลขแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มหมายเลข G000-G400 เป็นกลุ่มของลูกหอยรุ่นที่ 1 ที่ได้จากพ่อแม่ที่ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มเพิ่มการเติบโต และกลุ่มหมายเลข J000-J400 เป็นกลุ่มของลูกหอยรุ่น F_1 ที่ได้จากพ่อแม่ที่ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มควบคุม

วันที่ 21 มิถุนายน 2545 นำลูกหอยไปเลี้ยงในรูปแบบการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ในระบบการทำฟาร์มบนบก ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี เหมือนกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง โดยเลี้ยงร่วมกับหอยเป๋าฮื้อกลุ่มอื่นของสถานีฯ ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1.0X10.0X0.7 เมตร (รูปที่ 28) จำนวน 3 บ่อ ที่ความหนาแน่น 1,500 ตัว/บ่อ ซึ่งมีหอยเป๋าฮื้อกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในระบบเชิงพาณิชย์ทั้ง 2 กลุ่มการเติบโต จำนวนบ่อละ 100 ตัว ที่เหลือเป็นหอยของทางสถานีฯ วัดความยาวเปลือกและชั่งน้ำหนักเพื่อดูการเติบโตเดือนละ 1 ครั้ง

รูปที่ 28 บ่อซีเมนต์ขนาด 1.0X10.0X0.6 เมตร ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์
ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา (ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 26)

3.2.2.1 <u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

นำข้อมูลความยาวเปลือกหลังจากติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกันที่อายุ 210 และ 330 วัน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติดังนี้

1. เปรียบเทียบการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ two-way analysis of variance เหมือนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบระบบทดลอง

2. เปรียบเทียบการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อกลุ่มคัดเลือกในรูปของความยาวเปลือกจำเพาะ (GSL) ที่อายุ 180 ถึง 300 วัน ดังสมการ

$$GSL = \frac{SL_{300}-SL_{180}}{SL_{180}}$$ (ดัดแปลงจาก Brett, 1979)

เมื่อ GSL = ความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ

SL_{300} = ความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อเมื่อวัดที่อายุ 300 วัน

SL_{180} = ความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อเมื่อวัดขนาดหลังติดเครื่องหมายที่อายุ 180 วัน

ในการหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ทั้งหมด โดยใช้โปรแกรม SYSTAT version 5.0 (Wilkinson, 1987) ในการวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน และจำแนกองค์ประกอบความแปรปรวนต่างๆ

3.2.2.2. <u>การประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์</u>

ประเมินค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในหอยเป๋าฮื้อที่อายุ 210 และ 300 วัน เช่นเดียวกับการคำนวณในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 กลุ่มประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐาน (Base population : P_0)

ติดเครื่องหมายรายตัวประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานจำนวน 555 ตัว โดยมีขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ย 2.94 $\pm$ 0.435 เซนติเมตร และ 7.5 $\pm$ 3.270 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 25 ถึง 28 องศาเซลเซียส และความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงอยู่ระหว่าง 28-30 ส่วนในพันส่วน

4.1.1 ประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

หอยเป๋าฮื้ออายุ 16 เดือน ประชากรหอยเป๋าฮื้อเหลืออยู่ 550 ตัว (อัตรารอด 99%) ขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ย 3.36 $\pm$ 0.492 เซนติเมตร และ 10.8 $\pm$ 4.512 กรัม นำมาคัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

ในวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2544 หอยเป๋าฮื้อที่ถูกคัดเลือก เป็นกลุ่มเพิ่มการเติบโตมีความสมบูรณ์เพศทั้งหมด 51 ตัว เพศผู้ 18 ตัว เพศเมีย 33 ตัว ค่าเฉลี่ยของขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือก 4.20 $\pm$ 0.127 เซนติเมตร และ 19.0 $\pm$ 2.20 กรัม โดยมีคะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกเฉลี่ยเป็น 1.703 $\pm$ 0.263 หอยเป๋าฮื้อกลุ่มควบคุมมีความสมบูรณ์เพศทั้งหมด 40 ตัว เป็นเพศผู้ 22 ตัว และเพศเมีย 18 ตัว ค่าเฉลี่ยของขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกเป็น 3.35 $\pm$ 0.051 เซนติเมตร และ 9.6 $\pm$ 1.20 กรัม คะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกเฉลี่ยเป็น -0.012 $\pm$ 0.084 หอยเป๋าฮื้อกลุ่มลดการเติบโตมีความสมบูรณ์เพศทั้งหมด 47 ตัว เป็นเพศผู้ 33 ตัว และเพศเมีย 14 ตัว ค่าเฉลี่ยรวมของขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกเป็น 2.58 $\pm$ 0.198 เซนติเมตร และ 5.1$\pm$ 1.21 กรัม คะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกเฉลี่ยเป็น -1.573 $\pm$ 0.407 ดังแสดงในตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข)

4.1.2 ประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

เลี้ยงประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานต่อจนมีอายุ 19 เดือน จำนวนประชากรหอยเป๋าฮื้อเหลืออยู่ 384 ตัว (อัตรารอด 69.2%) ขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ย 3.89 $\pm$ 0.562 เซนติเมตร และ 15.5 $\pm$ 7.635 กรัม ตามลำดับ

ในวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2544 ทำการเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ หอยเป๋าฮื้อที่ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มเพิ่มการเติบโตมีความสมบูรณ์เพศทั้งหมด 48 ตัว เพศผู้ 16

ตัว เพศเมีย 32 ตัว ค่าเฉลี่ยของขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกมีค่า 4.77 ± 0.244 เซนติเมตร และ 28.5 ± 7.412 กรัม โดยมีคะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกเฉลี่ยเป็น 1.581 ± 0.447 หอยเป๋าฮื้อกลุ่มควบคุมมีความสมบูรณ์เพศทั้งหมด 43 ตัว เป็นเพศผู้ 29 ตัว และเพศเมีย 14 ตัว ค่าเฉลี่ยของขนาดความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกเป็น 3.89 ± 0.056 เซนติเมตร และ 14.2 ± 2.132 กรัม คะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกเฉลี่ยเป็น −0.018 ± 0.093 ดังแสดงในตารางที่ 2 (ภาคผนวก ข)

4.2 การเพาะพันธุ์ลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1

4.2.1. การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

4.2.1.1 ลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในระยะวัยอ่อน

นำลูกหอยลงเกาะในวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2544 แยกตามกลุ่ม ดังตารางที่ 5 อุณหภูมิตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 27-28 องศาเซลเซียส และความเค็มอยู่ระหว่าง 28-30 ส่วนในพันส่วน

ตารางที่ 5 การลงเกาะของลูกหอยเป๋าฮื้อที่เพาะพันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

กลุ่ม	จำนวนที่เข้าเพาะรวม (ตัว)	จำนวน (ตัว)		จำนวนไข่ (ฟอง)	จำนวนตัวอ่อนระยะคืบคลาน (ตัว)	อัตรารอด (%)	จำนวนที่นำลงเกาะ (ตัว)
		เพศผู้	เพศเมีย				
ลดการเติบโต	47	33	14	50,000	25,000	50	25,000
ควบคุม	40	22	18	180,000	100,000	55.55	100,000
เพิ่มการเติบโต	51	18	33	1,900,000	1,200,000	63.15	120,000

ปริมาณไข่ที่เพาะได้ในกลุ่มเพิ่มการเติบโตมีจำนวน 1,900,000 ฟอง อัตรารอดเป็นระยะคืบคลาน จำนวน 1,200,000 ตัว คิดเป็น 63.15% ของจำนวนไข่ที่เพาะได้ทั้งหมด สุ่มมาศึกษาเพียงแค่ 120,000 ตัว เพื่อปรับความหนาแน่นให้ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ลูกหอยรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตที่เหลือจากการทดลองนำไปเลี้ยงในระบบการผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อของทางสถานี ฯ

4.2.1.2. การอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อ

ในวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 ลูกหอยมีอายุ 106 วัน แยกกระชังละกลุ่ม เลี้ยงรวมกันในบ่อไฟเบอร์กลาสขนาด 0.5x2.0x0.5 เมตร เพื่อให้ลูกหอยทั้งสามกลุ่มอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จำนวนลูกหอยรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตที่เลี้ยงในกระชัง 558 ตัว กลุ่มควบคุม 770 ตัว และ

กลุ่มลดการเติบโต 126 ตัว คิดเป็น 0.5%, 0.77% และ 0.5% ของจำนวนลูกหอยที่นำลงเกาะทั้งหมดตามลำดับ

4.2.1.3. การดูแลลูกหอยวัยรุ่น

วันที่ 20 เมษายน 2545 เลี้ยงลูกหอยจนถึงขนาดตลาดซึ่งจะเลี้ยงในรูปแบบเชิงพาณิชย์ โดยย้ายลูกหอยมาเลี้ยงในโครงการ "การพัฒนาการผลิตหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์ในระบบการทำฟาร์มบนบก" ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา อุณหภูมิตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 27-28 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ระหว่าง 28-30 ส่วนในพันส่วน จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวเปลือกของลูกหอยในรุ่น F_1 ที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน ในกลุ่มเพิ่มการเติบโตมีค่า 2.43 $\pm$ 0.266, 2.70 $\pm$ 3.34 และ 2.90 $\pm$ 0.368 เซนติเมตรตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งเปลือกของลูกหอยในรุ่น F_1 ที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีค่า 3.38 $\pm$ 1.18, 4.86 $\pm$ 1.70 และ 6.40 $\pm$ 2.44 กรัมตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความยาวเปลือกของลูกหอยในรุ่น F_1 ที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน ในกลุ่มควบคุมมีค่า 2.24 $\pm$ 0.242, 2.46 $\pm$ 0.317 และ 2.64 $\pm$ 0.360 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งเปลือกของลูกหอยในรุ่น F_1 ที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน กลุ่มควบคุมมีค่า 2.55 $\pm$ 0.92, 3.57 $\pm$ 1.41 และ 4.65 $\pm$ 1.90 กรัมตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความยาวเปลือกของลูกหอยในรุ่น F_1 ที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน ในกลุ่มลดการเติบโตมีค่า 2.25 $\pm$ 0.277, 2.44 $\pm$ 0.327 และ 2.57 $\pm$ 0.366 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งเปลือกของลูกหอยในรุ่น F_1 ที่อายุ 275, 305 และ 330 วัน กลุ่มลดการเติบโตมีค่า 2.71 $\pm$ 0.98, 3.70 $\pm$ 1.33 และ 4.65 $\pm$ 1.97 กรัมตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 และกราฟรูปที่ 29

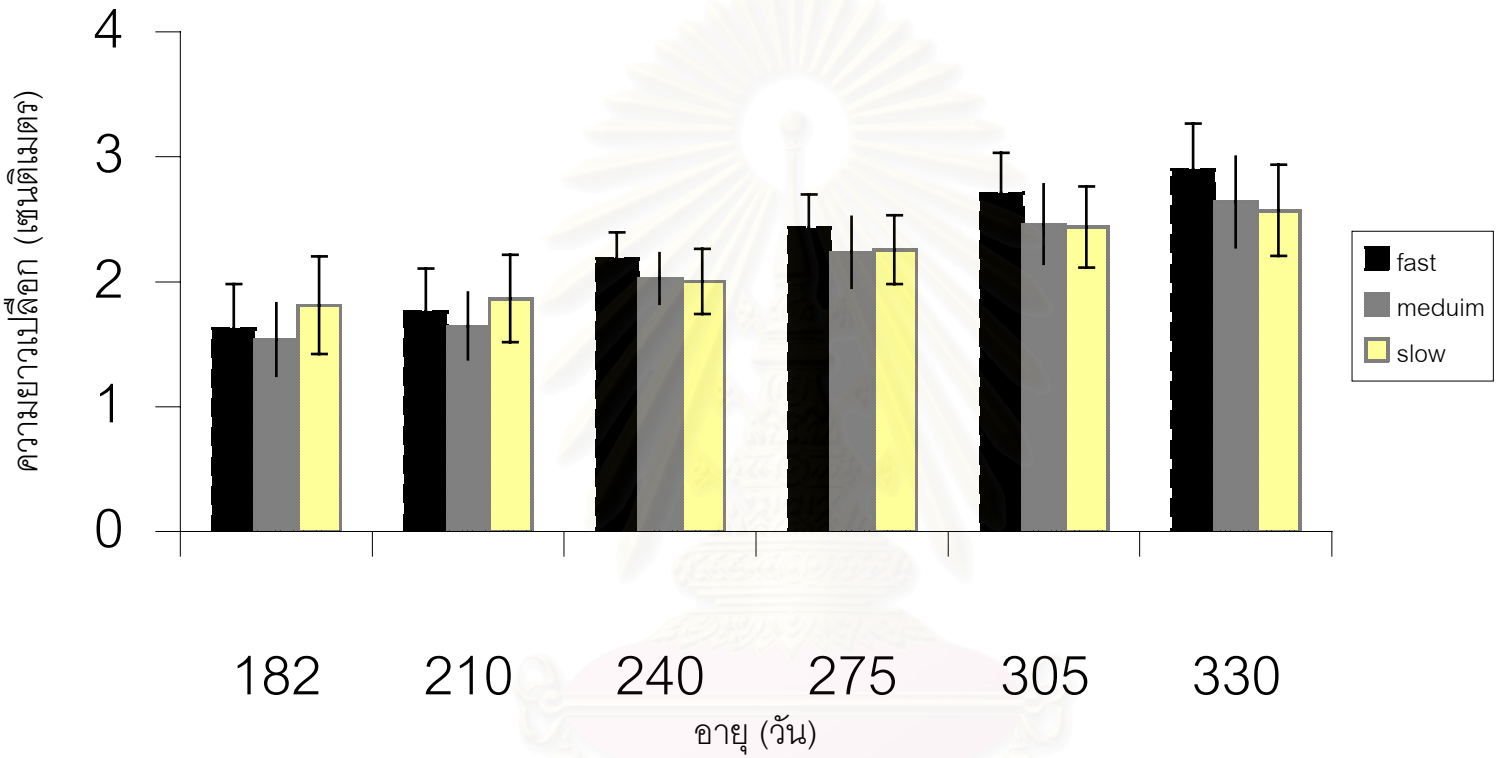
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเติบโตจากความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ทั้ง 3 กลุ่มที่อายุ 275, 305 และ 330 วันตามลำดับ โดยดูผลของความแตกต่างระหว่างบ่อเลี้ยง พบว่าการเติบโตไม่มีความแตกต่างกันระหว่างแต่ละบ่อเลี้ยงหรือจำนวนซ้ำที่เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 7 จากนั้นทดสอบความแตกต่างโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการเติบโต (ตารางที่ 8) พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตแตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทุกช่วงอายุดังกล่าว จึงทำการทดสอบค่าทางสถิติของความยาวเปลือกในหอยกลุ่มคัดเลือกทีละคู่ พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีค่าการเติบโตสูงกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโตไม่มีความแตกต่างของความยาวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุต่างๆ ดังกล่าว (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือก (SL) น้ำหนักทั้งเปลือก (TW) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

อายุ	จำนวน	กลุ่มเพิ่มการเติบโต		กลุ่มควบคุม		กลุ่มลดการเติบโต	
(วัน)	ซ้ำที่	SL ± SD(cm.)	TW ± SD(g)	SL ± SD(cm.)	TW ± SD(g)	SL ± SD(cm.)	TW ± SD(g)
182	1	1.60 ± 0.400	-	1.52 ± 0.310	-	1.81 ± 0.390	_
	2	1.63 ± 0.360	-	1.48 ± 0.300	-		
	3	1.64 ± 0.310	-	1.61 ± 0.260	-		
210	1	1.74 ± 0.360	-	1.63 ± 0.292	-	1.86 ± 0.350	-
	2	1.76 ± 0.340	-	1.60 ± 0.250	-		
	3	1.78 ± 0.330	-	1.70 ± 0.250	-		
240	1	2.18 ± 0.211	2.3 ± 0.76	2.03 ± 0.202	1.9 ± 0.60	2.00 ± 0.262	2.2 ± 0.80
275	1	2.41 ± 0.266	3.4 ± 1.21	2.24 ± 0.226	2.6 ± 0.90	2.18 ± 0.306	2.6 ±1.02
	2	2.44 ± 0.293	3.3 ± 1.25	2.23 ± 0.336	2.5 ± 0.95	2.30 ± 0.264	2.6 ± 0.97
	3	2.43 ± 0.235	3.5 ± 1.05	2.24 ± 0.276	2.6 ± 1.00	2.29 ± 0.242	3.3 ± 2.32
	ค่าเฉลี่ย	**2.43 ± 0.266***	**3.38 ± 1.18***	**2.24 ± 0.242**	**2.55 ± 0.92**	**2.25 ± 0.277**	**2.71± 0.98**
305	1	2.69 ± 0.308	4.7 ± 1.70	2.48 ± 0.316	3.5 ± 1.46	2.33 ± 0.331	3.2 ± 1.34
	2	2.75 ± 0.318	5.0 ± 1.65	2.50 ± 0.301	3.6 ± 1.34	2.48 ± 0.331	3.8 ± 1.29
	3	2.68 ± 0.341	5.0 ± 1.73	2.40 ± 0.332	3.5 ± 1.41	2.51 ± 0.296	4.1 ± 1.27
	ค่าเฉลี่ย	**2.70 ± 3.34***	**4.86 ± 1.70***	**2.46 ± 0.317**	**3.57 ± 1.41**	**2.44 ± 0.327**	**3.70 ± 1.33**
330	1	2.87 ± 0.363	5.9 ± 2.21	2.66 ± 0.347	4.5 ± 1.82	2.46 ± 0.373	4.0 ± 1.60
	2	2.92 ± 0.368	6.4 ± 2.51	2.66 ± 0.339	4.7 ± 1.87	2.58 ± 0.348	4.6 ± 1.70
	3	2.90 ± 0.380	6.6 ± 2.40	2.59 ± 0.402	4.7 ± 2.07	2.68 ± 0.354	5.2 ± 2.14
	ค่าเฉลี่ย	**2.90 ± 0.368***	**6.40 ± 2.44***	**2.64 ± 0.360**	**4.65 ± 1.90**	**2.57 ± 0.366**	**4.65 ± 1.97**

* มีความแตกต่างจากกลุ่มการเติบโตอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P < 0.05$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเปลือกเป็นเซนติเมตร กับอายุเป็นวันของหอยเป๋าฮื้อ แต่ละกลุ่มการเติบโตในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 แต่ละบ่อเลี้ยง (replicate) ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

Age (day)	Source	Df	SS	MS	F ratio	P
275	replicate	2	14.661	7.330	0.975	0.378
	Error	495	3720.239	7.516		
305	replicate	2	43.843	21.922	1.818	0.164
	Error	452	5451.228	12.060		
330	replicate	2	14.507	7.253	0.476	0.622
	Error	396	6032.250	15.233		

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ระหว่างกลุ่มการเติบโต (group) ทั้งสามกลุ่มที่อายุต่างๆ กัน หลังจากติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกัน ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

Age (day)	Source	Df	SS	MS	F ratio	P
275	Group	2	413.207	206.604	30.788*	0.000
	Error	495	3321.693	6.710		
305	Group	2	698.308	349.154	32.901*	0.000
	Error	452	4796.764	10.612		
330	Group	2	788.884	394.442	29.708*	0.000
	Error	396	5257.873	13.277		

* มีความแตกต่างจากกลุ่มการเติบโตอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P< 0.05$

จากการวิเคราะห์ค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 เพื่อดูผลความแตกต่างของการเติบโตระหว่างหอยกลุ่มคัดเลือกกับกลุ่มควบคุม โดยเปรียบเทียบการเติบโตจากความยาวเปลือกที่อายุ 240 วัน กับความยาวเปลือกที่อายุ 330 วัน พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต 10.34% ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มควบคุมอัตราการเติบโตเท่ากับหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต ดังตารางที่ 10

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเปลือกและน้ำหนักทั้งเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่นF_1 พบว่าค่าความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของหอยเป๋าฮื้อในทุกช่วงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.000$) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 แต่ละกลุ่ม ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

Age (day)	Group			Mean difference	Standard error	P
275	Fast	VS	Medium	1.965*	0.273	0.000
			Slow	1.777*	0.344	0.000
	Medium	VS	Slow	-0.192	0.346	0.580
305	Fast	VS	Medium	2.496*	0.333	0.000
			Slow	2.715*	0.417	0.000
	Medium	VS	Slow	-0.219	0.418	0.602
330	Fast	VS	Medium	2.59*	0.41	0.000
			Slow	3.26*	0.50	0.000
	Medium	VS	Slow	-0.67	0.50	0.174

1. * มีความแตกต่างจากกลุ่มการเติบโตอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ P< 0.05
2. Fast คือ กลุ่มเพิ่มการเติบโต
   Medium คือ กลุ่มควบคุม
   Slow คือ กลุ่มลดการเติบโต

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่อายุ 240 วันกับ 330 วัน ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

กลุ่ม	ค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ	โตกว่าคิดเป็น (%)
เพิ่มการเติบโต	0.082	-
ควบคุม	0.076	10.34
ลดการเติบโต	0.076	10.34

ตารางที่ 11 สหสัมพันธ์ (Pearson correlation) ของความยาวเปลือก (SL) และน้ำหนักทั้งเปลือก (TW)ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

อายุ (วัน)	R^2	P value
275	0.840*	0.000
305	0.885*	0.000
330	0.927*	0.000

หมายเหตุ R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, * $-1 \leq R^2 \leq 1$

4.2.1.4. การประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

จากการหาสหสัมพันธ์ระหว่างความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 พบว่าการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ที่อายุ 330 วัน, 480 วัน, 510 วัน, 570 วัน และ 630 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.000) ดังตารางที่ 13 จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำค่าความแตกต่างของการคัดเลือกในหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ที่อายุ 330 วัน มาประเมินค่าอัตราพันธุกรรมได้ โดยค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S) จากการเทียบกับคะแนนมาตรฐานในรุ่น P_0 ของการคัดเลือกในกลุ่มเพิ่มการเติบโตที่อายุ 330 วัน มีค่าเท่ากับ 1.715 ส่วนการคัดเลือกในกลุ่มลดการเติบโตที่อายุ 330 วัน มีค่าเท่ากับ −1.561 ค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในกลุ่มเพิ่มการเติบโตที่อายุ 275 วัน 305 วัน และ 330 วัน มีค่า 0.687 $\pm$ 0.975, 0.707 $\pm$ 0.962 และ 0.667 $\pm$ 0.949 ตามลำดับ ส่วนค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในกลุ่มลดการเติบโตที่อายุ 275 วัน 305 วัน และ 330 วัน มีค่า 0.045 $\pm$ 1.000, -0.062 $\pm$ 0.937 และ -0.186 $\pm$ 0.934 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ดังนั้นค่าอัตราพันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในกลุ่มการเติบโตที่อายุ 275 วัน 304 วัน และ 330 วัน มีค่า 0.400 $\pm$ 0.568, 0.412 $\pm$ 0.516 และ 0.388 $\pm$ 0.553 ตามลำดับ ส่วนอัตราพันธุกรรมทางลดการเติบโตมีค่า 0.028 $\pm$ 0.641 , -0.039 $\pm$ 0.600 และ -0.119 $\pm$ 0.598 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตรฐานของผลตอบสนองทางอ้อม (R) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโตและลดการเติบโต

อายุ (วัน)	กลุ่ม	ค่าผลตอบสนองทางอ้อม (R $\pm$ SD)
275	เพิ่มการเติบโต	0.687 $\pm$ 0.975
	ลดการเติบโต	0.045 $\pm$ 1.000
305	เพิ่มการเติบโต	0.707 $\pm$ 0.962
	ลดการเติบโต	-0.062 $\pm$ 0.937
330	เพิ่มการเติบโต	0.667 $\pm$ 0.949
	ลดการเติบโต	-0.186 $\pm$ 0.934

ตารางที่ 13 แสดงสหสัมพันธ์(Pearson correlation) ของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ที่อายุต่างๆ

อายุ (วัน)		330	480	510	570	630
330	R^2	1.000	0.900*	0.816*	0.807*	0.758*
	P value	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เหลือ (ตัว)	555	537	421	367	324
480	R^2	0.900*	1.000	0.858*	0.859*	0.833*
	P value	0.000	-	0.000	0.000	0.000
	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เหลือ (ตัว)	537	550	427	373	330
510	R^2	0.816*	0.858*	1.000	0.950*	0.929*
	P value	0.000	0.000	-	0.000	0.000
	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เหลือ (ตัว)	421	427	431	359	316
570	R^2	0.807*	0.859*	0.950*	1.000	0.955*
	P value	0.000	0.000	0.000	-	0.000
	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เหลือ (ตัว)	367	373	359	377	321
630	R^2	0.758*	0.833*	0.929*	0.955*	1.000
	P value	0.000	0.000	0.000	0.000	-
	จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่เหลือ (ตัว)	324	330	316	321	333

หมายเหตุ R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

* $-1 \leq R^2 \leq 1$

4.2.2. การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

4.2.2.1. ลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในระยะวัยอ่อน

นำลูกหอยลงเกาะในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2544 แยกกลุ่มละบ่อ จำนวนไข่ที่ได้และอัตรารอดจนเป็นตัวอ่อนระยะลงเกาะในแต่ละกลุ่มการเติบโต แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การลงเกาะของลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่เพาะพันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

กลุ่ม	จำนวนที่เข้าเพาะรวม (ตัว)	จำนวน (ตัว)		จำนวนไข่ (ฟอง)	จำนวนตัวอ่อนระยะคืบคลาน (ตัว)	อัตรารอด (%)
		เพศผู้	เพศเมีย			
ควบคุม	43	29	14	90,000	30,000	33.3
เพิ่มการเติบโต	48	16	32	900,000	620,000	68.9

4.2.2.2. การอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อ

วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2545 ลูกหอยเป๋าฮื้อมีอายุ 180 วัน ติดเครื่องหมายลูกหอยเป๋าฮื้อแต่ละกลุ่ม โดยหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ย 1.78 $\pm$ 0.252 เซนติเมตร และ น้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ย 1.30 $\pm$ 0.60 กรัม ส่วนหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมมีขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ย 1.61 $\pm$ 0.208 เซนติเมตร และน้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ย 0.83 $\pm$ 0.41 กรัม

4.2.2.3. การดูแลลูกหอยวัยรุ่น

วันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2545 ย้ายลูกหอยเป๋าฮื้อมาเลี้ยง ในโครงการฯ ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา อุณหภูมิตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 27-28 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ระหว่าง 28-30 ส่วนในพันส่วน จากผลการศึกษาพบว่า หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีขนาดความยาวเปลือกที่อายุ 210 และ 300 วันเป็น 1.92 $\pm$ 0.331 และ 2.62 $\pm$ 0.517 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักทั้งเปลือกของหอยเป๋าฮื้อมีค่า 1.94$\pm$ 1.40 และ 5.37 $\pm$ 2.75 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมมีขนาดความยาวเปลือกที่อายุ 210 และ 300 วันเป็น 1.68 $\pm$ 0.248 และ 2.30 $\pm$ 0.514 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักทั้งเปลือกของหอยเป๋าฮื้อมีค่า 1.1 $\pm$ 0.63 และ 3.40 $\pm$ 2.05 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และกราฟรูปที่ 30)

จากการทดสอบทางสถิติของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ทั้ง 2 กลุ่ม โดยดูผลของความแตกต่างระหว่างบ่อเลี้ยง พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างแต่ละบ่อที่เลี้ยงหรือจำนวนซ้ำที่เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 16 จึงทำการทดสอบค่าความแตกต่างของความยาวเปลือกระหว่างหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตกับกลุ่มควบคุม พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งอายุ 180, 210 และ 300 วัน ดังตารางที่ 17 และจากการวิเคราะห์ค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อเพื่อดูผลความแตกต่างของการเติบโตระหว่างหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มควบคุม โดยเปรียบเทียบการเติบโตจากความยาวเปลือกที่อายุ 180 วัน กับความยาวเปลือกที่อายุ 300 วัน พบว่า หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม 17.35% (ตารางที่ 18)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

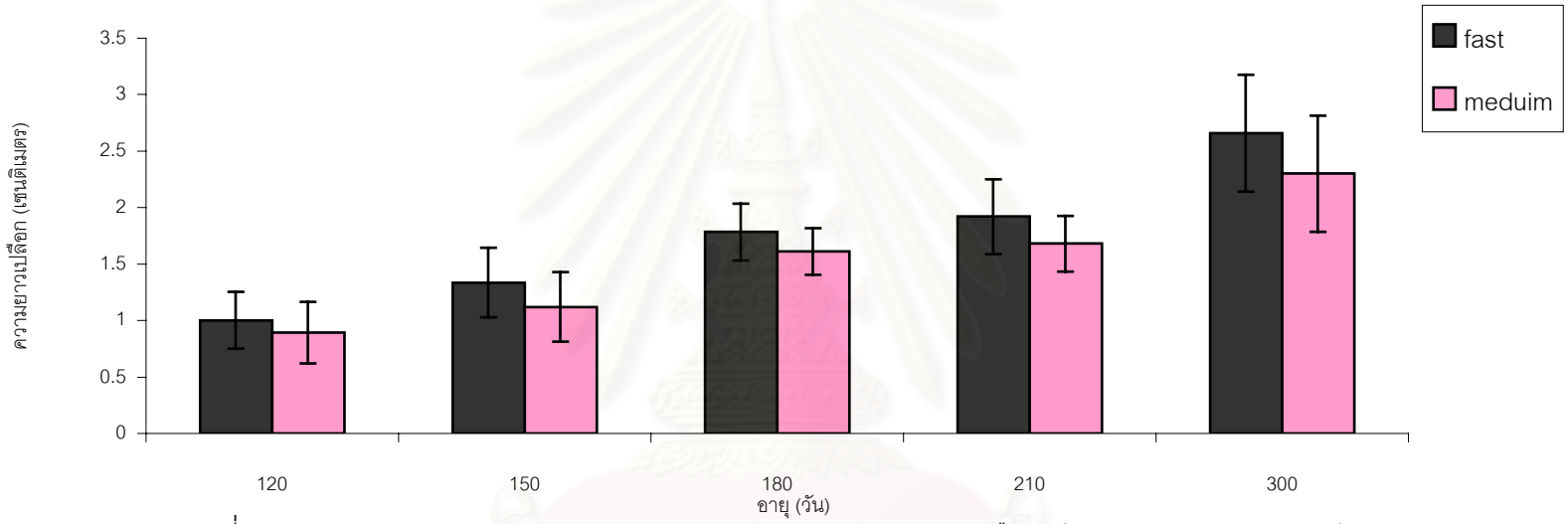
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือก (SL) น้ำหนักทั้งเปลือก (TW) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

อายุ (วัน)	จำนวนซ้ำที่	กลุ่มเพิ่มการเติบโต		กลุ่มควบคุม	
		SL ± SD(cm.)	TW ± SD(g)	SL ± SD(cm.)	TW ± SD(g)
120	1	1.04 ± 0.225	-	0.88 ± 0.251	-
	2	0.96 ± 0.283	-	0.90 ± 0.300	-
	3	1.01 ± 0.215	-	0.88 ± 0.273	-
150	1	1.34 ± 0.308	-	1.12 ± 0.308	-
180	1	1.78 ± 0.252	1.3 ± 0.60	1.61 ± 0.208	0.8 ± 0.41
210	1	1.86 ± 0.342	1.8 ± 0.93	1.65 ± 0.230	1.1 ± 0.56
	2	1.95 ± 0.313	2.1 ± 2.02	1.17 ± 0.281	1.2 ± 0.72
	3	1.94 ± 0.335	2.0 ±1.02	1.67 ± 0.231	1.1 ± 0.60
	ค่าเฉลี่ย	**1.92 ± 0.331***	**1.94 ± 1.40***	**1.68 ± 0.248**	**1.1 ± 0.63**
300	1	2.56 ± 0.438	5.0 ± 2.25	2.03 ± 0.357	2.8 ± 1.16
	2	2.66 ± 0.493	5.2 ± 2.73	2.46 ± 0.513	3.73 ± 2.36
	3	2.78 ± 0.604	5.9 ± 3.22	2.33 ± 0.572	3.4 ± 2.27
	ค่าเฉลี่ย	**2.62 ± 0.517***	**5.37 ± 2.75***	**2.30 ± 0.514**	**3.40 ± 2.05**

* มีความแตกต่างจากกลุ่มการเติบโตอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P< 0.05$

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 แต่ละบ่อเลี้ยง (replicate)ที่อายุต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

Age (day)	Source	Df	SS	MS	F ratio	P
210	replicate	2	21.91	10.954	1.070	0.345
	Error	257	2631.572	10.240		
300	replicate	2	92.154	46.077	1.597	0.207
	Error	109	3144.957	28.853		



รูปที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการเติบโตระหว่างความยาวเปลือกเป็น เซนติเมตร กับอายุเป็นวัน ของหอยเป๋าฮื้อกลุ่มเพิ่มการเติบโตและกลุ่มควบคุม ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ระหว่างกลุ่มการเติบโต (group) ทั้งสองกลุ่ม ที่อายุต่างๆ กัน หลังจากติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกัน ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

Age (day)	Source	Df	SS	MS	F ratio	P
180	group	1	208.994	208.994	38.531*	0.000
	Error	281	1524.148	5.424		
210	group	1	370.949	370.949	41.929*	0.000
	Error	258	2282.531	8.847		
300	group	1	359.223	359.223	11.578*	0.000
	Error	107	2833.779	26.484		

* มีความแตกต่างจากกลุ่มการเติบโตอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P< 0.05$

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่อายุ 180 วันกับ 300 วัน ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

กลุ่ม	ค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อ	โตกว่าคิดเป็น (%)
เพิ่มการเติบโต	0.461	-
ควบคุม	0.392	17.35

4.2.2.5. <u>การประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์</u>

ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S) จากการเทียบกับคะแนนมาตราฐานในรุ่น P_0 ที่อายุ 570 วัน มีค่าเท่ากับ 1.599 ส่วนค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองต่อการคัดเลือกทางอ้อม (R) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในระบบการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ที่อายุ 210 และ 300 วัน มีค่า 0.765 ± 1.037 และ 0.700 ± 0.970 ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตรฐานของผลตอบสนองทางอ้อม (R) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในกลุ่มคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโต

อายุ (วัน)	ค่าผลตอบสนองทางอ้อม ($\pm$ SD)
210	0.765 ± 1.037
300	0.700 ± 0.970

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1. การสร้างกลุ่มประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐาน (P_0)

เนื่องจากต้องการรวบรวมความหลากหลายทางพันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อในธรรมชาติ จึงต้องมีการนำพ่อแม่พันธุ์จำนวนหนึ่งมาผสมพันธุ์แบบสุ่ม (random mating) โดยวิธี mass spawning โดยมีสมมติฐานว่า พ่อแม่พันธุ์เหล่านี้มีโอกาสในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เท่าๆกัน (Falconer and Mackay,1996) และเหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ หอยเป๋าฮื้อที่ได้จากธรรมชาติแต่ละตัวมีความแตกต่างกันในพฤติกรรมการดำรงชีวิต เช่น การแก่งแย่งพื้นที่ แหล่งอาหาร ทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่าหอยเป๋าฮื้อที่มีขนาดเล็กจะมีอายุน้อยกว่าหอยที่มีขนาดใหญ่เสมอไป จึงไม่สามารถนำขนาดมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างกลุ่มประชากรพื้นฐานขึ้นมา ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ นำหอยเป๋าฮื้อที่ถูกเพาะพันธุ์ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2543 จากหอยเป๋าฮื้อธรรมชาติบริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง มาเป็นประชากรพื้นฐาน เพื่อทราบประวัติความเป็นมา และอายุที่แน่นอนของประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐาน

5.1.1 <u>ประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง</u>

ในการผลิตประชากรหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อดูผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือก ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงและการปรับปรุงพันธุ์ในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ทำการคัดเลือกประชากรในทิศทางตรงกันข้าม (divergent selection) คือกลุ่มเพิ่มการเติบโตและกลุ่มลดการเติบโต สายพันธุ์คัดเลือกแต่ละกลุ่มจะใช้เป็นประชากรกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน (อาจินต์ ชำนาญคุรุเวท, 2539) เพื่อเป็นการลดปัญหาอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม เพราะสภาพแวดล้อมจะมีผลกระทบต่อประชากรกลุ่มคัดเลือกทั้งสองกลุ่มเหมือนๆ กัน โดยมีประชากรกลุ่มควบคุมหรือ unselected control เป็นประชากรเปรียบเทียบเพื่อติดตามผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสายพันธุ์คัดเลือกทั้งสองกลุ่ม

5.1.2 <u>ประชากรหอยเป๋าฮื้อพื้นฐานที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์</u>

การผลิตประชากรรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ เป็นการประยุกต์จากการคัดเลือกในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองมาใช้ในการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ เพื่อผลิตลูกพันธุ์หอยเป๋าฮื้อขนาด 2 เซนติเมตร ขึ้นไป จำนวน 25,000 ตัว ป้อนให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อขนาด

ตลาดในเชิงพาณิชย์ จึงไม่จำเป็นต้องคัดเลือกสายพันธุ์ในทิศทางลดการเติบโตหรือโตช้า และเพื่อคัดลูกหอยที่ไม่ได้ขนาดหรือไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดออกนอกระบบ ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกในทิศทางเดียว (directional selection) คือการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเติบโต

5.2. ประชากรหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1

5.2.1. การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

จากการคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ออกเป็นกลุ่มเพิ่มการเติบโต กลุ่มควบคุม และกลุ่มลดการเติบโต จะเห็นถึงศักยภาพของการคัดเลือก จากตารางที่ 5 และ 14 พบว่ากลุ่มเพิ่มการเติบโตมีความดกของไข่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มาก ดังนั้นในการคัดหอยเป๋าฮื้อที่มีการเติบโตเร็วมาเป็นพ่อแม่พันธุ์จะทำให้ได้ปริมาณลูกหอยเป๋าฮื้อจำนวนมากและมีอัตรารอดสูง (มณฑิรา ถาวรยุติการต์, 2536; Toro *et al*., 1995; Jónasson *et al*., 1999)

เมื่อพิจารณาจากการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ที่ระยะต่างๆ ดังตารางที่ 6 และกราฟรูปที่ 29 พบว่าความหนาแน่นมีผลต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ดังจะเห็นได้จากหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตกลับมีการเติบโตช้ากว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต เนื่องจากไม่ได้ปรับจำนวนลูกหอยแต่ละกลุ่มให้เท่ากันในระหว่างการเลี้ยง หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโตจึงมีความหนาแน่นน้อยกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ลูกหอยกลุ่มการเติบโตเดียวกันอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน และเนื่องจากลูกหอยมีขนาดเล็กมาก การเคลื่อนย้ายอาจทำให้ลูกหอยได้รับบาดเจ็บและติดเชื้อได้ นอกจากนี้ยังไม่ทราบว่าหอยเป๋าฮื้อทั้ง 3 กลุ่ม จะมีอัตรารอดมากน้อยเพียงใด และจะมีปริมาณเพียงพอแก่การทดลองหรือไม่ ดังนั้นจึงเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทั้งสามกลุ่มโดยไม่ปรับความหนาแน่น จนกระทั่งหอยมีอายุ 150 วัน ทำการปรับความหนาแน่นโดยเลี้ยงลูกหอยประมาณ 100-125 ตัวต่อกลุ่มการเติบโต ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 100 ลิตร แต่การเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโตยังคงมีผลสืบเนื่องอยู่จนถึงระยะวัยรุ่นจนถึงอายุ 210 วัน หลังจากอายุ 240 วัน จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยจะเห็นว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตจะเริ่มมีการเติบโตที่เร็วกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต สอดคล้องกับการศึกษาของ Strömgren and Nielson (1989) ซึ่งทำการประมาณค่าการเติบโตของความยาวเปลือกของหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* ในระยะวัยอ่อนและระยะวัยรุ่น พบว่าผลการเติบโตของหอยที่โตเร็วในระยะวัยอ่อนจะไม่มีผลต่อเนื่องถึงการเติบโตในระยะที่เป็นขนาดตลาด หลังจากเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทั้งสามกลุ่มในสภาพแวดล้อมเดียวกันหรือบ่อเดียว

กันพบว่า หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ทั้งสามกลุ่มมีการเติบโตที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงการแสดงออกของยีนควบคุมการเติบโต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทดสอบความแตกต่างในการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ทั้งสามกลุ่มที่อายุต่างๆ หลังจากนำไปเลี้ยงให้เป็นขนาดตลาดในเชิงพาณิชย์ พบว่าการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มคัดเลือกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตแตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต แต่หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโตมีการเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังทดสอบผลการเติบโตโดยดูค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อพบว่าให้ผลเช่นเดียวกันคือ หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตจะมีการเติบโตที่ดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต ในขณะที่หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมมีเติบโตเท่ากับหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต จากการทดสอบเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงผลจากการคัดเลือกที่มีต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 29 (ช่วงอายุ 240 ถึง 330 วัน) นั่นคือการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อมีผลมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม

อย่างไรก็ตามการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในการศึกษาครั้งนี้ยังคงโตช้ากว่าปกติเมื่อเทียบกับข้อมูลการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อทั่วไป ทั้งนี้เพราะมีการเคลื่อนย้ายลูกหอย รวมทั้งมีการวัดความยาวเปลือกและชั่งน้ำหนักของหอยเป๋าฮื้อบ่อยครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงตั้งแต่อายุ 210 วันขึ้นไป มีการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักทุกเดือน ซึ่งการกระทำดังกล่าวอาจไปรบกวนพฤติกรรมของหอยเป๋าฮื้อและบางครั้งการแซะหอยขึ้นมาวัดความยาวเปลือกและชั่งน้ำหนักอาจทำให้หอยเป๋าฮื้อบาดเจ็บ ส่งผลให้การเติบโตและการกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อหยุดชะงักไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง

ในทางการค้าส่วนใหญ่มักจะขายหอยเป๋าฮื้อโดยน้ำหนักที่เป็นกรัม จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเปลือกและน้ำหนักตัวของหอยเป๋าฮื้อพบว่า ความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$, ตารางที่ 11) จึงสามารถวัดผลการเติบโตทางอ้อมโดยการวัดความยาวเปลือกแทน เนื่องจากทำได้ง่ายและมีความแม่นยำในการวัดดีกว่าการชั่งน้ำหนัก (Toro *et al.*,1995)

<u>การประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง</u>

จากการศึกษาพบว่าค่าการตอบสนองในทางเพิ่มการเติบโตและลดการเติบโตมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งในการทำการคัดพันธุ์แบบสองทิศทางส่วนใหญ่มักจะให้ผลในการตอบสนองของการคัดเลือกมีค่าไม่สมมาตรกัน (asymmetry) อยู่เสมอ (Toro *et al.*, 1995 ; Falconer and Mackay,1996)

อาจเนื่องมาจากค่า selection differential ในการคัดเลือกในทางเพิ่มการเติบโตและทางลดการเติบโตมีค่าแตกต่างกัน โดยกลุ่มคัดเลือกทางเพิ่มการเติบโตมีค่า selection differential เป็น 1.715 ส่วนกลุ่มคัดเลือกในทางลดการเติบโตมีค่า –1.561

ในการคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อควรดูค่าตอบสนองการคัดเลือกที่ขนาดตลาดหรือดูค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกที่อายุเท่ากับอายุของพ่อแม่พันธุ์ที่นำมาคัดเลือก (Hadley *et al*., 1991; Toro *et al*., 1995; Jónasson *et al*., 1999) แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา การทดลองนี้จึงประเมินผลตอบสนองต่อการคัดเลือกทางอ้อมโดยดูผลการเติบโตจากความยาวเปลือกจำเพาะ (สุภัทรา อุไรวรรณ์ และคณะ, 2544; Uraiwan, 1988; Uraiwan, 1990) พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีอัตราการเติบโตเร็วกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโต 10.3% อย่างไรก็ตามจากการดูค่าสหสัมพันธ์ของการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ที่อายุ 330 วัน และ 480 วัน พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูง ($P=0.000, R^2 = 0.900$) ดังตารางที่ 11 ดังนั้นจึงสามารถประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ที่อายุ 330 วันได้ โดยค่าอัตราพันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโต ที่อายุ 330 วัน มีค่า 0.388 ± 0.553 ส่วนอัตราพันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโต ที่อายุ 330 วัน มีค่า -0.119 ± 0.598

5.2.2. การเพาะพันธุ์หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

จากกราฟรูปที่ 30 ผลการเติบโตในช่วงแรก (120-180 วัน) ลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มที่โตเร็วมีการเติบโตที่ดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม อาจเป็นผลมาจาก maternal effect จึงดูผลการเติบโตหลังจากที่ติดเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกันในบ่อขนาด 1.0x10.0x0.6 เมตร พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม แม้ว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมจะมีจำนวนลูกหอยน้อยกว่าก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเติบโตของความยาวเปลือกหอยเป๋าฮื้อทั้งสองกลุ่มที่อายุ 210 และ 300 วัน พบว่าการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตแตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) แต่จำนวนหอยเป๋าฮื้อที่สามารถวัดได้ในช่วงอายุ 300 วัน มีจำนวนน้อยกว่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผิดพลาดในขั้นตอนการติดเครื่องหมายทำให้เมื่อเลี้ยงไปนานๆ เครื่องหมายที่ติดอยู่บนเปลือกของหอยเป๋าฮื้อหลุดลอกออก ซึ่งการสูญหายในครั้งนี้คิดเป็นเปอร์เซนต์ในการสูญหายของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีจำนวน 40% และมีอัตราการตาย 10.7% ส่วนกลุ่มควบคุมมีจำนวนเครื่องหมายที่หลุด 60.5% และมีอัตราการตาย 11.8% ทำให้จำนวนหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในกลุ่มควบคุมที่เหลือมีน้อย (ต่ำกว่า 30%) หากนำประชากรชุดนี้ไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นต่อไป จะทำให้เกิด

การผสมเลือดชิด (inbreeding depression) ขึ้นในประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตต่อรุ่นในรุ่นถัดไปลดลง

<u>การประมาณค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์</u>

จากค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อเพื่อดูผลความแตกต่างของการเติบโตระหว่างหอยเป๋าฮื้อกลุ่มคัดเลือกกับกลุ่มควบคุม พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม 17.4% แสดงให้เห็นผลการของการคัดเลือกและผลของยีนที่ควบคุมลักษณะการเติบโต

ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองต่อการคัดเลือดทางอ้อมและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 ในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ ที่อายุ 210 และ 300 วัน มีค่า 0.765 ± 1.037 และ 0.690 ± 0.970 ตามลำดับ แต่จากการสูญหายของเครื่องหมายที่ติดบนเปลือกหอยเป๋าฮื้ออาจทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้สูงเกินจริงจึงไม่ได้ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในการศึกษาครั้งนี้

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงทั้งสองรูปแบบแสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกมีผลต่ออัตราการเติบโตของหอยเป๋าฮื้ออย่างมีนัยสำคัญ และการคัดเลือกในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตใกล้เคียงกับการคัดเลือกในสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ ดังนั้นการทำโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ (selective breeding program) ผู้เพาะเลี้ยงสามารถทำการคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อควบคู่ไปกับการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งวิธีการคัดพันธุ์แบบ mass selection ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมจะนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำหลายๆชนิด โดยเฉพาะสัตว์น้ำในกลุ่ม molluscs (Crenshaw *et al*., 1991; Hadley *et al*., 1991; Jarayabhand and Thavornyutikan, 1995: Toro *et al*., 1995)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการหาการตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของอัตราการเติบโตในหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* สรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักเปลือกของหอยเป๋าฮื้อ (ตารางที่ 11) ดังนั้นการทำโปรแกรมการคัดเลือกการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อสามารถใช้ค่าความยาวเปลือกเป็นตัวแทนของการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อแทนน้ำหนักตัวของหอยเป๋าฮื้อได้ เนื่องจากสามารถวัดได้ง่ายกว่า
2. จากการศึกษาสภาพการเลี้ยงทั้งแบบระบบทดลองและแบบระบบพาณิชย์ พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีความดกของไข่สูงและมีอัตรารอดเป็นตัวอ่อนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงผลของการคัดเลือกทางการเติบโตอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะความดกของไข่และอัตรารอด
3. การเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ในช่วงระยะวัยอ่อนในการเพาะพันธุ์แบบระบบทดลองความหนาแน่นในการเลี้ยงมีผลต่อการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ ทำให้หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโตมีการเติบโตที่แตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโตและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม แต่หลังจากปรับความหนาแน่นแล้ว หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตแตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุมและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโต เป็นการชี้ให้เห็นว่าลักษณะการเติบโตสามารถปรับปรุงได้โดยการคัดเลือก เนื่องจากมียีนเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะนี้
4. การเลี้ยงทั้งในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองและสภาพการเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์ พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีการเติบโตดีกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเปรียบเทียบ และจากการดูค่าความยาวเปลือกจำเพาะของหอยเป๋าฮื้อในทั้งสองสภาพการเลี้ยง พบว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มคัดเลือกมีการเติบโตดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้คัดเลือก 10.3%-17.4% แสดงให้เห็นถึงผลการคัดเลือกและผลของยีนที่ควบคุมลักษณะการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ
5. ค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกของหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง ที่อายุ 275 วัน 305 วัน และ 330 วัน กลุ่มเพิ่มการเติบโตมีค่า 0.687 $\pm$

0.975, 0.707 $\pm$ 0.962 และ 0.667 $\pm$ 0.949 ตามลำดับ ส่วนค่าผลตอบสนองทางอ้อมต่อการคัดเลือกในกลุ่มลดการเติบโต มีค่า 0.045 $\pm$ 1.000, -0.062 $\pm$ 0.937 และ -0.186 $\pm$ 0.934 ตามลำดับ

6. จากค่าสหสัมพันธ์ของการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อรุ่น P_0 ที่อายุ 330 วัน และ 480 วัน พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูง ($P=0.000, R^2 = 0.900$) ดังตารางที่ 11 ดังนั้นจึงสามารถประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลูกหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1ที่อายุ 330 วันที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองได้ โดยค่าอัตราพันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มเพิ่มการเติบโต ที่อายุ 330 วัน มีค่า 0.388 $\pm$ 0.553 ส่วนอัตราพันธุกรรมของหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1 กลุ่มลดการเติบโต ที่อายุ 330 วัน มีค่า -0.119 $\pm$ 0.598

ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกหอยเป๋าฮื้อในสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลองการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อในช่วงแรกๆ หอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มลดการเติบโตมีการเติบโตสูงกว่าหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มเพิ่มการเติบโตและหอยเป๋าฮื้อรุ่น F_1กลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการคัดเลือกครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาหาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อด้วย
2. การติดเครื่องหมายหอยเป๋าฮื้อควรจะติดในหอยเป๋าฮื้อที่มีขนาด 2 เซนติเมตรขึ้นไป เพื่อการติดตามผลที่ถูกต้องแม่นยำ
3. ในการปรับปรุงพันธุ์หอยเป๋าฮื้อ ควรมีการพัฒนาปรับปรุงเทคนิคในการเลี้ยง เช่น ศึกษาเพิ่มเติมในด้านการผลิตอาหารที่เหมาะสมกับหอยเป๋าฮื้อแต่ละวัย หรือการจัดการพ่อแม่พันธุ์โดยนำหอยเป๋าฮื้อรุ่นที่ผ่านคัดเลือกแล้วเข้ามาเป็นพ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์ร่วมกับพ่อแม่พันธุ์อื่นๆ ในฟาร์ม แล้วทำการคัดเลือกควบคู่ไปกับการเลี้ยง เพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นและลดระยะเวลาในการเลี้ยงลง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คเชนทร เฉลิมวัฒน์. 2544. การเพาะเลี้ยงหอย. สำนักพิมพ์รั้วเขียว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 211-228.

ชลธยา ทรงรูป. 2544. การเพาะเลี้ยงไดอะตอมบนพื้นผิว (Benthic diatom) เพื่อการอนุบาลหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) วัยอ่อน. ประมวลผลงานวิจัยการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ณ โรงแรมปางสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 6-8 ธันวาคม 2544.

ธานินทร สิงหไกรวรรณ. 2535. การทดลองความหนาแน่นในการเลี้ยงลูกหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linne) เอกสารวิชาการฉบับที่ 36. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 13 หน้า.

ธานินทร สิงหไกรวรรณ. 2536. การทดลองระบบการเลี้ยงลูกหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linne') เอกสารวิชาการฉบับที่ 37 ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 หน้า.

นงเยาว์ แซ่จิว. 2533. การศึกษาชีววิทยาและการสืบพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis ovina*, Gmelin 1791. บริเวณเกาะค้างคาว จังหวัดชลบุรี รายงานวิชาปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นพดล ค้าขาย และ ครรชิต เพชรจำรัส. 2535. การสำรวจและรวบรวมหอยโข่งทะเลสำหรับเป็นพ่อแม่พันธุ์ในเขตจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดตราด. เอกสารวิชาการเลขที่ 6/2353 สถานีเพาะเลี้ยงชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 47 หน้า.

นานาสัตว์น้ำ. 2542. โครงการศึกษาการสร้างแหล่งสาหร่ายบนปะการังเทียมเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมือง. ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 หน้า 10.

มณฑิรา ถาวรยุติการต์. 2536. การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ต่อการเติบโตของหอยนางรมปากจีบ *Saccostrea cuculata* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิลา เรืองแป้น. 2543. การเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ. วารสารสัตว์น้ำ ปีที่ 11 ฉบับที่125. หน้า126-131.

วันทนา อยู่สุข. 2528. หอยทะเล. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 45-47.

สิทธิศักดิ์ เหมืองสิน. 2545. หอยเป๋าฮื้อสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ของไทย. การสัมมนา Abalone Seedling and Management (for Abalone Promotion in Future) 31 ม ค .- 1 ก พ . 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริ ทุกข์วินาศ, วชิระ เหล็กนิ่ม, เยาว์นิตย์ ดนยดล, ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และเพิ่มศักดิ์ เพิงมาก. 2529. ผลการสำรวจชนิดและการแพร่กระจายของหอยโข่งทะเล (*Haliotis* spp.) ในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี,นครศรีธรรมราช และสงขลา. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 1/2529. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติจังหวัดสงขลา กรมประมง. 16 หน้า.

สุภัทรา อุไรวรรณ์, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ และ คงภพ อำพลศักดิ์. 2544. การปรับปรุงพันธุ์กุ้งก้ามกร้ามเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต 1.การประเมินอัตราพันธุกรรมและการคัดเลือกภายในครอบครัว. การประชุมวิชาการครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4-7 กุมภาพันธ์ 2544 หน้า 632-640.

สุภัทรา อุไรวรรณ์. 2533. พันธุศาสตร์ปริมาณกับการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ. วารสารการประมง. 43(4): 187-195.

สุภัทรา อุไรวรรณ์. 2543. แนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทย โดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณ. 111 หน้า.

อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และ ยอห์น ฮิลลิแบร์ก. 2529. การสำรวจชนิดหอยโข่งทะเลบริเวณเกาะภูเก็ตและความเป็นไปได้ของการเพาะเลี้ยงหอยโข่งทะเลในประเทศไทย.วารสารการประมง. 39: 187-190.

อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และสมชัย บุศราวิช. 2531. ความชุกชุมและการแพร่กระจายของหอยโข่งทะเลทางฝั่งอันดามันของประเทศไทย. วารสารเกษตรศาสตร์. 22: 8-15.

อรวรรณ แซ่โง้ว. 2535. การศึกษาการกระจายและการเลือกที่อยู่อาศัยของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. ovina* (Gmelin,1791) บริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศไทย. รายงานวิชาปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาจินต์ ชำนาญคุรุเวท. 2539. ผลตอบสนองการคัดพันธุ์แบบสองทิศทางในอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกอุย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 284 หน้า.

แหล่งที่มา: http//www.abalone California.com

แหล่งที่มา: http/fishtech.com

แหล่งที่มา: http//www.oceanlink.island.net/abaloneproject.html

แหล่งที่มา: http//www.phuketabalone.com

แหล่งที่มา: http//www.sbnature.org/geiger/worldmap.html

แหล่งที่มา: http//www.wa.gov.au

ภาษาอังกฤษ

Bautista-Teruel, M.N., and Millamena, O.M. 1999. Diet development and evalution for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: protein energy levels. Aquaculture.178: (1-2)117-126.

Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W.S., Randall, D. J. and Brett, J. R. (eds.) Fish physiology.Academic Press. New York. Vol.8: 599-667.

Bussarawit, S., Kawinlertwathana, P., Nateewathana, A. 1990. Preliminary study on reproduction biology of the abalone *Haliotis varia* at Phuket, Andaman Sea Coast of Thailand Kasetsart J.Nat.Sci. 24:529-539.

Capinpin, C.E. Jr., Hosoya, M. 1995. Spawning and larvae development of a tropical abalone *Haliotis asinina* Linnaeus. Phillipp.J.Sci. 124. 215-232.

Capinpin, C.E. Jr., Encena II, C.V. and Bayona, C.N. 1998. Studies on the reproductive biology of the donkey's ear abalone, *Haliotis asinina* Linn'e. Aquaculture. 166: 141-150.

Chen, H.C. 1989. Farming the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta,* in Taiwan. In Hahn.K.O. Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. Florida CRC Press. 265-283 pp.

Cox, K.W. 1962. California abalones: Family Haliotidae. California division of fish and game. Fish Bulletin.118: 1-131.

Crenshaw, J. W., Jr., Heffernan, P.B. and Walker, R. L. 1991. Heritability of growth rate in the bay scallop,*Argopecten Irradians concentricus* (SAY,1822) Journal of Shellfish Res. 10(1):55-63.

Falconer, D.S. and Mackay,T.F.C. 1996. Introduction to Quantitative genetics. 4th ed. London: longman Inc. 340 pp.

Fallu, R. 1991. Abalone farming. Fishing news books. 115.

Fermin, C.A., Gapasin, S.J.R., Teruel, B.M. 2000. Spontaneous spawning, Fecundity and spawning periodicity in the donkey's ear abalone *Haliotis asinina* Linnaeus 1758. PMBC special publication. 21(1): 195-201.

Geiger, D.L. 2000. Distribution and biogeography of the *Haliotidae* (Gastropoda: Vetigastropoda) world-wild. Bollettino Malacologico 35: 57-120.

Gordon, H.R. and Cook, P.A. 2001. World abalone supply, markets and pricing: historical, current and future. J Shellfish Res.1(2): 567-570.

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

Hadley, N. H., Dillon, R. T., Jr. and Manzi,J. J. 1991. Realized heritability of growth rate in the hard clam *Mercenaria mercenaria*. Aquaculture. 93:109-119.

Hahn, K.O. 1989. Handbook of culture of abalone and other marine Gastropods. CRC Press. Boca Raton Florida USA. 321 pp.

Ibarra, A. M., Ramirez, J, L., Ruiz, C. A., Cruz, P. and Avila, S. 1999. Realized herlitabilities and genetic correlation after dual selection for total weight and shell width in catarina scallop (*Argopecten ventricosus)*. Aquaculture.175:227-241.

Ino, T.1980. Abalones and their industry in Japan: In Fisheries in Japan: Abalone and oyster. Japan marine products photo materials association. 165-200.

Jackson, D., Williams, K.C. and Degnan, B.M. 2001. Suitability of Australian formulated diets for aquaculture of the tropical abalone *Haliotis asinina* Linnaeus. J. shellfish Res. 20(2) 627-636.

Janena, N. and Jarayabhand, P. 2000. Growth and survival of tropical abalone, *Haliotis asinina* Linnaeus 1758, fed with different artlficial diets. Mollusk research in Asia. Proceedings of the special session on mollusk research in Asia held at the 5th Asian fisheries forum, on November 12, 1998.

Jarayabhand, P, choonhabandit, S., and Rungsupa, S. 1991. Research and development on some aspects of abalone culture, *Haliotis ovina* Gmelin,1791. A final report submitted to the Toray Science International Research Grant 1990. 52 pp.

Jarayabhand, P. 1991. The role of genetics in the future of oyster culture in Thailand. Presented at The seminar on the development of oyster aquaculture in Malasia 26-28 february. 12 pp.

Jarayabhand,P., Jew,N., Menasveta,P., and Choonhabhandit,S. 1994. Gametogeniccycle of abalone *H. ovina* Gmelin,1791 at Khangkao Island, Chonburi province. Thai J. Aqua. Sci. 1:34-42.

Jarayabhand, P. and Thavornyutikarn, M. 1995. Realized heritability estimation on growth rate of oyster,*Saccostrea cucullata* Born,1778. Aquaculture 138:111-118.

Jarayabhand,P., Kojima,H., and Menasveta,P. 1995. Embryonic and larval developments,and Early growth of hatchery-produced abalone (*Haliotis ovina* Gmelin,1971) seed. Thai J. Aqua. Sci. 1 (2): 194-202.

Jarayabhand, P. and Paphavasit, N. 1996. A review of the culture of tropical abalone with special reference to Thailand. Aquaculture : 159-168.

Jónasson, J., Stefansson, S. E., Gudnason, A., and Steinarson, A. 1999. Genitic variation for survival and shell length of cultured red abalone (*Haliotis rufescens)* in Iceland. Journal of Shellfish Res..18 (2): 621-625.

Landau, M. 1992. Introduction to aquaculture . John Wiley and son, Inc. Singapore. 180-186 pp.

Marsden, I.S. and Williams, P.M.J. 1996. Factors affecting the grazing rate of the New Zealand abalone *Haliotis iris* Martyn. J. shellfish Res. 15: (2) 401-406.

Mgaya,Y.D. 1995. Synopsis of biological data on the European abalone (ormer) , *Haliosis tuberculata* Linnaeus,1758 (Gastropoda: Haliotidae). FAO Fisheries Synopsis. No. 156. 28 pp.

Minh, L.D. 1998. Reproductive cycle of *Haliotis ovina* Gmelin, 1791 in Nha Trang bay South Central Veitnam. PMBC special publication 18(1): 99-102.

Minh, L.D. 1999. Reproduction of *Haliotis asinina* Linnaeus in Nhatrang bay,south center Vietnam. PMBC: 19(1) 51-53.

Minh,L.D. 2000. Reproductive biology of the abalone *Haliotis varia* Linnaeus,1758 in Cam Ranh bay, South Central Vietnam. PMBC special publication. 21(1): 57-61.

Morse,D.E., Duncan,H. and Morse, A. 1977. Hydrogen peroxide induces spawning in mollusks, with activition of prostaglandin endoperoxide synthetase. Science. 196. 298-300.

Noda, U. 1980. Fisheries in Japan: Abalone and oyster. Japan marine products photo materials association. 165-200.

Pattipeiluhu, S.M. and Melatunan, S. 2000. Induced spawning of abalone *Haliotis asinina*. PMBC special publication. 248-252.

Pillay,T.V.R. 1990. Aquaculture: Principles and practices. Fishing new books. 506-511 pp.

Poomthong, T., Nugranad, J. and Sahavacharin, S. 2000. Optimal sperm density for fertilization in the abalone *Haliotis asinina* Linne. PMBC special publication. 249-252.

Roberts, R.D., Kawamura,T. and Nicholson,C.M. 1999. Growth and survival of postlarval abalone (*Haliotis iris*) in relation to development and diatom diet. J. Shellfish.Res. 18:(1) 243-250.

Sakal, R.R. and Rohlf, F.J. 1981. Biometry 2nd ed. W.H. Freeman and Company. San Fransico. 589 pp.

Sawatpeera, S., et al. 2001. Larvae developmemt in *Halioits asinina* Linnaeus. *J shellfish Res*.2(2): 593-602.

Shane, P.E. Mc. 1992. Early life history of abalone: a review:In Abalone of the world; biology, fisheries and culture. Proceedings of the 1st. international symposium on abalone. Fishing News book.

Singhagraiwan, T., Doi, M. and Sasaki, M. 1992. Salinity tolerance of juvenile donkey's ear abalone, *Haliotis asinina* Linne'. Thai.Mar.Fish.Res.Bull. 3: 71-77.

Singhagraiwan, T. and Doi, M. 1992. Spawning pattern and fecundity of the donkey's ear abalone,*Haliotis asinina* Linn'e ,observed in captivity. Thai.Mar.Fish.Res.Bull. 3:61-69.

Singhagraiwan, T. and Doi, M. 1993. Seed production and culture of a tropical abalone, *Haliotis asinina* Linne'. The research Project of Fisheries Resource Development in the Kingdom of Thailand. 32 pp.

Sobhon, P., et al. 1999. Classification of germ cells, reproductive cycle and Maturation of gonads in *Haliotis asinina* Linnaeus. Science Asia. 25: 3-21.

Strömgren, T. and Nielsen, M.V. 1989. Heritability of growth in larvae and juveniles of *Mytilus edulis* Aquaculture. 80: 1-6

Tahil, A.S. and Juinio-Menez, M.A. 1999. Natural diet, feeding periodicity and functional response to food density of the abalone, *Haliotis asinina L.* (Gastropoda) . Aquaculture Research. 30: (2) 95-107.

Tave, D. 1993. Genetics for fish hatchery managers. 2nd ed. New York : AVI Publishing. 415 pp.

Toro, J. E., Sanhueza, M. A., Winter, J. E., Aguila, P. and Vergara, A. N. 1995. Selection response and heritability estimates for growth in the chilean oyster *Oytrea chilensis* (Philippi,1845). Journal of Shellfish Res. 14(1):87-92.

Uki, N. 1989. Abalone seedling production and its theory. *Int.J.Aq.Fish.Technol.* vol.1 3-15.

Upatham, E.S., et al. 1998. Food utilization by *Haliotis asinina* Linnaeus. J. Shellfish Res. 17 (3):771-776.

Uraiwan, S. 1988. Direct and indirect responses to selection for age at first maturation of *Oreochromis niloticus*, p. 295-300. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The second international symposium on Tilapia in aquaculture. ICLARM Conference proceedings 15, 623 p. department of fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Phillippines.

Uraiwan, S. 1990. Artificial selection on growth and age at maturation of Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) in Thailand. Doctor of Philosophy, Graduate studies, Dulhusie University.

Wilkinson,L.1987. SYSTAT. The system for statistics. Evan son,IL: stat,Inc.1986 and 1987.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีการติดเครื่องหมายหอยเป๋าฮื้อ

เตรียมถังกรวยขนาด 100 ลิตรซึ่งมีท่อตรงกลางและมีวาวล์เปิดทางด้านล่าง อุดรูกลางถังด้วยท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ที่เจาะรูขนาด 2 หุน ไว้รอบๆปลายท่อเป็นระยะทางประมาณ 10 ซม. เพื่อให้น้ำที่ไหลผ่านล้นออกทางรูแต่หอยไม่สามารถผ่านออกไปได้ วางวัสดุหลบแสงไว้เพื่อให้หอยเข้าไปหลบแสง ให้อากาศ และเปิดน้ำไหลผ่านตลอดวันโดยปรับระดับน้ำให้ไหลเข้า-ออกในอัตรา ½ ลิตรต่อนาที

ติดเครื่องหมายหอยเป๋าฮื้อรายตัว โดยแซะหอยที่จะติดเครื่องหมายประมาณครั้งละ 30-40 ตัวใส่ในถังขนาด 10 ลิตร ที่มีน้ำทะเลจากบ่อเลี้ยงเล็กน้อย ให้อากาศในถังตลอดการติดเครื่องหมาย เตรียมกาวที่จะใช้ติดเครื่องหมายโดยใช้กาวอีป๊อกซี่ ซึ่งมีเนื้อกาวต่างกัน 2 แบบ ตักผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ลงบนภาชนะ คนให้กาวผสมเข้ากันดี (ไม่ควรผสมกาวมากจนเกินไปเพราะเนื้อกาวที่สัมผัสอากาศนานจะทำให้กาวแห้งแข็งไม่สามารถติดเครื่องหมายได้) ใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำทะเลหมาดๆ วางลงบนโต๊ะเพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่หอยเป๋าฮื้อ นำหอยมาวางไว้บนผ้าขนหนู ใช้กระดาษทิชชูซับเปลือกหอยบริเวณที่ต้องการติดเครื่องหมายให้แห้ง ใช้ไม้ปลายแหลมแตะกาวพอประมาณ ป้ายลงบนเปลือกหอย นำเครื่องหมายที่เตรียมไว้มาวางลงบนกาวที่ป้ายไว้แล้ว ตกแต่งให้สวยงาม อ่านง่ายและกาวไม่หนามากเกินไป หรือไม่ปิดทับตัวอักษร และระวังอย่าให้เครื่องหมายหรือกาวปิดทับรูหายใจของหอยเป๋าฮื้อ จากนั้นนำหอยที่ติดเครื่องหมายเสร็จแล้วไปใส่ในถังพักที่มีอากาศและเปิดน้ำไหลตลอด พักหอยไว้ในถังพักเป็นเวลา 1 คืน เนื่องจากกาวที่ใช้ติดเครื่องหมายอาจมีการละลายออกมา อาจมีพิษซึ่งจะมีผลต่อหอยอื่นๆ ในระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมอาหารบนแผ่นพลาสติกสำหรับอนุบาลลูกหอยวัยอ่อน

นำหัวเชื้อ *Navicula* sp. และ *Nitzschia* sp. มาเลี้ยงแบบมหมวล (mass culture) ในถังพลาสติกขนาดปริมาตร 50 ลิตร โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นอัตราส่วน 15-20% ของปริมาณน้ำที่เติมลงในถัง ซึ่งจะต้องใช้น้ำทะเลสะอาดผ่านการกรองด้วยไส้กรอง 1 ไมครอน ที่ความเค็ม 26-32 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิน้ำในถังเลี้ยง 28-33 องศาเซลเซียส เติมปุ๋ยหรือสารอาหารในอัตราส่วน ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ปริมาณ 20 กรัม: ปุ๋ยฟอสเฟตสูตร 20-20-0 ปริมาณ 5 กรัม: Na_2SiO_3 ปริมาณ 25 กรัม: $FeCl_3$ 5 มิลลิลิตร (จากสารละลายอิ่มตัว) ต่อน้ำทะเล 1 ตัน ให้อากาศและตั้งทิ้งไว้ในที่มีแสงสว่าง: มืด เป็น 12:12 ชั่วโมง เมื่อน้ำในถังมีสีน้ำตาลเข้ม ขยายลงในถังพลาสติกขนาด 100 200 และ 500 ลิตร ต่อไป

นำแผ่นพลาสติกสำหรับให้ลูกหอยลงเกาะมาแขวนไว้ในบ่อสำหรับอนุบาลหอยเป๋าฮื้อวัยอ่อนที่มีน้ำทะเลซึ่งผ่านการกรองด้วยไส้กรอง 1 ไมครอน เติมไว้อยู่ในระดับที่น้ำท่วมแผ่นพลาสติกประมาณ 2 ใน 3 ส่วน จากนั้นแช่แผ่นพลาสติกไว้ในน้ำทะเลกรองเป็นเวลา 1 วัน แล้วจึงนำ *Navicula* sp. และ *Nitzschia* sp. ที่เพาะเลี้ยงไว้ในถังพลาสติกขนาด 100, 200 และ 500 ลิตร ใส่เป็นหัวเชื้อลงในบ่ออนุบาลให้ทั่วทั้งบ่อ พร้อมกับหยุดการให้อากาศเป็นเวลาครึ่งวัน หลังจากนั้น 7-10 วัน ไดอะตอมดังกล่าวจะขึ้นเป็นฟิล์มสีน้ำตาล ซึ่งจะสามารถนำมาเป็นอาหารลูกหอยวัยอ่อนได้

ที่มา: ชลธยา ทรงรูป. 2544. การเพาะเลี้ยงไดอะตอมบนพื้นผิว (Benthic diatom) เพื่อการอนุบาลหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) วัยอ่อน. ประมวลผลงานวิจัยการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ณ โรงแรมปางสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 6-8 ธันวาคม 2544.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ความยาวเปลือก (SL) น้ำหนักตัว(TW) และคะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่ถูกคัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์รุ่นP0 ในการสภาพการเลี้ยงแบบระบบทดลอง

กลุ่มเพิ่มการเติบโต					กลุ่มควบคุม					กลุ่มลดการเติบโต				
เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ
A009	4.05	17.0	1.418	เมีย	A033	3.45	12.7	0.101	เมีย	A005	2.66	4.4	-1.419	เมีย
A014	4.43	20.0	2.106	เมีย	A037	3.34	8.7	-0.031	เมีย	A083	2.33	4.1	-2.097	เมีย
A031	4.38	23.5	2.096	เมีย	A043	3.30	10.8	-0.048	เมีย	A124	2.37	3.0	-2.015	เมีย
A080	4.17	18.5	1.664	เมีย	A063	3.35	11.6	-0.011	เมีย	A137	2.50	4.6	-1.840	เมีย
A086	4.11	18.4	1.541	เมีย	A071	3.30	8.3	-0.048	เมีย	A173	2.50	3.9	-1.747	เมีย
A099	4.20	20.5	1.725	เมีย	A075	3.40	10.1	0.091	เมีย	A216	2.73	7.6	-1.276	เมีย
A121	4.15	20.2	1.623	เมีย	A101	3.35	10.5	0.054	เมีย	A233	2.10	3.1	-2.507	เมีย
A125	4.24	20.8	1.808	เมีย	A106	3.35	10.6	-0.011	เมีย	A247	2.74	5.2	-1.255	เมีย
A127	4.20	20.2	1.725	เมีย	A142	3.38	8.6	-0.041	เมีย	A265	2.74	5.4	-1.255	เมีย
A133	4.31	22.3	1.859	เมีย	A148	3.30	9.6	-0.113	เมีย	A284	2.78	6.1	-1.109	เมีย
A169	4.22	19.8	1.767	เมีย	A175	3.43	14.5	0.152	เมีย	A311	2.51	3.8	-1.662	เมีย
A203	4.12	18.1	1.561	เมีย	A215	3.33	10.2	-0.052	เมีย	A340	2.60	4.9	-1.634	เมีย
A214	4.08	16.8	1.479	เมีย	A240	3.46	12.2	0.122	เมีย	A412	2.80	7.0	-1.068	เมีย
A229	4.33	20.6	2.059	เมีย	A245	3.30	10.0	-0.113	เมีย	A480	2.75	6.6	-1.170	เมีย
A231	4.35	22.1	1.941	เมีย	A253	3.26	11.1	-0.129	เมีย	A036	2.74	6.5	-1.255	ผู้
A249	4.13	18.5	1.582	เมีย	A481	3.32	10.9	-0.007	เมีย	A038	2.64	4.7	-1.395	ผู้

กลุ่มเพิ่มการเติบโต					กลุ่มควบคุม					กลุ่มลดการเติบโต				
เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ
A318	4.44	21.0	2.220	เมีย	A351	3.35	9.7	-0.011	เมีย	A044	2.84	7.3	-1.051	ผู้
A353	4.33	22.2	1.900	เมีย	A390	3.33	11.2	0.013	เมีย	A053	2.80	6.1	-1.133	ผู้
A379	4.12	16.3	1.627	เมีย	A007	3.30	9.7	-0.113	ผู้	A054	2.80	5.9	-1.133	ผู้
A401	4.24	22.2	1.808	เมีย	A011	3.34	11.9	-0.123	ผู้	A060	2.12	2.4	-2.531	ผู้
A443	4.23	17.7	1.853	เมีย	A022	3.34	9.1	-0.031	ผู้	A064	2.74	6.1	-1.255	ผู้
A444	4.04	17.4	1.463	เมีย	A077	3.36	12.6	-0.082	ผู้	A102	2.54	4.3	-1.600	ผู้
A472	4.10	19.6	1.428	เมีย	A082	3.40	12.8	0.091	ผู้	A109	2.80	6.2	-1.244	ผู้
A487	4.12	18.2	1.627	เมีย	A103	3.30	8.6	-0.113	ผู้	A132	2.60	5.3	-1.634	ผู้
A497	4.00	16.5	1.381	เมีย	A162	3.34	8.8	-0.031	ผู้	A135	2.45	3.8	-1.850	ผู้
A511	4.23	19.4	1.695	เมีย	A192	3.34	10.8	-0.031	ผู้	A139	2.80	5.5	-1.133	ผู้
A529	4.50	24.8	2.410	เมีย	A193	3.43	10.0	0.061	ผู้	A176	2.53	4.1	-1.778	ผู้
A532	4.48	23.0	2.369	เมีย	A204	3.42	10.1	0.040	ผู้	A182	2.64	4.5	-1.552	ผู้
A540	4.36	18.9	1.962	เมีย	A218	3.30	10.0	-0.048	ผู้	A228	2.80	6.0	-1.244	ผู้
A555	4.14	17.1	1.668	เมีย	A221	3.30	11.6	-0.048	ผู้	A266	2.34	4.3	-2.077	ผู้
A588	4.13	15.9	1.490	เมีย	A226	3.35	9.4	-0.102	ผู้	A268	2.72	5.1	-1.231	ผู้
A594	4.13	19.2	1.490	เมีย	A254	3.34	13.2	-0.123	ผู้	A290	2.63	5.3	-1.481	ผู้
A600	4.23	23.7	1.853	เมีย	A279	3.34	10.7	-0.031	ผู้	A291	2.30	2.6	-2.094	ผู้
A016	4.23	19.8	1.787	ผู้	A308	3.44	10.4	0.081	ผู้	A300	2.32	4.4	-2.118	ผู้

กลุ่มเพิ่มการเติบโต					กลุ่มควบคุม					กลุ่มลดการเติบโต				
เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก (SL) (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (TW) (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ
A128	4.05	15.6	1.326	ผู้	A312	3.32	12.3	-0.072	ผู้	A301	2.55	5.0	-1.645	ผู้
A129	4.13	19.6	1.582	ผู้	A321	3.35	11.9	-0.011	ผู้	A305	2.14	3.8	-2.490	ผู้
A150	4.00	17.9	1.315	ผู้	A337	3.40	11.7	0.156	ผู้	A323	2.54	3.4	-1.600	ผู้
A183	4.30	20.0	1.931	ผู้	A348	3.28	10.0	-0.088	ผู้	A331	2.34	3.9	-2.077	ผู้
A235	4.10	16.6	1.428	ผู้	A363	3.40	10.3	0.156	ผู้	A333	2.73	4.4	-1.211	ผู้
A238	4.33	21.8	1.933	ผู้	A370	3.44	10.1	0.081	ผู้	A345	2.74	4.6	-1.347	ผู้
A248	4.24	21.1	1.808	ผู้						A360	2.50	3.8	-1.682	ผู้
A264	4.13	17.4	1.490	ผู้						A391	2.65	7.2	-1.375	ผู้
A276	4.04	18.1	1.397	ผู้						A397	2.35	4.6	-2.148	ผู้
A414	4.23	21.9	1.695	ผู้						A416	2.70	6.6	-1.272	ผู้
A428	4.25	19.5	1.894	ผู้						A469	2.80	5.8	-1.224	ผู้
A442	4.00	16.3	1.381	ผู้						A473	2.63	4.2	-1.415	ผู้
A453	4.04	18.2	1.463	ผู้						A514	2.51	4.9	-1.662	ผู้
A478	4.14	20.3	1.668	ผู้										
A502	4.14	19.3	1.510	ผู้										
A506	4.14	17.1	1.510	ผู้										
A509	4.04	16.8	1.463	ผู้										
ค่าเฉลี่ย	4.20±0.127	1.90 ±2.20	1.703± 0.263		ค่าเฉลี่ย	3.35±0.051	9.6± 1.20	-0.012±0.084		ค่าเฉลี่ย	2.58±0.198	5.1± 1.21	-1.573+ 0.407	

ตารางที่ 2 ความยาวเปลือก(SL) น้ำหนักตัว(TW) และคะแนนมาตรฐานของความยาวเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่ถูกคัดเลือก
เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการเพาะเลี้ยงแบบระบบพาณิชย์

กลุ่มเพิ่มการเติบโต					กลุ่มควบคุม				
เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก(มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก(มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ
A015	4.80	26.0	1.720	เมีย	A034	3.90	13.1	-0.092	เมีย
A017	4.70	28.7	1.539	เมีย	A092	3.90	10.5	-0.092	เมีย
A028	5.04	39.2	2.155	เมีย	A123	3.90	14.7	0.104	เมีย
A051	4.88	26.5	1.865	เมีย	A140	3.93	16.1	-0.038	เมีย
A069	4.94	30.4	1.775	เมีย	A256	3.83	10.5	-0.021	เมีย
A080	4.81	25.6	1.540	เมีย	A261	3.93	13.9	0.158	เมีย
A085	4.70	24.0	1.342	เมีย	A263	3.90	10.3	-0.092	เมีย
A086	4.78	25.3	1.684	เมีย	A325	3.88	16.7	-0.128	เมีย
A125	4.55	25.7	1.072	เมีย	A367	3.85	15.0	-0.182	เมีย
A155	4.60	24.2	1.359	เมีย	A388	3.93	14.6	-0.038	เมีย
A158	5.50	49.0	2.798	เมีย	A449	3.75	11.6	-0.164	เมีย
A169	5.20	42.8	2.447	เมีย	A454	3.90	17.5	0.104	เมีย
A170	4.95	33.8	1.992	เมีย	A481	3.92	13.2	-0.056	เมีย
A174	4.91	32.4	1.721	เมีย	A571	3.80	19.1	-0.075	เมีย
A214	4.64	24.5	1.234	เมีย	A042	3.90	12.3	-0.092	ผู้
A229	5.20	42.0	2.248	เมีย	A072	3.95	15.1	-0.003	ผู้
A231	4.75	23.3	1.432	เมีย	A073	3.90	15.6	-0.092	ผู้
A237	4.64	28.0	1.234	เมีย	A077	3.93	14.7	0.158	ผู้
A248	4.66	22.1	1.270	เมีย	A082	3.90	15.2	0.104	ผู้
A249	4.96	30.1	1.812	เมีย	A100	3.80	10.9	-0.075	ผู้
A318	5.28	42.8	2.394	เมีย	A131	3.98	17.9	0.051	ผู้
A353	4.90	24.2	1.901	เมีย	A154	3.86	13.6	0.033	ผู้
A358	4.82	27.9	1.558	เมีย	A162	3.86	11.0	-0.164	ผู้
A381	4.42	18.9	1.035	เมีย	A219	3.99	15.5	0.069	ผู้
A389	4.69	24.5	1.521	เมีย	A221	3.85	16.9	0.015	ผู้
A472	4.61	23.1	1.180	เมีย	A244	3.90	14.5	-0.092	ผู้
A497	4.65	25.6	1.449	เมีย	A252	3.80	12.8	-0.075	ผู้
A511	4.64	28.3	1.234	เมีย	A313	3.80	12.2	-0.075	ผู้

กลุ่มเพิ่มการเติบโต					กลุ่มควบคุม				
เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก(มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ	เบอร์ที่ติด	ความยาวเปลือก(มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	คะแนนมาตรฐาน	เพศ
A529	5.20	45.2	2.447	เมีย	A317	3.9	15.9	0.104	ผู้
A532	4.90	35.6	1.703	เมีย	A324	3.9	13.4	-0.128	ผู้
A555	4.74	26.8	1.611	เมีย	A349	3.9	16.8	0.140	ผู้
A600	4.85	32.7	1.613	เมีย	A363	3.9	12.0	0.050	ผู้
A016	4.88	29.0	1.667	ผู้	A372	3.8	13.4	-0.075	ผู้
A117	4.59	21.9	1.144	ผู้	A378	3.9	14.2	0.104	ผู้
A128	4.50	18.0	1.179	ผู้	A393	3.9	14.4	0.050	ผู้
A183	5.03	42.1	2.137	ผู้	A466	3.9	14.4	-0.092	ผู้
A222	4.53	22.5	1.036	ผู้	A492	4.0	12.2	0.033	ผู้
A264	4.70	23.9	1.539	ผู้	A496	3.9	14.4	-0.092	ผู้
A276	4.54	23.1	1.251	ผู้	A504	4.0	17.3	0.087	ผู้
A289	4.58	28.1	1.126	ผู้	A513	4.0	13.4	-0.003	ผู้
A308	4.44	20.0	1.071	ผู้	A538	3.8	13.2	-0.057	ผู้
A328	4.63	21.4	1.413	ผู้	A543	3.9	16.0	0.015	ผู้
A414	5.19	37.2	2.429	ผู้	A670	3.9	15.3	-0.056	ผู้
A428	4.70	24.3	1.539	ผู้					
A442	4.50	20.5	1.179	ผู้					
A463	4.56	26.3	1.090	ผู้					
A478	4.53	25.2	1.036	ผู้					
A502	4.50	25.2	1.179	ผู้					
ค่าเฉลี่ย	4.77± 0.244	2.85±7.412	1.581±0.447		ค่าเฉลี่ย	3.89±0.056	14.2±2.132	-0.018±0.093	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุภลัคน์ ถิรวณิชย์ เกิดเมื่อวันที่ 29 เมษายน 2516 ที่จังหวัดกระบี่ ได้รับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีววิทยา (ชีววิทยาทางน้ำ) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2539 ทำงานที่ศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดกระบี่เมื่อปี 2540 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย