ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันต่อการพัฒนาและการอยู่รอดของลูกหอยลาย *Paphia undulata*, Born, 1778

นางสาวรุ่งทิวา ตะติชรา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ABRUPT SALINITY CHANGE ON DEVELOPMENT AND SURVIVAL OF BABY SHORT NECKED CLAM *Paphia undulata*, Born, 1778.

Miss Rungthiwa Tatichara

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science
Department of Marine Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันต่อการพัฒนาและการอยู่รอดของลูกหอยลาย *Paphia undulata* , Born, 1778
โดย	นางสาวรุ่งทิวา ตะติชรา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางสาวจินตนา นักระนาด

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรณพ วิยกาญจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(นางสาวจินตนา นักระนาด)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รุ่งทิวา ตะติชรา : **ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันต่อการพัฒนาและการอยู่รอดของลูกหอยลาย *Paphia undulata*, Born, 1778 (EFFECTS OF ABRUPT SALINITY CHANGE ON DEVELOPMENT AND SURVIVAL OF BABY SHORT NECKED CLAM *Paphia undulata*, Born, 1778)** อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.เจริญ นิติธรรมยง, อ. ที่ปรึกษาร่วม: นางสาวจินตนา นักระนาด , 95 หน้า.

ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันในหอยลายแต่ละระยะของพัฒนาการตั้งแต่ระยะ trochophore จนถึงหอยลายโตเต็มวัย ในแต่ละระยะทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยใช้ตัวอ่อนหอยลายระยะ trochophore ที่ความหนาแน่น 0.487 ตัว/มล., ระยะ D-shape ที่ความหนาแน่น 0.834 ตัว/มล., ระยะ pediveliger ที่ความหนาแน่น 1.020 ตัว/มล., ระยะ seed ที่ความหนาแน่น 13.255 ตัว/ตร.ซม., หอยลายวัยรุ่นที่อายุ 120 วัน ที่ความหนาแน่น 1.300 ตัว/ตร.ซม. และหอยลายโตเต็มวัยที่ความหนาแน่น 0.042 ตัว/ตร.ซม. ทุกการทดลองเลี้ยงหอยลายในถังขนาด 20 ลิตร และเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำโดยฉับพลันไปที่ 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, 30 ppt, 35 ppt และความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (31-35 ppt) เพื่อติดตามพัฒนาการ การเติบโต และอัตรารอดของหอยลาย พบว่าหอยลายที่เลี้ยงทุกความเค็มในทุกชุดการทดลองมีอัตรารอดโดยรวมสูง (>90 %) ยกเว้นหอยลายในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed ที่เลี้ยงในความเค็มสูง (35 ppt และความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt)) และหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น จนถึงโตเต็มวัย ที่เลี้ยงในความเค็มต่ำ (15 ppt) ที่มีอัตรารอดโดยรวมต่ำ ซึ่งการที่หอยลายเติบโตได้ดีและมีอัตรารอดสูง ขึ้นอยู่กับการจัดสรรพลังงาน ช่วงอายุ ขนาดลำตัว และความสามารถในการปรับสมดุลร่างกาย ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยลายในทุกระยะให้มีอัตรารอดและการเติบโตสูง ตลอดจนมีความสมบูรณ์และแข็งแรง คือ ความเค็ม 30 ppt โดยช่วงความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยลายในระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape ให้มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) คือ 25-35 ppt ส่วนหอยลายในระยะอื่นๆ ที่สูงขึ้นไป มีช่วงความเค็มที่เหมาะสม คือ 20-35 ppt ยกเว้นในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed พบว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติที่มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ต่ำที่สุดเช่นเดียวกับอัตรารอดโดยรวม ซึ่งหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่ำหรือสูงกว่าช่วงความเค็มที่เหมาะสม จะมีอัตราการเติบโตต่ำ มีพัฒนาการช้า พิการสูงหรือทำให้หอยลายตาย และส่งผลให้อัตรารอดต่ำ ซึ่งพบลักษณะดังกล่าวในหอยลายที่เปลี่ยนไปเลี้ยงในความเค็ม 15 ppt อย่างฉับพลันในทุกระยะของพัฒนาการ โดยมีปัจจัยที่เพิ่มความรุนแรงของความเค็ม คือ ความต้องการพลังงานที่สูงในหอยลายแต่ละระยะในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มขึ้นอย่างฉับพลัน

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อนิสิต.....รุ่งทิวา ตะติชรา.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2550	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4872441823 : MARINE SCIENCE

KEY WORD: ABRUPT SALINITY / *Paphia undulata* / SHORT NECK CLAM / SURVIVAL / DEVELOPMENT

RUNGTHIWA TATICHARA : **EFFECTS OF ABRUPT SALINITY CHANGE ON DEVELOPMENT AND SURVIVAL OF BABY SHORT NECKED CLAM *Paphia undulata*, Born, 1778.** THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAROEN NITITHAMYONG, PhD., THESIS COADVISOR : MISS JINTANA NAGRANAD, 95 pp.

Effects of abrupt salinity change on development and survival of baby short necked clam from trochophore stage to adult stage were studied. The design of the experiment was completely randomized design (CRD) where the treatments were abrupt changes from natural seawater to saline water at 15, 20, 25, 30, and 35 ppt. The density in each experimental unit (a 20-litre tank) during trochophore, D-shape, and pediviliger stage was 0.487, 0.834, and 1.020 baby clams/ml while the density during seed, 120-day juvenile, and adult was 13.255, 1.300, and 0.042 clams/cm^2, respectively. At all stages, clams in all studied salinity yielded high survival rate (> 90 %) except during pediveliger to seed stage when significantly lower survival was found at 35 ppt and natural seawater. Lower survival rate was also found during seed to juvenile and to adult when they were subjected to low salinity (15 ppt). High growth and survival rate of short necked clam depends upon energy allocation, age, size, and its ability to osmoregulate. In the current study the optimal salinity for rearing short necked clam at all stages was 30 ppt based on high growth and survival rates as well as normal development as criteria. The optimum salinity range for rearing the clam from trochophore to D-shape stage was 25-35 ppt as it yielded higher growth rate and higher normal development ($p<0.05$). The optimum salinity range for rearing baby short necked clam in all other stages was 20-35 ppt except from pediveliger to seed stage when lower survival and higher abnormal development were found when they were reared at 35 ppt and natural seawater. Baby clam raised outside the optimum salinity range had low growth rate, slow or halted development, high abnormality and consequently low survival rate which were found in baby short necked clam that was abruptly transferred to 15 ppt in any stages. A factor that synergizes the salinity effect is the high energy demand when baby clam was faced with large salinity difference.

Department Marine science — Student's signature Rungthiwa Taticharа

Field of study Marine Science — Advisor's signature

Academic year 2550 — Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะเสร็จสมบูรณ์ไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจาก รศ. ดร. เจริญ นิติธรรมยง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์จินตนา นักระนาด อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาด้านวิชาการ และประสบการณ์การทำงาน รวมถึงความสมบูรณ์เรียบร้อยของวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. วรณพ วิยกาญจน์ รศ. ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล และ รศ. ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ ที่สละเวลามาเป็นประธานกรรมการและกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งกรุณาให้ข้อแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดีขึ้น

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ กรมประมง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฝึกงานและใช้สถานที่ในการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิชาการและทีมงานทุกคนในแผนกหอยทะเล และนักศึกษาฝึกงานที่ฝึกงานในช่วงตุลาคม 2549 ถึง กรกฎาคม 2550 ที่ให้ประสบการณ์ ความรู้ ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกทั้งด้านการทำงานและการใช้ชีวิต

ขอขอบพระคุณ รศ. ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ รศ. ดร. อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และ ผศ. ดร. ศิริชัย ธรรมวานิช ที่ให้เอกสาร ความรู้ และคำแนะนำที่จำเป็นสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอน ให้ความรู้และให้กำลังใจตลอดเวลาที่ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียนที่นี่ ขอขอบพระคุณ คุณสุภาวดี จันทร์จุงจิตต์ คุณชลธยา ทรงรูป คุณวิชญา กันบัว คุณเสรี ดอนเหนือ คุณนิรุชา มงคลแสงสุรีย์ เจ้าหน้าที่ธุรการและเจ้าหน้าที่พัสดุที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ รวมถึงกำลังใจ และ คำแนะนำจากพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

ขอขอบพระคุณ ดร. มาลา สุพงษ์พันธุ์ คุณจินตนา จินดาลิขิต คุณจักรพัฒน์ ปิ่นพุทธศิลป์ และทีมงานจากศูนย์ประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน รวมถึงคุณสายันต์ เอี่ยมรอด ประมงจังหวัดสุราษฎ์ธานี ที่ให้โอกาสในการออกปฏิบัติการภาคสนามในการคราดหอยลาย รวมถึงอนุเคราะห์ข้อมูลวิชาการและพ่อแม่พันธุ์ ตลอดจนองค์ความรู้ในเรื่องหอยลายเพิ่มขึ้นด้วย

ที่สำคัญที่สุด คือ ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ตลอดมา รวมถึงความช่วยเหลือจาก คุณอุมาภรณ์ มัจฉาเกื้อ คุณชวนพิศ เชาว์ชาญ คุณสุริยา หมัดหลี คุณกัลยา ตากูล คุณเทิดพงษ์ แสงสว่าง และคุณพรเทพ พรรณรักษ์ เพื่อนของข้าพเจ้า ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ญ

บทที่ 1 บทนำ.....1

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ชีววิทยาหอยลาย.....3

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของหอยลาย.....3

2.1.2 วงจรชีวิต.....3

2.1.3 ข้อมูลพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงหอยลาย *Paphia undulata*, Born, 1778……8

2.2 ผลของความเค็ม.....8

2.2.1 ผลกระทบโดยตรง.....8

2.2.2 ผลกระทบที่เกิดร่วมกับปัจจัยอื่น……11

2.3 การลดจำนวนของหอยลาย.....11

2.3.1 กิจกรรมของมนุษย์.....11

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ.....12

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย……13

3.1 การเตรียมตัวอย่างหอยลายที่ใช้ในการศึกษา……...13

3.1.1 การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์เพื่อเพาะพันธุ์หอยลาย……...…...13

3.1.2 การกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์……..…….…..…13

3.1.3 การเพาะพันธุ์หอยลาย.....15

3.1.4 การเตรียมสัตว์ทดลอง..... 17

3.2 การเตรียมน้ำทะเลที่ความเค็มระดับต่างๆ……...22

3.3 อุปกรณ์การเลี้ยง……..…25

3.3.1 ถังทดลอง.....25

3.3.2 ระบบน้ำ.....25

3.4 การศึกษาอัตรารอด การเติบโตและพัฒนาการของหอยลายในความเค็มที่แตกต่างกัน...28

หน้า

3.4.1 แผนการทดลอง…….....28
3.4.2 สถานที่ทดลอง…….....28
3.4.3 วิธีทดลอง…….……..29
3.5 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ……..……..…34
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 34
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....36
4.1 พัฒนาการ อัตรารอดและการเติบโตของหอยลายในความเค็มที่แตกต่างกัน.....36
4.1.1 การทดลองที่ 1 ตัวอ่อนหอยลายระยะ trochrophore จนถึงระยะ D-shape.....37
4.1.2 การทดลองที่ 2 ตัวอ่อนหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger…….40
4.1.3 การทดลองที่ 3 ตัวอ่อนหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed.. … 47
4.1.4 การทดลองที่ 4 ตัวอ่อนหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 90 วัน..... 51
4.1.5 การทดลองที่ 5 ความทนทานของหอยลายอายุ 120 วัน…… 63
4.1.6 การทดลองที่ 6 ความทนทานต่อหอยลายโตเต็มวัย.....63
4.1.7 การทดลองที่ 7 อัตรารอดของหอยลายที่เลี้ยงด้วยวิธีการปรับลดความเค็มลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป.....63
4.2 ปัจจัยแวดล้อมในการเลี้ยงหอยลาย……..……...63
บทที่ 5 วิจารย์และสรุป.....64
5.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันที่ส่งผลต่อพัฒนาการ อัตรารอด การเติบโต และพัฒนาการของหอยลายในแต่ละช่วงวัย…..……..…64
5.2 สรุปผลการทดลอง.....72
5.3 ข้อเสนอแนะ.....72
รายอ้างการอิง……..…74
ภาคผนวก ก…..……..…78
ภาคผนวก ข……..……..…90
ภาคผนวก ค……..…….....92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....95

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 พัฒนาการและการเติบโตของหอยลายในการศึกษาของนวลมณี พงษ์ธนา (2531).....6
ตารางที่ 2.2 ฤดูวางไข่และการเติบโตของหอยลายบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน..... 7
ตารางที่ 2.3 ความทนทานต่อความเค็มของสัตว์ทะเลเฉพาะในกลุ่มหอย (Mollusca).....10
ตารางที่ 3.1 การสุ่มตัวอย่างหอยลายเพื่อใช้ในการทดลอง.....18
ตารางที่ 3.2 ระบบการเลี้ยงหอยลายในแต่ละระยะ.....30
ตารางที่ 3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างหอยลายในแต่ละความเค็มในแต่ละการทดลอง.....31
ตารางที่ 4.1 พัฒนาการตัวอ่อนหอยลายในระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo……....41

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะภายนอกและอวัยวะภายในของหอยลาย……4
รูปที่ 3.1 การตรวจสอบพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการเพาะพันธุ์หอยลาย.....14
รูปที่ 3.2 การกระตุ้นและการเพาะพันธุ์หอยลาย 16
รูปที่ 3.3 หอยลายในแต่ละระยะที่นำมาทำการทดลอง.....19
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง.....20
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมน้ำสำหรับใช้ในการทดลอง.....23
รูปที่ 3.6 ระบบการกรองน้ำ.....24
รูปที่ 3.7 พื้นที่ในการปฏิบัติงาน.....24
รูปที่ 3.8 ระบบอนุบาลตัวอ่อนหอยลายในระบบน้ำนิ่ง.....26
รูปที่ 3.9 ระบบอนุบาลตัวอ่อนหอยลายในระบบไหลเวียนแบบ Air-lifted Down-flowed…....27
รูปที่ 3.10 วิธีการเก็บตัวอย่างหอยลาย…...……32
รูปที่ 4.1 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape.....37
รูปที่ 4.2 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape.....39
รูปที่ 4.3 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo …..……41
รูปที่ 4.4 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo……....43
รูปที่ 4.5 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo ……..…….....45
รูปที่ 4.6 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger….....….....46
รูปที่ 4.7 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed…….….....48
รูปที่ 4.8 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed.....49
รูปที่ 4.9 อัตรารอดของหอยลาย ระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน.....52-53
รูปที่ 4.10 การเติบโตของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 90 วัน.....54
รูปที่ 4.11 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน….....56
รูปที่ 4.12 อัตรารอดโดยรวมของหอยลายในแต่ละระยะที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน.....60
รูปที่ 4.13 อัตรารอดของหอยลายที่มีการพัฒนาอย่างปกติ ในแต่ละระยะที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน.....61
รูปที่ 4.14 การเติบโตของหอยลายในแต่ละระยะที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน.....62

บทที่ 1
บทนำ

หอยลาย *Paphia undulata,* Born, 1778 เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสำหรับการบริโภคในประเทศและเป็นสินค้าส่งออก ทำให้มีการทำประมงหอยลายเพิ่มขึ้นจนเกินกำลังการผลิตของธรรมชาติ จากข้อมูลผลผลิตหอยลายในปี พ.ศ. 2517 พบว่าหอยลายมีผลผลิต 131,230 ตัน และมีมูลค่า 711 ล้านบาท ก่อนที่ผลผลิตหอยลายลดลงตามลำดับ โดยในปี พ.ศ. 2545 มีผลผลิตหอยลายจากธรรมชาติเพียง 31,737 ตัน และมีมูลค่าลดลงเหลือ 150 ล้านบาท ขณะเดียวกันพื้นที่ทำการประมงหอยลายก็ลดลงเนื่องจากการคราดหอยลายมากเกินควร ทำให้หอยลายในแหล่งประมงต่างๆ รวมทั้งสัตว์น้ำอื่นๆ ไม่สามารถฟื้นตัวได้ทันต่อความต้องการของตลาด บางแหล่งอาจใช้เวลา 3-5 ปี หรือมากกว่า 7 ปี ในการฟื้นตัวให้มีปริมาณหอยมากเพียงพอที่จะจับได้อย่างคุ้มทุน นอกจากนี้พื้นที่ในการทำประมงคราดหอยลาย มักมีกรณีพิพาทเกี่ยวกับการแย่งชิงทรัพยากร เช่น ในเขตพื้นที่บริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ชาวประมงขอผ่อนปรนให้มีการคราดหอยลายในแหล่งอนุรักษ์ และลักลอบใช้ซี่คราดตาถี่ (0.7 ซม.) เพื่อคราดหอยลายขนาดเล็ก เพราะเชื่อว่าถ้าไม่รีบคราดหอยลายขนาดเล็กขึ้นมาใช้ประโยชน์ หอยลายก็จะตายในช่วงฤดูฝน ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ก็มีปัญหาการขัดแย้งระหว่างชาวประมงคราดหอยลายและชาวประมงพื้นบ้าน ที่ได้รับความเดือดร้อนจากการคราดหอยลายเพราะส่งผลให้ไม่มีสัตว์น้ำเข้ามาในบริเวณที่เคยทำการประมงพื้นบ้านจนไม่สามารถประกอบอาชีพได้โดยปกติ (มาลา สุพงษ์พันธุ์ และ จินตนา จินดาลิขิต, 2548) ปัจจุบันในเชิงวิชาการยังไม่สามารถยืนยันสาเหตุการตายของหอยลายและการเสื่อมโทรมของแหล่งประมงหอยลาย อย่างไรก็ตามรัฐก็มีมาตรการควบคุมการใช้พื้นที่เพื่อทำการประมง และเป็นแหล่งอนุรักษ์หอยลาย

ความเค็มเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำในด้านการเติบโตและการอยู่รอดของสัตว์ทะเล เพราะความเค็มมีผลต่อการปรับสมดุลย์อิออนในร่างกายของสัตว์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่เหมาะสมเท่านั้น โดยกระบวนการหลักในการปรับตัวของหอยลายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ คือ กระบวนการ Osmoregulation ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลาแต่จะสูญเสียพลังงานมากหากสัตว์ทะเลเผชิญช่วงความเค็มที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่ออัตรารอด การพัฒนาของสัตว์ตั้งแต่ระยะปฏิสนธิ จนถึงโตเต็มวัย และทำให้สัตว์เติบโตผิดปกติ ทั้งนี้หากเกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันเกิน 4 ppt อาจส่งผลให้สัตว์น้ำตาย (Davenport, 1972; Burton, 1983) หอยลายอาศัยอยู่ในบริเวณเอสทูรี่ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงอาจมีผลต่อการดำรงชีพของหอยลาย แต่ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาผลกระทบของความเค็มต่อการตายของหอยลายที่ชัดเจน การศึกษาครั้งนี้

จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันต่อการพัฒนาและการอยู่รอดของลูกหอยลาย *Paphia undulata,* Born, 1778 ที่อนุบาลในระบบน้ำนิ่ง ตั้งแต่ระยะ trochophore จนถึง pediveliger และอนุบาลในระบบน้ำไหลเวียนแบบ air-lifted down-flowed จนถึงระยะวัยรุ่น เป็นเวลา 3 เดือน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการทรัพยากรหอยลายในธรรมชาติในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาหอยลาย

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของหอยลาย

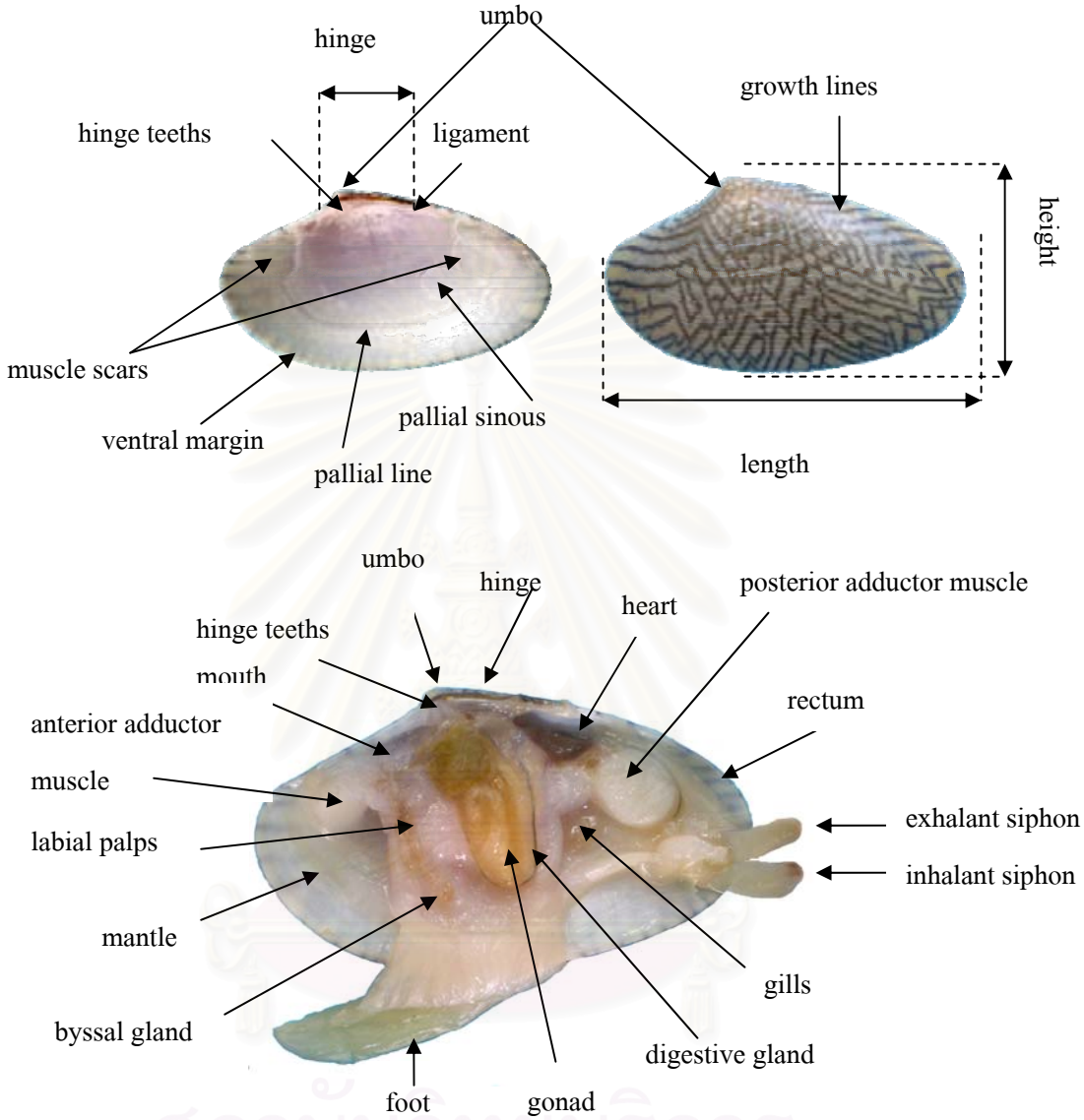
หอยลาย *Paphia undulata,* Born, 1778 มีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษว่า short necked clam, surf clam, carpet clam หรือ venus shell เป็นหอยสองฝาที่มีเปลือกค่อนข้างบาง แข็ง มีรูปร่างยาวรี ฝาทั้งสองข้างมีขนาดเท่ากัน ผิวด้านนอกของเปลือกหอยเรียบ มีสีน้ำตาลอ่อนและมีลวดลายหยักสีน้ำตาลเข้มเป็นเส้นคล้ายตาข่ายตลอดความยาวเปลือกของผิวเปลือกด้านนอก ส่วนผิวเปลือกด้านในเรียบมีสีขาว ส่วนของบานพับ (hinge) ซึ่งเป็นส่วนต่อของระหว่างฝาทั้งสอง มีลักษณะคล้ายฟันซี่เล็ก (hinge teeths) จำนวนฝาละ 3 ซี่ (กองประมงทะเล, 2535) รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภายนอกและอวัยวะภายในของหอยลาย

หอยลายดำรงชีพโดยฝังตัวลึกประมาณ 2.5-10.0 เซนติเมตร ในโคลนหรือโคลนปนทราย เพื่อป้องกันการถูกพัดพาของกระแสน้ำ กินอาหารโดยการยื่นไซฟ่อนมากรองกินอาหารซึ่งได้แก่ แพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก อาศัยในทะเลที่มีน้ำท่วมถึงตลอดเวลา ที่ความลึก 1-25 เมตร ระยะห่างจากฝั่งประมาณ 1-10 กิโลเมตร ซึ่งอยู่ในบริเวณเอสทูรี่ที่สัตว์ทะเลต้องปรับตัวอย่างมากในการอาศัยอยู่บริเวณนี้ เนื่องจากน้ำมีความขุ่นสูง ปริมาณแสงส่องผ่านน้ำน้อย มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและปริมาณอาหารตลอดเวลา อย่างไรก็ตามหอยลายสามารถปรับตัวทนความขุ่นของน้ำได้สูงถึง 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสูงกว่าสัตว์น้ำทั่วไปที่ปกติจะทนความขุ่นได้ในช่วง 80-400 มิลลิกรัม/ลิตร (กองประมงทะเล, 2535) ความเค็มที่เหมาะสมสำหรับหอยลายในธรรมชาติอยู่ในช่วง 25-33 ppt (นวลมณี พงศ์ธนา, 2531; กองประมงทะเล, 2535; ไพเราะ ศุทธากรณ์ และสุนันท์ ทวยเจริญ, 2536)

2.1.2 วงจรชีวิต

2.1.2.1 การสืบพันธุ์

หอยลายเริ่มสืบพันธุ์เมื่ออายุ 1 ปี วางไข่ตลอดปี และดำรงชีวิตอยู่ได้นาน 2-3 ปี จากการศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยลายโดยจินตนา จินดาลิขิต (2543) พบว่าหอยลายที่มีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 43 มิลลิเมตรขึ้นไป เป็นขนาดที่มีความสมบูรณ์เพศที่เหมาะสมในการใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับเพาะเลี้ยง อัตราส่วนระหว่างเพศผู้และเพศเมียเท่ากับ 1:1 (สุนันท์ ทวยเจริญ และประนอม เบ็ญจมาลย์, 2527; มาลา สุพงษ์พันธุ์ และ จินตนา จินดาลิขิต, 2548) การสืบพันธุ์สูงสุดในรอบปีโดยทั่วไปทั้งในฝั่งทะเลอันดามันและฝั่งอ่าวไทยมี 2 ช่วง



รูปที่ 2.1 ลักษณะภายนอกและอวัยวะภายในของหอยลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คือ เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม ในฝั่งทะเลอันดามันบริเวณเกาะบาตัง เกาะโบย ช่องหลาด จังหวัดพังงา (ไพเราะ ศุทธากรณ์ และสุนันท์ ทวยเจริญ, 2536) และช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมและกรกฎาคมถึงสิงหาคม ในอ่าวไทยบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดตราด (สุนันท์ ทวยเจริญ และประนอม เบ็ญจมาลย์, 2527) แต่ในบริเวณอ่าวมหาชัย พบว่าหอยลายสืบพันธุ์สูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคมเพียงช่วงเดียวเนื่องจากอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงสู่อ่าวมหาชัย และจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มจากการไหลเวียนของกระแสน้ำในช่วงฤดูมรสุมต่างๆ บริเวณอ่าวไทยตอนบน (จินตนา จินดาลิขิต, 2543)

ระยะพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ในหอยลายมี 6 ระยะ คือ ระยะ prefollicular development, initial development, developing, mature, partially spawned และ spent (สุนันท์ ทวยเจริญ และประนอม เบ็ญจมาลย์, 2527; สุนันท์ ทวยเจริญ, 2530; จินตนา จินดาลิขิต, 2543)

2.1.2.2 การเติบโตและพัฒนาตัวอ่อน

นวลมณี พงศ์ธนา (2531) ศึกษาการเติบโต และพัฒนาตัวอ่อน โดยอนุบาลหอยลายในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร ที่ความเค็มน้ำทะเล 32-34 ppt ในช่วงอุณหภูมิ 25-32 °C พบว่ามีพัฒนาการของตัวอ่อน 6 ระยะ คือ trochophore, D-shape, umbo, pediveliger, seed และ juvenile (ตารางที่ 2.1) ซึ่งแนวโน้มพัฒนาการและการเติบโตของหอยลายจากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการสอดคล้องกับผลการศึกษาการเติบโตของหอยลายในธรรมชาติบริเวณอ่าวมหาชัย (จินตนา จินดาลิขิต, 2543; มาลา สุพงษ์พันธุ์ และจินตนา จินดาลิขิต, 2548) ที่พบว่าในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) เป็นช่วงฤดูฝนที่มีอาหารสมบูรณ์ น้ำทะเลมีความเค็มในช่วง 30.0-31.5 ppt พ่อแม่พันธุ์พร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ตารางที่ 2.2) จากนั้นพบหอยลายวัยอ่อนในระยะ trochophore และ veliger ในเดือนกันยายนถึงตุลาคม (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ) ซึ่งน้ำทะเลมีความเค็มในช่วง 20.5-25.0 ppt และพบหอยลายวัยรุ่น (juvenile) อายุประมาณ 3 เดือน ขนาด 10-15 มิลลิเมตร ในเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ส่วนหอยขนาด 1.10-3.20 เซนติเมตร พบในช่วงมกราคมถึงพฤษภาคม ส่วนหอยลายขนาดเล็กที่มีความยาวเปลือก 1.00-1.32 เซนติเมตร และหอยลายขนาดใหญ่ที่มีความยาวเปลือก 3.20-5.10 เซนติเมตร พบได้ในช่วงมิถุนายนถึงกรกฎาคม ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตพบว่าการเติบโตของหอยลายในธรรมชาติสูงกว่าหอยลายที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม ความหลากหลายและความสมบูรณ์ของอาหารที่ดีกว่า

ตารางที่ 2.1 พัฒนาการและการเติบโตของหอยลายในการศึกษาของนวลมณี พงษ์ธนา (2531)

ระยะ	รายละเอียด	อายุ	ขนาด	อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือก
fertilizing egg	เริ่มสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว	-	-	-
trochophore	พัฒนาเป็น cilia ขนาดใหญ่ 2-3 เส้นในบริเวณด้านแหลม	5 ชั่วโมง	-	-
D-shape	พัฒนา cilia ที่ velum และมีกระเพาะ	12 ชั่วโมง	70x80 µm	0.8750
umbo	เปลือกมีรูปร่างเป็นกระเปาะบริเวณบานพับ	5 วัน	150x190 µm	0.7895
pediveliger	มีเท้าและช่องว่างในกระเพาะและเริ่มมีพฤติกรรมการคลานที่พื้นในขณะที่ยังมี velum ที่ใช้ในการว่ายน้ำอยู่	8 วัน	220x240 µm	0.9167
seed	การพัฒนาอวัยวะสมบูรณ์หลังจาก metamorphosis	12 วัน	300x400 µm	0.7500
juvenile	planting size	3 เดือน	1.0-1.5 mm	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ฤดูวางไข่และการเติบโตของหอยลายบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน

สถานที่	เดือน												ความเค็ม	เอกสารอ้างอิง
	ฤดูร้อน				ฤดูฝน				ฤดูหนาว					
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.		
ฤดูวางไข่ของหอยลาย														
พังงา (ช่องหลาด เกาะโบย เกาะบาตัง)		←	—	→			←	—	—	→			29.0-33.0 ppt	ไพเราะ ศุทธากรณ์และ สุนันท์ ทวยเจริญ (2536)
สุราษฎร์ธานี	→	→					←	—	→			←		สุนันท์ ทวยเจริญ (2530)
ตราด			←	→			←	—	—	→				สุนันท์ ทวยเจริญ และ ประนอม เบ็ญจมาลย์ (2527)
สมุทรสาคร (อ่าวมหาชัย)							←	—	→				30.0-31.5 ppt	จินตนา จินดาลิขิต (2543)
การเติบโตของหอยลาย														จินตนา จินดาลิขิต (2543)
สมุทรสาคร (อ่าวมหาชัย)														มาลา สุพงษ์พันธุ์ และจินตนา จินดาลิขิต (2548)
trochophore-veliger								←	—	→			20.5-25.0 ppt	
หอยลายระยะวัยรุ่น														
-ขนาด 10-15 mm.										←	—	→	30.0-31.5 ppt	
-ขนาด 1.10-3.20 cm.	←	—	—	→								←		
-ขนาดเล็ก 2.10-3.20 cm.					←	—	→							
ขนาดใหญ่ 3.250-5.10 cm.														

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 ข้อมูลพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงหอยลาย *Paphia undulata*, Born, 1778

ในประเทศไทย กรมประมงได้ศึกษาชีววิทยาของหอยลายในแหล่งธรรมชาติ ปริมาณการคราดหอยลาย และผลกระทบของการคราดหอยลายในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีการทดลองเพาะพันธุ์หอยลายและเลี้ยงหอยลาย โดยนวลมณี พงศ์ธนา (2531) ทดลองเพาะเลี้ยงลูกพันธุ์หอยลายจากพ่อแม่พันธุ์ธรรมชาติ โดยกระตุ้นให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน (temperature cycling method) ที่มีผลกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ 15-20% ของจำนวนหอยทั้งหมดที่นำมากระตุ้น วิธีที่ 2 คือ การกระตุ้นด้วยวิธีปล่อยแห้ง (drying/ immersion) ที่มีผลกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ 15-20% ของจำนวนหอยทั้งหมด และวิธีที่ 3 การกระตุ้นโดยใช้สารเคมี (serotonin injection method) ที่ได้ผลการกระตุ้นให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ดีที่สุด (60-90% ของจำนวนหอยทั้งหมดที่นำมากระตุ้น) และอนุบาลลูกหอยลายโดยให้ชนิดอาหารและปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและระยะของการพัฒนาอวัยวะ โดยเลี้ยงลูกหอยลายในช่วงอายุ 1 วัน (D-shape) จนพัฒนาเป็นลูกหอยระยะวัยรุ่น (juvenile) อายุ 3 เดือน เมื่อติดตามการเติบโตพบว่าหอยลายวัยรุ่นอายุ 3 เดือน มีความยาวเปลือกเฉลี่ย 10 มิลลิเมตร (อยู่ในช่วง 7-13 มิลลิเมตร) และมีอัตรารอดเฉลี่ย 11.4% จากระยะ D-shape ส่วนระยะที่มีอัตราตายสูง คือ ระยะ Spat (seed) หรือระยะที่มีการพัฒนาอวัยวะเหมือนโตเต็มวัยซึ่งต้องใช้พลังงานสูง

2.2 ผลของความเค็ม

ในธรรมชาติความเค็มของน้ำทะเลเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลขึ้นกับปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเล ซึ่งผลกระทบของความเค็มอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ผลกระทบโดยตรง และผลกระทบที่เกิดร่วมกับปัจจัยอื่น

2.2.1 ผลกระทบโดยตรง

ปัจจัยความเค็มเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่ออัตรารอดและปริมาณของตัวอ่อน เนื่องจากสัตว์ทะเลทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงที่กระบวนการ Osmoregulation สามารถดำเนินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้สัตว์ทะเลสามารถอาศัยอยู่ได้ในบางช่วงความเค็มที่เหมาะกับแต่ละชนิดเท่านั้น (Vernberg and Vernberg, 1972 ; Davenport, 1972) ที่สำคัญ คือ ความสามารถในการปรับตัวต่อช่วงความเค็มจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงอายุ นอกจากนี้ความสามารถในการทนทานความเค็มของสัตว์แต่ละชนิดนั้นยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการสัมผัสความเค็มที่เปลี่ยนแปลง (Blanchard and Grosell, 2006; Widmeyer and Bendell-Young, 2007) ดังนั้นความเค็มจึงเป็นปัจจัยจำกัดที่ส่งผลต่อการกระจายของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในเอสทูรี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มตลอดเวลา (Vernberg and Vernberg, 1972 ; Conte *et al*., 1973) หากสัตว์เผชิญความเค็มที่ไม่เหมาะสม และ

ไม่สามารถปรับสมดุลภายในร่างกายได้ สัตว์ที่เคลื่อนที่ได้เร็วมักอพยพไปอยู่ในบริเวณที่มีความเค็มเหมาะสมกว่า ส่วนสัตว์ที่เคลื่อนที่ได้ช้า เช่น สัตว์ทะเลหน้าดิน อาจมีการปรับตัวโดยปิดเปลือกแน่นและหรือฝังตัวในดิน (อนุวัฒน์ รัตนโชติ และ กฤตพล ยังวณิชเศรษฐ, 2539; Thomson and Pritchard, 1969 cited in Vernberg and Vernberg, 1972; Vernberg and Vernberg, 1972) แต่หากความเค็มเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลให้สัตว์พิการหรือตายได้ (Davenport, 1972) ความเค็มยังมีอิทธิพลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ ส่งผลให้อัตราเพาะฟักต่ำ และพัฒนาการของตัวอ่อนที่ผิดปกติในแต่ละระยะดังที่กล่าวแล้วข้างต้น มีพัฒนาการและการเติบโตช้า อัตรารอดต่ำ จนถึงมีผลทำให้สัตว์น้ำตาย ตารางที่ 2.3 สรุปผลการศึกษาอิทธิพลความเค็มในหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* (Bayne, 1965) หอยหวาน *Babylonia areolata* (Nguyen *et al.*, 2001) หมึก *Sepia pharaonis* และ *Sepiotueuthis lessoniana* (Nabhitabhata *et al.,* 2001) และสัตว์น้ำอื่นๆ

ในธรรมชาติความเค็มที่เหมาะสมสำหรับหอยลายโตเต็มวัยหรือวัยเจริญพันธุ์ อยู่ในช่วง 25-33 ppt ช่วงความเค็มดังกล่าวเป็นช่วงความเค็มที่หอยลายสามารถปรับสมดุลอิออนในร่างกายได้ดี อย่างไรก็ตามหากหอยลายได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลมาก จะส่งผลให้หอยลายตาย (ชลัญญา ธารบุปผา, 2539)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ความทนทานต่อความเค็มของสัตว์ทะเลเฉพาะในกลุ่มหอย (Mollusca)

ชนิด	ความเค็มที่สามารถอาศัยอยู่ได้ (ppt)	เอกสารอ้างอิง	หมายเหตุ
Muricopsis blainoillei	35-39	Mars, 1950: cited in Newell, 1976	
Rissoa ventricosa	30-38	Mars, 1950: cited in Newell, 1976	
Gibbula adamsoni	16-39	Mars, 1950: cited in Newell, 1976	
Loripes laetus	13-43	Mars, 1950: cited in Newell, 1976	
Cardium edule	4-60	Mars, 1950: cited in Newell, 1976	
Mytilus edulis			
fertilized egg พัฒนาเป็น trochophore	30-40	Bayne, 1965: cited in Lockwood, 1976	
Babylonia areolata			
ไข่ เป็น veliger	30-35	Nguyen *et al.*, 2001	ความเค็มที่ต่ำกว่าส่งผลให้ตายภายใน 1 ชั่วโมง (15-20 ppt)
ระยะลงเกาะ	15-40	Nguyen *et al*., 2001	ส่วนความเค็มที่สูงกว่าส่งผลให้ตัวอ่อนพิการ
Sepia pharaonis	23.2-35.5	Nabhitabhata *et al*., 2001	ความเค็มที่ต่ำกว่าส่งผลให้ตัวอ่อนผิดปกติ ส่วนความเค็มที่สูงกว่าส่งผลให้ตัวอ่อนตาย
Sepiotueuthis lessoniana	28-32	Nabhitabhata *et al*., 2001	

2.2.2 ผลกระทบที่เกิดร่วมกับปัจจัยอื่น

ผลกระทบที่เกิดร่วมกับปัจจัยอื่น คือ ผลกระทบที่เกิดจากความเค็มที่เสริมกับปัจจัยอื่น เช่น ในการศึกษาความเป็นพิษของปรอท ($HgCl_2$) ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงความเค็มในหอย *Meretrix lusoria* ในระยะวัยรุ่นและโตเต็มวัย พบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราตายสูงขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของปรอท และมีอัตราตายสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น (Chin and Chen, 1993) ทั้งส่งผลให้สัตว์น้ำมีการเติบโตผิดปกติสูงขึ้นด้วย (Woelk, 1965) การลดลงของความเค็มยังเป็นปัจจัยร่วมที่ทำให้เพิ่มความรุนแรงของโลหะปริมาณน้อย เช่น แคดเมี่ยม (Widmeyer and Bendell-Young, 2007) และสังกะสี (Grosell *et al*., 2007; Blanchard and Grosell, 2006) เนื่องจากการลดลงของความเค็มส่งผลให้มีการละลายกลับของโลหะของดินตะกอนในทะเลเพิ่มขึ้นในน้ำทะเล (Jorgensen, 1979; Nurnerg, 1984) ทำให้สัตว์ทะเลต้องปรับสมดุลขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเป็นพิษของโลหะในมวลน้ำ ส่งผลให้อัตรารอดลดลง อัตราพิการและอัตราตายสูงขึ้น

2.3 การลดจำนวนของหอยลาย

การลดลงของหอยลายในปัจจุบัน เกิดจาก 2 สาเหตุ คือ กิจกรรมของมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ

2.3.1 กิจกรรมของมนุษย์

เนื่องจากการทำประมงคราดหอยลาย มีการย้ายที่คราดไปตามที่ต่างๆ ที่พบหอยลาย โดยจะทำการประมงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1-3 วัน ก่อนเปลี่ยนไปยังแหล่งอื่น ทั้งนี้ในการทำประมงคราดหอยลายจะครอบคลุมบริเวณกว้าง ตะกอนหน้าดินจะถูกกวน ทำให้มีความขุ่นเพิ่มขึ้น ทั้งแร่ธาตุและสารพิษในตะกอนดินกลับสู่มวลน้ำได้มากขึ้น ซึ่งความขุ่นของน้ำและการตกตะกอนในภายหลังส่งผลกระทบต่อสัตว์ทะเลหน้าดิน ทำให้มีชนิดปริมาณและจำนวนลดลง (อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และคณะ, 2525 อ้างถึงใน อู่แก้ว ประกอบไวทยกิจ บีเวอร์, 2541) พบว่าตะกอนบริเวณที่มีการทำประมงคราดหอยลายมีความเข้มข้นมากกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการตายของหอยลายและสัตว์หน้าดินที่เคลื่อนที่ช้าและไม่สามารถหนีได้ทัน ทั้งนี้ในช่วงแรกอาจมีผู้ล่าหรือสัตว์กินซากเข้ามาในพื้นที่ที่มีการทำประมงคราดหอยลาย แต่ก็ไม่สามารถกำจัดซากสัตว์ต่างๆ ได้หมด และซากสัตว์เหล่านี้เน่าเสียเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์เพิ่มขึ้นทั้งในน้ำทะเล และชั้นดินตะกอนเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ผิวดินขาดออกซิเจน โดยไฮโดรเจนซัลไฟด์จะส่งผลต่อสัตว์น้ำ ถ้ามีไฮโดรเจนซัลไฟด์ในปริมาณน้อยจะทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอ แต่ถ้ามีไฮโดรเจนซัลไฟด์ในปริมาณมากจะเป็นพิษเฉียบพลันที่ส่งผลให้สัตว์น้ำตาย (Scidmore, 1957 อ้างถึงใน

พรชัย สิงหบุญ, 2531; Smith *et al.*, 1976) จากการศึกษาของไพเราะ ศุทธากรณ์ และสุนันท์ ทวยเจริญ (2536) ในแหล่งทำประมงคราดหอยลาย พบว่าปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ปกติที่พบที่ผิวดินมีค่าประมาณ 0.31-100.28 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) หลังการคราดหอยลาย 2 เดือน พบว่าปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดินสูงถึง 306.6 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) ดังนั้นในพื้นที่คราดหอยลายจึงน่าจะได้รับผลกระทบ หากแหล่งที่อยู่ของหอยลายมีการกวนตะกอนอยู่เสมอและมีการสะสมของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ส่งผลให้สัตว์ที่เหลือจากการทำประมงคราดหอยลายมีแนวโน้มที่จะตายหรือไม่สามารถอยู่ในพื้นที่เดิมได้ ทำให้พื้นที่ในการอยู่อาศัยของหอยลายลดลง

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ

สาเหตุการตายของหอยลายในธรรมชาติยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน แต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่วมกับการลดลงของความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วงที่เกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอน อาจเป็นปัจจัยร่วมที่ส่งผลให้เกิดการตายของหอยลายได้ หากพิจารณาแต่ละปัจจัย อาจไม่สามารถส่งผลให้เกิดการตาย เช่น หากพิจารณาเพียงปัจจัยความหนาแน่นของแพลงก์ตอนจากการศึกษาของ Wazniak and Glibert (2004) พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนส่งผลต่ออัตราการเติบโตของหอยแต่ไม่ส่งผลให้เกิดการตาย คือ เมื่อความเข้มข้นของสาหร่าย *Aureococcuc anophagefferens* หนาแน่นขึ้นจนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล (brown tide) ทำให้อัตราการเติบโตของหอย *Mercenaria mercenaria* ลดลง แต่ไม่มีผลกระทบเมื่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนดังกล่าวน้อยกว่า 20,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร การศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนในช่วงกุมภาพันธ์ถึงตุลาคม พ.ศ. 2545 ในบริเวณอ่าวไทยตอนบนพบว่า มีการเพิ่มความหนาแน่นของแพลงก์ตอนอย่างรวดเร็วถึง 18 ครั้ง ใน 17 ครั้ง มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนในช่วง 6,000-60,000 เซลล์ต่อลิตร นาน 3-7 วัน โดยไม่ส่งผลกระทบให้สัตว์น้ำตาย แต่มี 1 ครั้ง ที่มีการเพิ่มจำนวนของ *Rhizosolenia* sp. *Coscinodiscus* sp. และ *Ceratium* sp. นาน 2 สัปดาห์ ในเดือนตุลาคม 2545 ที่ชายหาดชะอำและหัวหิน ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดและมีปริมาณการละลายของออกซิเจนในทะเลต่ำ ส่งผลให้ปลาตาย (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

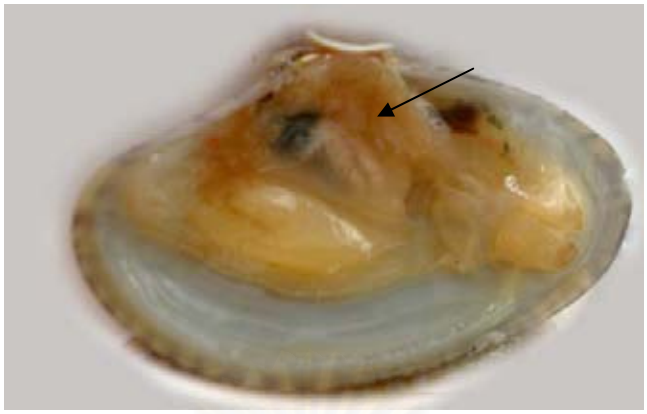
3.1 การเตรียมตัวอย่างหอยลายที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์เพื่อเพาะพันธุ์หอยลาย

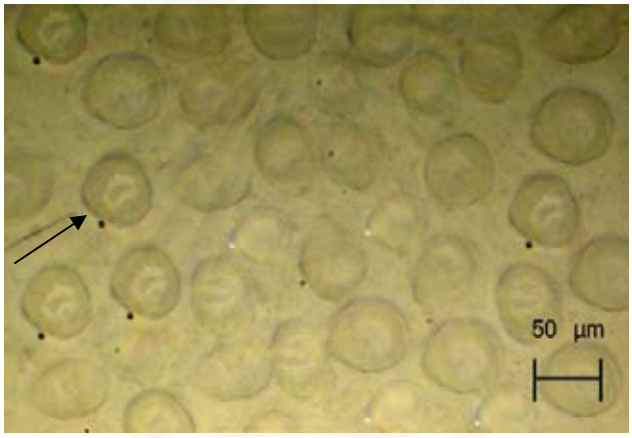
ทำการรวบรวมหอยลายจากแหล่งหอยในอำเภอปราณบุรี ที่เป็นแหล่งน้ำที่มีความเค็มน้ำทะเลอยู่ในช่วง 27-33 ppt (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) และได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลน้อย จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำทะเลในธรรมชาติในช่วงแคบและในระยะเวลาสั้นๆ ส่งผลให้แหล่งหอยลายในอำเภอปราณบุรีมีแนวโน้มทนการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้แคบกว่าหอยลายในแหล่งที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้าง เช่น แหล่งหอยลายในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดตราด ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดมากและเป็นเวลานาน ในการทดลองครั้งนี้รวบรวมหอยลายจากแหล่งหอยในอำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในช่วงเดือนตุลาคม 2549 ถึงเดือนเมษายน 2550 จำนวนรวม 8 ครั้ง จำนวน 90-280 ตัว/ครั้ง เลือกหอยที่มีความยาวเปลือกมากกว่า 4 เซนติเมตร นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเล (ที่ผ่านถุงกรองน้ำขนาดตา 1 ไมโครเมตร และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแสงอัลตราไวโอเลต) โดยแต่ละครั้ง ทำการสุ่มหอยลาย 10 ตัว นำไปตรวจสอบหาอัตราส่วนเพศและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อตรวจสอบความพร้อมในการสืบพันธุ์ (รูปที่ 3.1 ก) โดยในหอยลายเพศเมียที่พร้อมจะสืบพันธุ์จะพบ oocyte จำนวนหนาแน่นอยู่ตรงกลาง follicle oocyte แต่ละฟองจะมีขนาดระหว่าง 35-50 ไมโครเมตร มีนิวเคลียสใหญ่ ภายในเซลล์ ซึ่ง oocyte ที่แก่เต็มที่แล้วจะมีลักษณะกลมใหญ่ เรียกว่า mature oocyte (รูปที่ 3.1 ข) ส่วนในหอยลายเพศผู้ที่พร้อมในการสืบพันธุ์ต้องพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ spermatid ที่แบ่งตัวไปเป็น spermatozoa จำนวนมากและหนาแน่นเรียงตัวกันเป็นแนวจากผนัง follicle สู่ใจกลางช่องว่างของ follicle เป็นระยะที่ spermatozoa แก่และเตรียมพร้อมที่จะถูกปล่อยออกจาก follicle (รูปที่ 3.1 ค)

3.1.2 การกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

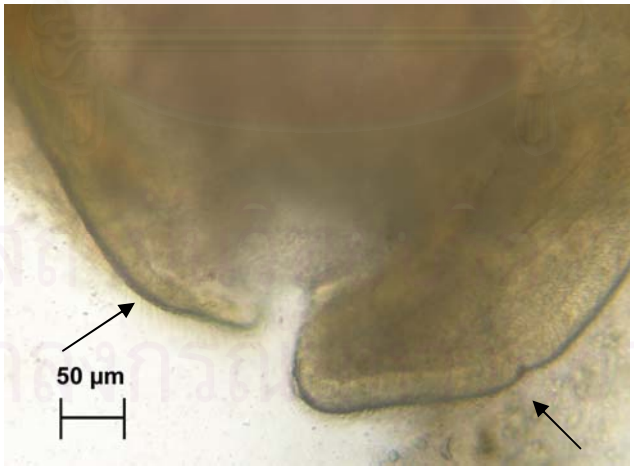
นำหอยลายที่มีความพร้อมในการสืบพันธุ์แล้ว (จากการตรวจสอบใน 3.1.1) มากระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์โดยใช้ 3 วิธีการร่วมกัน คือ วิธีที่ 1 การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน วิธีที่ 2 การกระตุ้นด้วยวิธีปล่อย และวิธีที่ 3 การกระตุ้นโดยการใส่แพลงตอนก์ที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งเป็นวิธีการกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยสองฝา ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์



ก.



ข.



ค.

รูปที่ 3.1 การตรวจสอบพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการเพาะพันธุ์หอยลาย
ก. ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ที่สังเกตได้ ข. mature oocyte
ค. spermatozoa ที่อยู่บริเวณแนวจากผนัง follicle

โดยมีขั้นตอนการกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ดังนี้

3.1.2.1 นำหอยลายที่สมบูรณ์เพศที่ทำความสะอาดแล้ววางเรียงกัน ในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร x ความยาว 200 เซนติเมตร x ความสูง 20 เซนติเมตร โดยที่วางหอยลายแต่ละตัวห่างกัน 1-2 นิ้ว เพื่อให้สามารถสังเกตเห็นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ชัดเจน

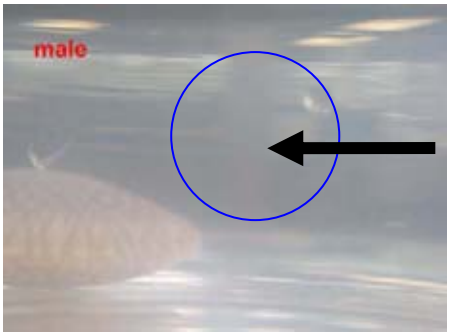
3.1.2.2 เปิดน้ำทะเล (อุณหภูมิน้ำทะเลธรรมชาติ = 28.0 ºC) ที่ผ่านผ้ากรองขนาดตา 1ไมโครเมตร ไหลผ่านหอยลายโดยรักษาระดับความสูงของน้ำ 5 เซนติเมตร นาน 20 นาที หลังจากนั้นระบายน้ำออกจากถังไฟเบอร์กลาสจนแห้ง และปล่อยหอยลายแห้งนาน 45 นาที ขณะเดียวกันเตรียมน้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยผ้ากรองขนาดตา 1 ไมโครเมตร โดยแบ่งน้ำออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 50 ลิตร ส่วนแรกนำไปเตรียมน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิในช่วง 15 ºC ที่ความเค็ม 34 ppt ส่วนที่สองเตรียมน้ำทะเลร้อนที่มีอุณหภูมิในช่วง 40 ºC ที่ความเค็ม 28 ppt เพื่อใช้ในการกระตุ้นหอยลายในขั้นตอนต่อไป

3.5.2.3 เมื่อปล่อยให้หอยลายแห้งครบ 45 นาที เติมน้ำทะเลที่อุณหภูมิ 15 ºC ที่ความเค็ม 34 ppt ที่เตรียมไว้ลงในถังไฟเบอร์กลาสที่มีพ่อแม่พันธุ์หอยลาย ให้ระดับน้ำสูงท่วมตัวหอยลาย (ความสูงของน้ำ 5 เซนติเมตร) ในระบบน้ำนิ่ง นาน 30 นาที หลังจากนั้นระบายน้ำออกจนหมดแล้วใส่น้ำทะเลที่อุณหภูมิสูง 40 ºC ความเค็ม 28 ppt โดยรักษาระดับน้ำให้เท่าเดิม ในระบบน้ำนิ่ง นาน 30 นาที ต่อจากนั้นระบายน้ำออกจากถังไฟเบอร์กลาสแล้วเปิดน้ำทะเลธรรมชาติที่ผ่านการกรองด้วยผ้ากรองขนาดตา 1 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 28 ºC แล้วให้ไหลผ่านหอยลายโดยมีระดับน้ำสูงของน้ำ 5 เซนติเมตร นาน 15 นาที

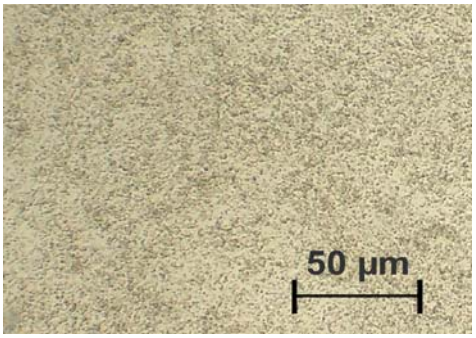
3.1.2.4 เปลี่ยนจากการให้น้ำไหลผ่านหอยลายเป็นระบบน้ำนิ่งและลดปริมาตรน้ำลงเล็กน้อย เพื่อใส่แพลงก์ตอนที่มีความเข้มข้นสูง จากการเลี้ยงในขวดแก้วขนาด 20 ลิตร ในภาวะปลอดเชื้อ โดยใช้แพลงก์ตอนชนิด *Isochrysis* sp. หนาแน่น 30,000-40,000 เซลล์/ มิลลิลิตร ประมาณ 15 นาที จากนั้นเพิ่มความเข้มข้นของแพลงก์ตอน *Isochrysis* sp. และ *Chaetoceros* sp. ที่ความหนาแน่น 80,000 - 100,000 เซลล์/ มิลลิลิตร นาน 1 ชั่วโมง ระหว่างนั้นสังเกตการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยลายพ่อแม่พันธุ์

3.1.3 การเพาะพันธุ์หอยลาย

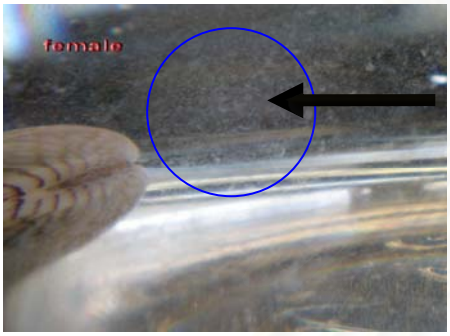
3.5.3.1 เมื่อหอยลายเริ่มปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ สามารถแยกเพศหอยลายออกจากกันได้โดยสังเกตลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ที่พ่อแม่พันธุ์หอยลายปล่อยออกมา (รูปที่ 3.2 ก-ง) คือ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้จะมีขนาดเล็กและมีสีขาวขุ่นอยู่ในมวลน้ำ ขณะที่เซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย มีขนาดใหญ่กว่าและมักจับตัวเป็นก้อนจมสู่พื้น เห็นเป็นก้อนสีขาวขนาดเล็ก เมื่อสังเกตเห็นพฤติกรรมการเริ่มต้นปล่อยเซลล์



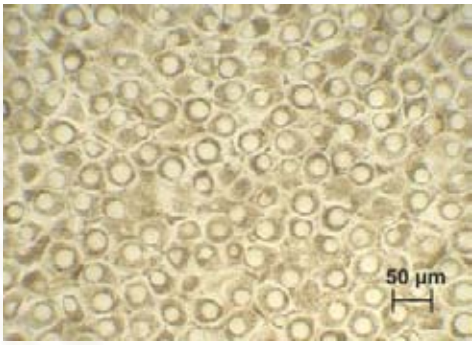
ก



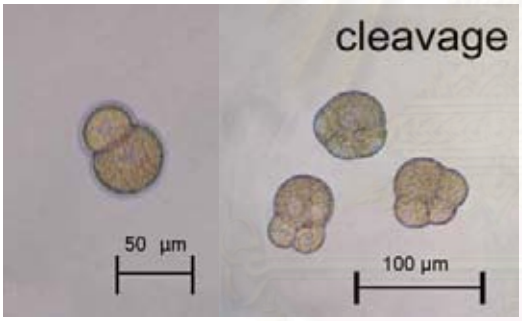
ข



ค



ง



จ ฉ

รูปที่ 3.2 การกระตุ้นและการเพาะพันธุ์หอยลาย

ก. หอยลายปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ โดยน้ำเชื้อมีขนาดเล็กและมีสีขาวขุ่นอยู่ในมวลน้ำ

ข. ลักษณะน้ำเชื้อ

ค. หอยลายปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย โดยไข่มีขนาดใหญ่กว่าและมักจับตัวเป็นก้อนจมสู่พื้น เห็นเป็นก้อนสีขาวขนาดเล็ก

ง. ลักษณะไข่ของหอยลาย

จ-ฉ. การแบ่งเซลล์ของหอยลายที่ผสมพันธุ์แล้ว

สืบพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์หอยลาย แยกหอยที่เริ่มปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มาล้างทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง ด้วยน้ำทะเลผ่านถุงกรองน้ำขนาดตา 1 ไมโครเมตร และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแสงอัลตราไวโอเลต แยกหอยลายแต่ละตัว ลงในบีกเกอร์ 2 ลิตร ที่มีระดับความสูงของน้ำในบีกเกอร์ประมาณ 5 เซนติเมตร เมื่อหอยลายในแต่ละบีกเกอร์หยุดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ กรองแยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำเชื้อของหอยลายโดยผ่านผ้าไนลอนขนาดตา 20-25 ไมโครเมตร และกรองแยกสิ่งสกปรกออกจากไข่ของหอยลายโดยผ่านผ้าไนล่อนขนาดตา 40-50 ไมโครเมตร

3.1.3.2 นำน้ำเชื้อและไข่ของหอยลายมาผสมกันในอัตราส่วนประมาณไข่ 1 ฟองต่อน้ำเชื้อ 4-5 ตัว จากนั้นนำไปฟักในถังขนาด 1,000 ลิตร ที่ความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt) ในระบบน้ำนิ่ง ให้ออกซิเจนตลอดเวลา อนุบาลหอยลายเพื่อใช้ในการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ต่อไป

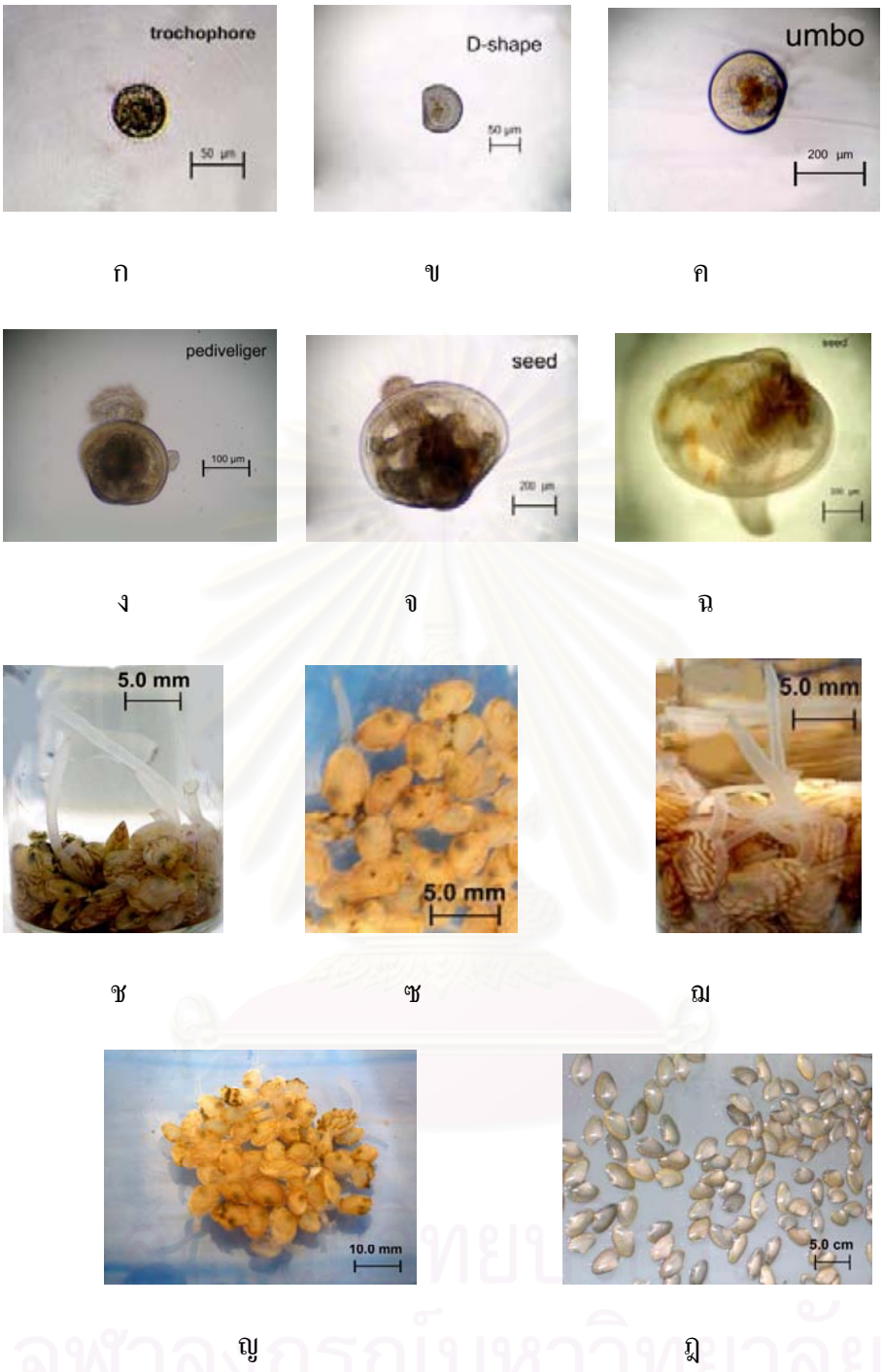
3.1.4 การเตรียมสัตว์ทดลอง

สุ่มหอยลายที่ได้จากการเพาะพันธุ์รุ่นเดียวกัน (เพาะพันธุ์วันที่ 10 เมษายน 2550) ที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ จนพัฒนาถึงระยะที่ต้องการ เพื่อนำไปทดลองใน 4 ชุดการทดลอง โดยเลี้ยงในถังขนาด 20 ลิตร สำหรับการทดลองที่ 1 ใช้หอยลายระยะ trochophore อายุ 5 ชั่วโมง จาก stock หอยลายที่เลี้ยงในถังขนาด 1,000 ลิตร ลดปริมาตรน้ำจนเหลือ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นสุ่มปริมาตรน้ำ 10 มิลลิลิตร จาก stock หอยลาย 1,000 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร แล้วนำหอยลายที่สุ่มไปเลี้ยงในถัง ความจุ 20 ลิตร ในแต่ละหน่วยทดลอง ที่มีความเค็มแตกต่างกัน โดยใส่ตัวอย่างหอยลายที่สุ่มได้ในซ้ำที่ 1 ของทุกความเค็มอย่างฉับพลัน ก่อนทำในลักษณะเดียวกันในซ้ำที่ 2 จนถึงซ้ำที่ 5 ซึ่งต้องทำอย่างรวดเร็ว เพื่อลดความแตกต่างของเวลาในการทดลองการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันในการทดลองชุดเดียวกัน ในลักษณะนี้จะได้หอยลายระยะ trochophore ที่เลี้ยงในถัง 20 ลิตร ที่ความหนาแน่น 0.487 ตัว/มิลลิลิตร (ความหนาแน่นคำนวณจากปริมาตรของท่อพีวีซีที่ใส่ในถังทดลองที่มีปริมาตร 4315 มิลลิลิตร และมีพื้นที่หน้าตัด 196 ตารางเซนติเมตร) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ส่วนตัวอ่อนหอยลายที่เหลือใน stock เลี้ยงที่ความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติต่อไป เพื่อใช้ในการทดลองที่ 2 ที่ใช้หอยลายระยะ D-shape อายุ 24 ชั่วโมง ซ้ำละ 3,600 ตัว การทดลองที่ 3 ที่ใช้หอยลายระยะ pediveliger อายุ 8 วัน ซ้ำละ 4,400 ตัว และการทดลองที่ 4 ที่ใช้หอยลายระยะ seed อายุ 18 วัน ซ้ำละ 2,600 ตัว ตามลำดับ (รูปที่ 3.3) โดยมีขั้นตอนการทดลองดังรูปที่ 3.4 การสุ่มตัวอย่างหอยลายเป็นไปในลักษณะเดียวกับการสุ่มตัวอย่างหอยลายระยะ trochophore แต่มีความแตกต่างกันในปริมาตรของการสุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยใช้กระบอกตวงขนาดที่แตกต่างกัน (250, 500, 1,000 มิลลิลิตร) ตามความเหมาะสม

ตารางที่ 3.1 การสุ่มตัวอย่างหอยลายเพื่อใช้ในการทดลอง

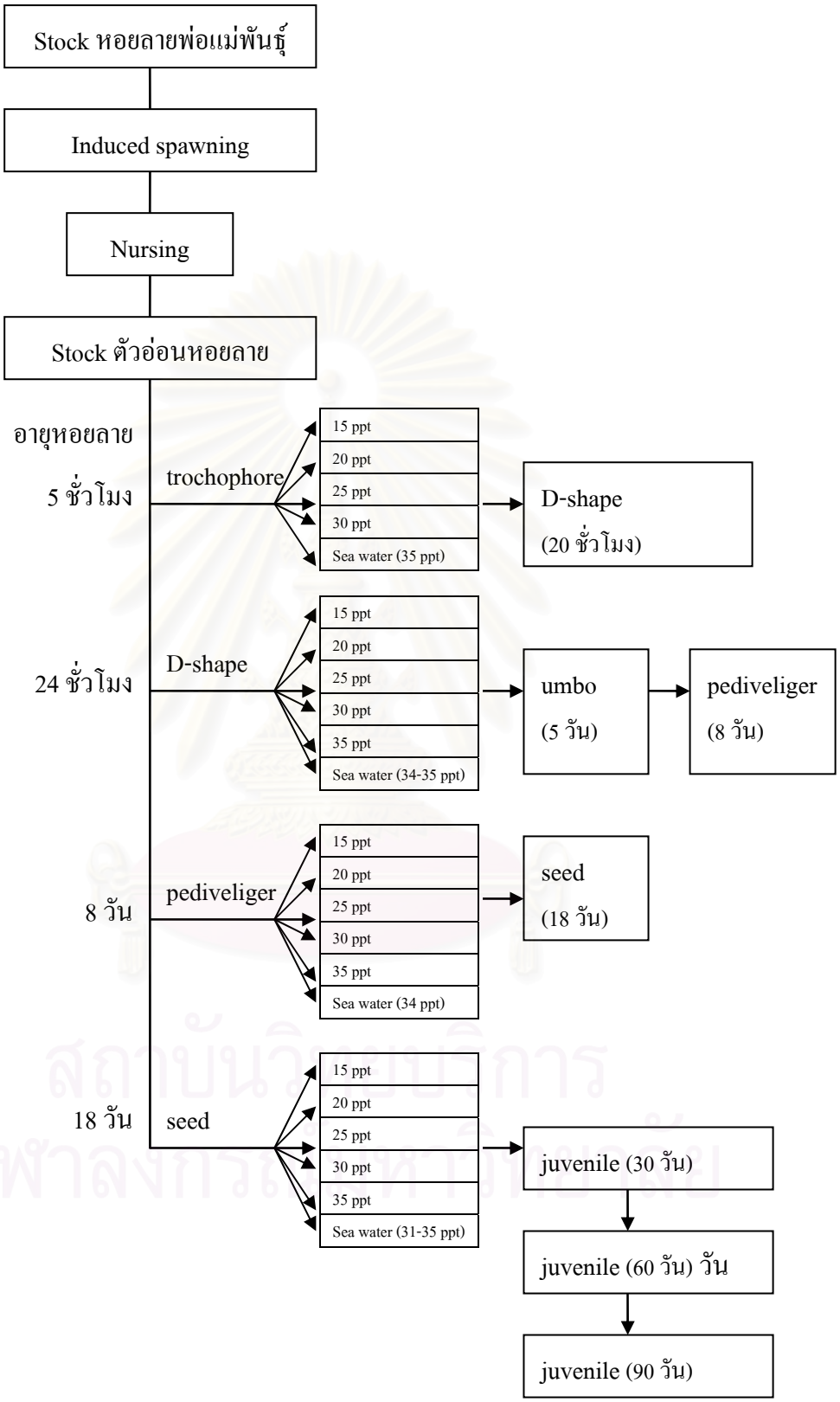
ชุดการทดลอง	อายุ	Stock หอยลาย				หน่วยทดลอง	
		ปริมาตรน้ำเริ่มต้น (ลิตร)	ลดปริมาตรจนเหลือปริมาตร (มล.)	ความหนาแน่น (ตัว/มล.)	ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่าง (มล.)	ความหนาแน่นของหอยลายที่เลี้ยงในถัง 20 ลิตร	จำนวนหอยลาย/หน่วยทดลอง
1. trochophore	5 ชม.	1,000	1,000	210	10	0.487 ตัว/มล.	2,100
2. D-shape	24 ชม.	1,000	15,000	24	150	0.834 ตัว/มล.	3,600
3. pediveliger	8 วัน	1,000	10,000	22	200	1.020 ตัว/มล.	4,400
4. seed	18 วัน	300	5,000	16	1) 1,000 (5 ส่วน)		-
			1) 1,000	16,000	2) 167	13.255 ตัว/ตร.ซม.	2,600
5. โตเต็มวัย	-	-	-	-	สุ่มหอยลายจำนวน 30 ตัว	0.042 ตัว/ตร.ซม.	30
6. ระยะวัยรุ่น	120 วัน	-	-	-	สุ่มหอยลายจากการชั่ง 5 กรัม	1.300 ตัว/ตร.ซม.	240-270
7. ระยะวัยรุ่น	120 วัน	-	-	-	สุ่มหอยลายจากการชั่ง 5 กรัม	1.300 ตัว/ตร.ซม.	240-270

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 หอยลายในแต่ละระยะที่นำมาทำการทดลอง

ก. trochophore (5 ชั่วโมง) ข. D-shape (20 ชั่วโมง) ค. umbo ง. pediveliger (8 วัน) จ. seed ระยะเริ่มต้น ฉ. seed ที่พัฒนาสมบูรณ์ (18 วัน) ช. หอยลายระยะวัยอ่อน อายุ 30 วัน ซ. หอยลายระยะวัยอ่อน อายุ 60 วัน ฌ. หอยลายระยะวัยอ่อน อายุ 90 วัน ญ. หอยลาย อายุ 120 วัน ฎ. หอยลายโตเต็มวัย



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง

สำหรับการทดลองที่ 5 ที่ทดสอบอัตรารอดของหอยลายโตเต็มวัย ใช้หอยลายโตเต็มวัยที่มีความยาวเปลือกมากกว่า 4 เซนติเมตร ที่ผ่านการเลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติในระบบน้ำแบบเปิด เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 7 วัน จำนวน 540 ตัว โดยสุ่มหอยลายโตเต็มวัยจำนวน 30 ตัวต่อหน่วยทดลอง ที่มีจำนวนทั้งหมด 18 หน่วยทดลอง โดยในแต่ละหน่วยทดลองมีความหนาแน่น 0.042 ตัว/ตารางเซนติเมตร (คำนวนจากพื้นที่หน้าตัดด้านล่างของถังที่หอยลายสัมผัส โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 707 ตารางเซนติเมตร (โดยพื้นด้านล่างของถังมีรัศมี 15 เซนติเมตร)) และมีวิธีการใส่สัตว์ทดลองเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน เช่นเดียวกับการใส่หอยลายในระยะ trochophore

สำหรับการทดลองที่ 6 และการทดลองที่ 7 ใช้ตัวอย่างหอยลายอายุ 120 วัน ที่ได้จากการเพาะพันธุ์หอยลายวันที่ 12 ธันวาคม 2549 (การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์ กระตุ้นและเพาะพันธุ์ใช้วิธีการในหัวข้อ 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 ตามลำดับ) ที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติที่มีความเค็มในช่วง 31-33 ppt ที่อุณหภูมิ 25-32 °C โดยสุ่มชั่งตัวอย่างหอยลายที่ปราศจากน้ำจำนวน 5 กรัมในแต่ละหน่วยทดลอง (หอยลาย 240-270 ตัวต่อหน่วยทดลอง) จำนวนทั้งหมด 18 หน่วยทดลอง สำหรับการทดลองที่ 6 และจำนวน 9 หน่วยทดลอง สำหรับการทดลองที่ 7 และมีวิธีการใส่ตัวอย่างเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน เช่นเดียวกับการใส่ตัวอย่างหอยลายในระยะ trochophore

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การเตรียมน้ำทะเลที่ความเค็มระดับต่างๆ

เตรียมน้ำทะเล 6 ระดับความเค็ม คือ 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, 30 ppt, 35 ppt และที่ความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ โดยการเตรียมน้ำความเค็ม 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, 30 ppt นั้นใช้น้ำทะเลธรรมชาติที่ผ่านการกรองผสมกับน้ำจืดที่ผ่านการกรอง เพื่อให้ได้ความเค็มตามที่ต้องการ สำหรับการเตรียมน้ำทะเลความเค็ม 35 ppt (ในกรณีที่น้ำทะเลธรรมชาติต่ำกว่า 35 ppt) ใช้การผสมน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงใส่เพิ่มลงไปในน้ำทะเลในธรรมชาติที่ผ่านการกรองแล้ว จนได้ความเค็มที่ต้องการ (รูปที่ 3.5)

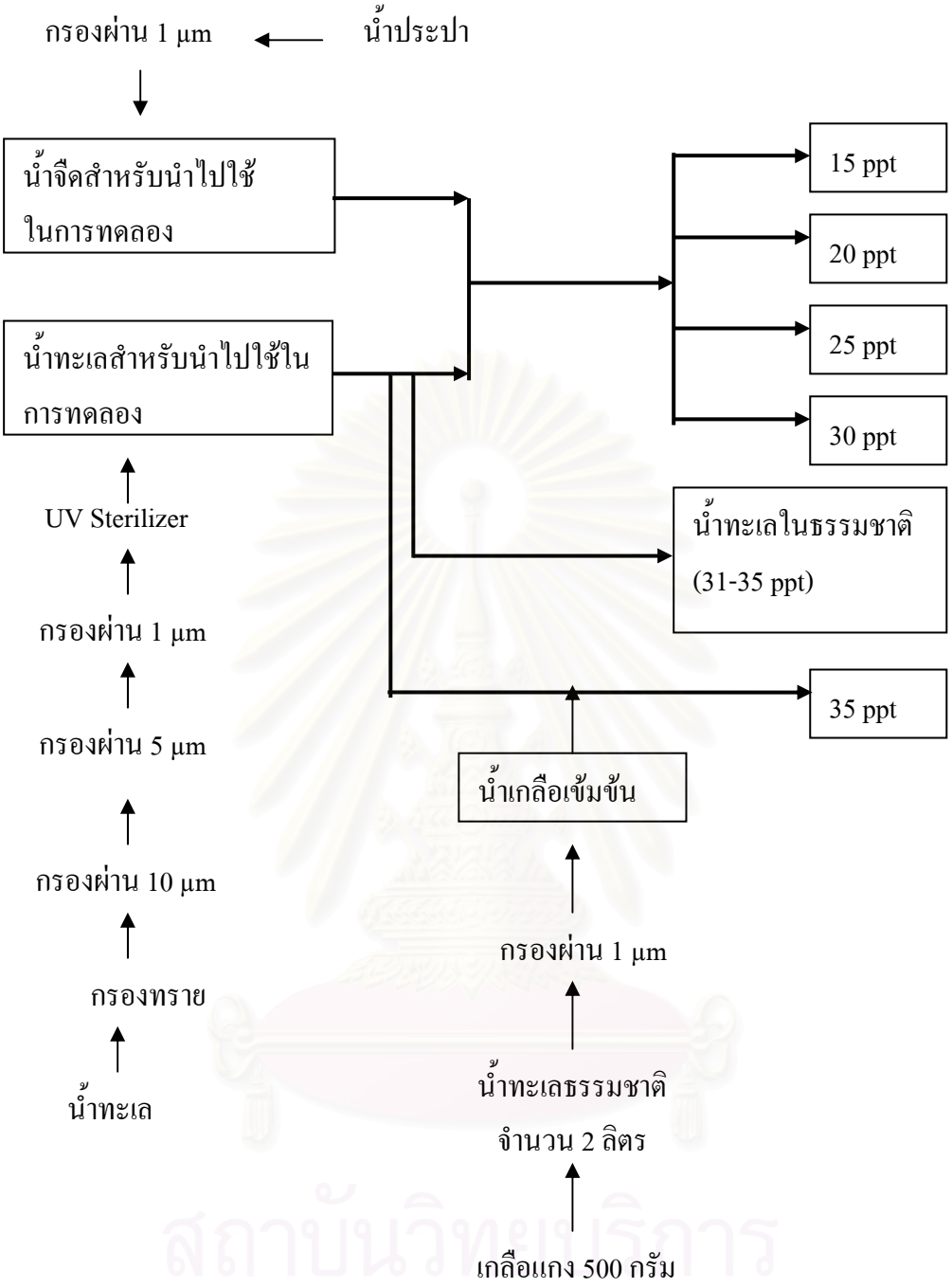
วิธีการเตรียมน้ำทะเล น้ำจืด และน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูง มีรายละเอียด ดังนี้

1. น้ำทะเลธรรมชาติสำหรับหอยในการทดลองที่ 1, 2, 3 เตรียมจากน้ำทะเลที่สูบจากทะเลผ่านการกรองทรายและกรองด้วยเครื่องกรองน้ำแบบใช้ไส้กรอง (cartridge) ขนาด 5 และ 10 ไมโครเมตร และถุงกรองน้ำขนาด 1 ไมโครเมตร และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (รูปที่ 3.6) ส่วนน้ำทะเลธรรมชาติสำหรับหอยตั้งแต่การทดลองที่ 4 เป็นต้นไป ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแสงอัลตราไวโอเลต เนื่องจากหอยลายมีความแข็งแรงมากขึ้นและไม่มีปัญหาจากแบคทีเรียที่มาแย่งอาหาร

2. น้ำเกลือความเข้มข้นสูง เตรียมจากนำเกลือแกง (NaCl: Commercial Grade) ที่ซื้อจากตลาด ประมาณ 500 กรัม ละลายในน้ำทะเล 2 ลิตร ตรวจสอบความเข้มข้นของความเค็มเพื่อนำไปเติมในการเตรียมน้ำทะเลที่ความเข้มข้น 35 ppt ในกรณีที่น้ำทะเลในธรรมชาติมีความเค็มต่ำกว่า 35 ppt

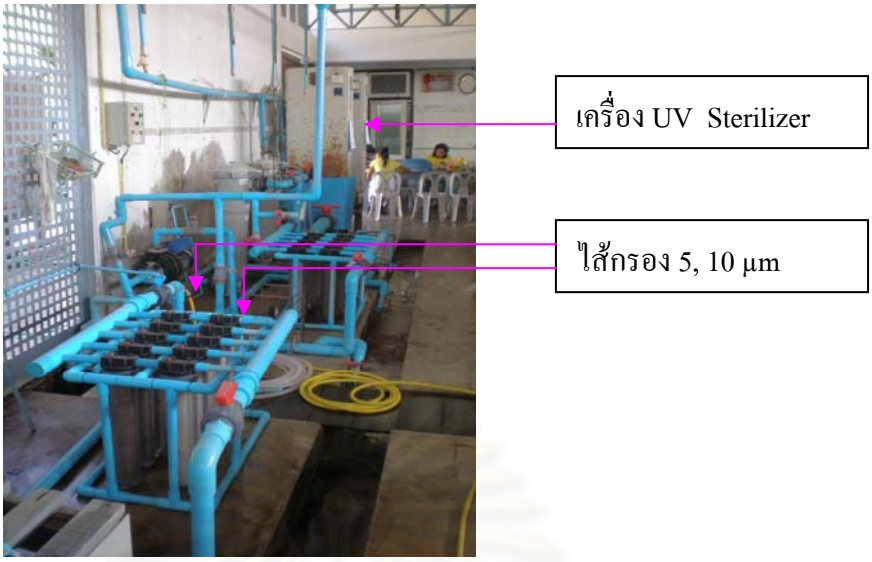
3. น้ำจืด เตรียมจากน้ำประปา ผ่านถุงกรองขนาดตา 1 ไมโครเมตร

ตรวจสอบความเค็มของน้ำทะเลที่เตรียมไว้ด้วยเครื่องวัดความเค็มแบบหักเหแสง หลังจากผสมน้ำในแต่ละชุดการทดลองได้ตามความเค็มที่ต้องการในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 300 ลิตร ที่เพิ่มออกซิเจนโดยการใส่หัวทรายในถังเก็บน้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้งาน (รูปที่ 3.7) เพื่อป้องกันการตกค้างของคลอรีนที่อาจเจือปนมากับน้ำประปา และตรวจสอบความเค็มก่อนนำไปใช้ในการทดลองทุกครั้ง

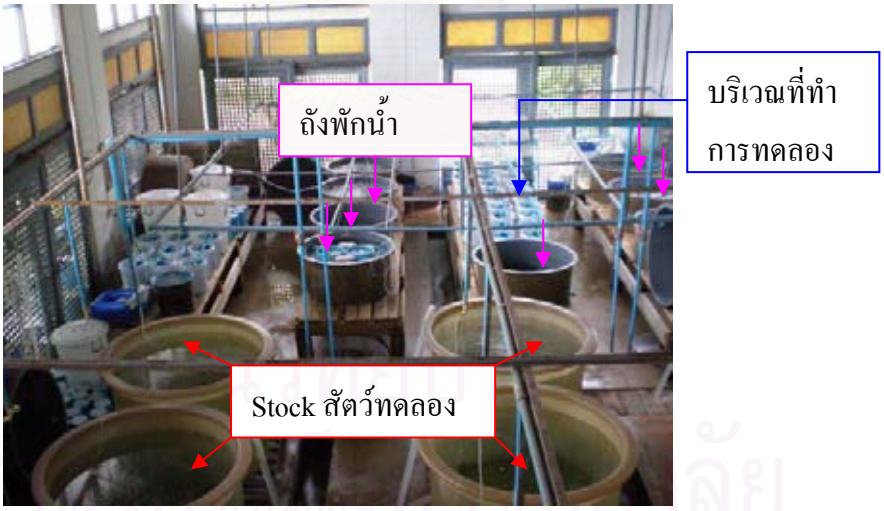


รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมน้ำสำหรับใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 ระบบการกรองน้ำ



รูปที่ 3.7 พื้นที่ในการปฏิบัติงาน

3.3 อุปกรณ์การเลี้ยง

3.3.1 ถังทดลอง

การทดสอบผลของความเค็มในทุกชุดการทดลองใช้ถังพลาสติกเกรดบรรจุอาหาร ขนาด 20 ลิตร (รูปที่ 3.8 ก) เป็นถังทดลอง

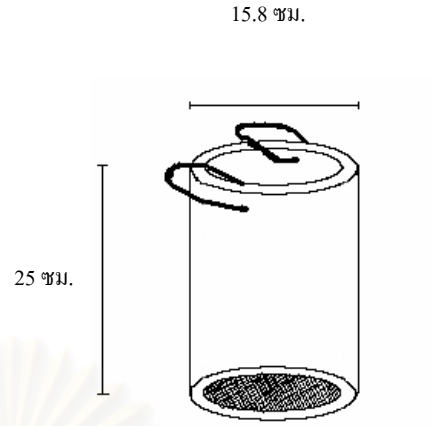
3.3.2 ระบบน้ำ

3.3.2.1 การอนุบาลในระบบน้ำนิ่ง (รูปที่ 3.8)

ใช้ถังบรรจุท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.8 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร ที่บุภายในด้วยผ้าไนล่อน ขนาด 40-50 ไมโครเมตร ความจุในท่อพีวีซี เท่ากับ 4,315 มิลลิลิตร (รูปที่ 3.8 ข) ให้ออกซิเจนผ่านท่อแก้วขนาดเล็กในท่อพีวีซีตลอดเวลา เปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% ทุก 2 วัน ซึ่งการอนุบาลในระบบน้ำนิ่งใช้ในการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนการทดลองที่ 6 (อัตรารอดของหอยลายโตเต็มวัย) เลี้ยงในถังโดยไม่บรรจุท่อพีวีซี เนื่องจากหอยลายมีขนาดใหญ่จึงต้องลดการซ้อนทับกันของหอยลายและให้ออกซิเจนโดยผ่านหัวทรายแทน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. ถังขนาด 20 ลิตร



ข. ท่อพีวีซีบุด้วยผ้าไนล่อน

ค. การอนุบาลตัวอ่อนในระบบน้ำนิ่ง

รูปที่ 3.8 ระบบอนุบาลตัวอ่อนหอยลายในระบบน้ำนิ่ง

3.3.2.2 อนุบาลแบบระบบน้ำไหลเวียนแบบ air-lifted down-flowed

ใช้ลมผลักดันน้ำให้ไหลเวียนภายในถังขนาด 20 ลิตร ที่ภายในถังใส่ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.8 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร ด้านล่างบุด้วยผ้าไนล่อน (รูปที่ 3.9) ที่มีขนาด 120-160 ไมโครเมตร (การทดลองที่ 3) หรือ 250-330 ไมโครเมตร (การทดลองที่ 4, 6 และ 7) มีความจุในท่อพีวีซีเท่ากับ 4,315 มิลลิลิตร โดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเล็กทำระบบ air - lifted ดึงน้ำให้ไหลลงในท่อพีวีซีอย่างต่อเนื่องในอัตราไหล 2.4 ลิตร /นาที (การทดลองที่ 3 และ 4) หรือ 3.0 ลิตร /นาที (การทดลองที่ 6 และ 7) (ดัดแปลงจากการทดลองของจินตนา นักระนาด และคณะ, 2549) เพื่อเพิ่มปริมาณการไหลเวียนของน้ำและปริมาณออกซิเจนในการอนุบาลตัวอ่อนหอยลายที่เติบโตเพิ่มขึ้น

ก. ท่อพีวีซีบุด้วยผ้าไนล่อนที่บริเวณด้านล่าง ข. ระบบอนุบาลตัวอ่อนหอยลาย

รูปที่ 3.9 ระบบอนุบาลตัวอ่อนหอยลายในระบบไหลเวียนแบบ air-lifted down-flowed

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การศึกษาอัตรารอด การเติบโต และพัฒนาการของหอยลายในความเค็มที่แตกต่างกัน

3.4.1 แผนการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 8 การทดลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1.1 การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันต่ออัตรารอด การเติบโตและพัฒนาการของหอยลาย *Paphia undulata*, Born, 1778

ทดสอบผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันต่อหอยลายในน้ำ 6 ระดับความเค็ม ได้แก่ 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, 30 ppt, 35 ppt และความเค็มควบคุม คือ ความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (31-35 ppt) ในช่วงอายุที่แตกต่างกัน คือ

การทดลองที่ 1 ตัวอ่อนหอยลายระยะ trochophore (อายุ 5 ชั่วโมง) จนถึงระยะ D-shape (อายุ 20 ชั่วโมง)

การทดลองที่ 2 ตัวอ่อนหอยลายระยะ D-shape (อายุ 24 ชั่วโมง) จนถึงระยะ umbo (อายุ 5 วัน) และระยะ pediveliger (อายุ 8 วัน)

การทดลองที่ 3 ตัวอ่อนหอยลายระยะ pediveliger (อายุ 8 วัน) จนถึงระยะ seed (อายุ 18 วัน)

การทดลองที่ 4 ตัวอ่อนหอยลายระยะ seed (อายุ 18 วัน) จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 30 วัน, 60 วัน และ 90 วัน ตามลำดับ

การทดลองที่ 5 หอยลายพ่อแม่พันธุ์ ที่ทำการทดลองนาน 48 ชั่วโมง

การทดลองที่ 6 หอยลายอายุ 120 วัน ที่ทำการทดลองนาน 48 ชั่วโมง

การทดลองที่ 7 หอยลายอายุ 120 วัน ที่เลี้ยงด้วยวิธีการปรับลดความเค็มอย่างค่อยเป็นค่อยไป จนความเค็มลดลงเหลือ 15 ppt โดยทำการทดลองนาน 12 วัน

ทุกชุดการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) โดยทำ 5 ซ้ำ ในการทดลองที่ 1-4 (ศึกษาอัตรารอด การเติบโตและพัฒนาการของหอยลาย) ส่วนในการทดลองที่ 5-7 ทำ 3 ซ้ำ (ศึกษาผลของความเค็มต่ออัตรารอดของหอยลายเท่านั้น)

3.4.2 สถานที่ทดลอง

ทำการทดลองและตรวจวัดพัฒนาการ การเติบโตและอัตรารอดของหอยลาย ณ โรงเพาะพันธุ์หอยทะเล ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์

3.4.3 วิธีทดลอง

ทดสอบผลของปัจจัยความเค็มต่ออัตรารอดและการเติบโตของหอยลาย โดยแต่ละการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันไปที่ความเค็ม 6 ระดับ คือ 15 ppt , 20 ppt, 25 ppt, 30 ppt, 35 ppt และที่ความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ โดยสุ่มตัวอย่างหอยลายจาก stock หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มของน้ำทะเลธรรมชาติในความหนาแน่นที่กำหนดไว้ในแต่ละระยะที่ทำการทดลอง มาเลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลที่เตรียมไว้ โดยทันที ในเวลาที่ใกล้เคียงกันในแต่ละซ้ำของการทดลอง

การทดลองที่ 1 (ระยะ trochophore ที่อายุ 5 ชั่วโมง จนถึงระยะ D-shape ที่อายุ 20 ชั่วโมง) ใช้หอยลายระยะ trochophore ที่ความหนาแน่น 0.487 ตัว/มิลลิลิตรในแต่ละหน่วยทดลอง อนุบาลตัวอ่อนในระบบน้ำนิ่ง เลี้ยงตัวอ่อนด้วยสาหร่ายชนิด *Isochrysis* sp. ที่ความหนาแน่น 10,000 เซลล์/มิลลิลิตร จำนวน 2 มื้อ/วัน เปลี่ยนถ่ายน้ำและล้างทำความสะอาดถังอนุบาลทุกวัน

วิธีการศึกษาในการทดลองที่ 2-6 เหมือนกับการทดลองที่ 1 โดยมีรายละเอียดของจำนวนเริ่มต้นของสัตว์ทดลอง ชนิด และปริมาณของอาหารและวิธีการเลี้ยงที่แตกต่างกันเล็กน้อย ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2 ทั้งนี้เวลาในการทดสอบความเค็มแต่ละความเค็มของการทดลองชุดที่ 5 (หอยลายโตเต็มวัย) และการทดลองชุดที่ 6 (หอยลาย อายุ 120 วัน) นานเพียง 48 ชั่วโมง

ส่วนการทดลองที่ 7 ที่ศึกษาผลของการปรับลดความเค็มลงอย่างช้าๆ ต่อหอยลายอายุ 120 วัน เป็นระยะเวลา 12 วัน(12-24 เมษายน 2550) เพื่อทดสอบความสามารถในการทนทานของหอยลายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความเค็มในธรรมชาติที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลที่มีการลดลงของความเค็มอย่างช้าๆ ครั้งละ 2 ถึง 3 ppt ทดลองโดยนำหอยลาย (อายุ 120 วัน) ที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลในธรรมชาติที่มีความเค็ม 35 ppt มาปรับลดความเค็มลงอย่างช้าๆ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 คือ ลดความเค็มลงวันละ 2 ppt โดยมีความเค็มน้ำทะเลเป็นความเค็มตั้งต้น และวิธีที่ 2 คือ ลดความเค็มลงวันละ 3 ppt โดยมีความเค็มน้ำทะเลเป็นความเค็มตั้งต้นเช่นกัน จนความเค็มลดลงถึง 15 ppt เลี้ยงหอยลายวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ความเค็ม 15 ppt ต่อไปจนครบ 12 วัน โดยมีหอยลายอายุเท่ากันเลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติเป็นกลุ่มควบคุม แต่ละกลุ่มทำ 3 ซ้ำ โดยใช้วิธีอนุบาลหอยลายเช่นเดียวกับการทดลองที่ 6

รายละเอียดการเก็บตัวอย่างหอยลายเพื่อวัดผล แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 ในทุกระดับความเค็มและทุกการทดลอง บันทึกเวลาที่เก็บตัวอย่างหอยและล้างทำความสะอาดหอยลาย ลดปริมาตรน้ำในถังเลี้ยงขนาด 20 ลิตร โดยการกรองน้ำผ่านผ้าไนลอนขนาดตา 40-45 ไมโครเมตร จนมีปริมาตรที่กำหนด (ดูตารางที่ 3.3) จึงทำการสุ่มตัวอย่างตามวิธีการดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.10

ตารางที่ 3.2 ระบบการเลี้ยงหอยลายในแต่ละระยะ

ชุดการทดลอง	ความหนาแน่นของหอยลายที่ใช้ในการทดลอง (20 ลิตร)	ชนิดของแพลงก์ตอน*	ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน (เซลล์/มล.)	ระบบน้ำที่ใช้ในการทดลอง	ขนาดผ้าไนล่อน (µm)	การเปลี่ยนถ่ายน้ำทั้งระบบ	อายุของหอยลายที่ใช้ในการทดลอง	ความเค็มที่ใช้ในการทดลอง (ppt)**
1 trochophore -> D-shape	0.487 ตัว/มล.	A	10,000	ระบบน้ำนิ่ง	40-50	ทุก 1 วัน	5-20 ชม.	15, 20, 25, 30, SW
2.1 D-shape -> umbo	0.834 ตัว/มล.	A, B	10,000-20,000	ระบบน้ำนิ่ง	40-50	ทุก 2 วัน	1-5 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
2.2 D-shape -> pediveliger		A, B	10,000-20,000	ระบบน้ำนิ่ง	40-50	ทุก 2 วัน	1-8 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
3 pediveliger -> seed	1.020 ตัว/มล.	A, B, C, D	20,000-25,000	air-lifted down-flowed	120-160	ทุกวัน	8-18 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
4.1 seed -> juvenile 30 day	13.255 ตัว/ตร.ซม.	A, B, C, D	25,000-50,000	air-lifted down-flowed	120-160	ทุกวัน	18- 30 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
4.2 seed -> juvenile 60 day		A, B, C, D	25,000-50,000	air-lifted down-flowed	250-330	ทุกวัน	18- 60 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
4.3 seed -> juvenile 90 day		A, B, C, D	25,000-50,000	air-lifted down-flowed	250-330	ทุกวัน	18- 90 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
5 adult	0.042 ตัว/ตร.ซม.	A, B, C, D	20,000-40,000	ระบบน้ำนิ่ง	-	ทุกวัน	+ 48 ชม.	15, 20, 25, 30, 35, SW
6 juvenile 120 day	1.300 ตัว/ตร.ซม.	A, B, C, D	20,000-30,000	air-lifted down-flowed	250-330	ทุกวัน	120-122 วัน	15, 20, 25, 30, 35, SW
7 juvenile 120 day	1.300 ตัว/ตร.ซม.	A, B, C, D	20,000-30,000	air-lifted down-flowed	250-330	ทุกวัน	120-132 วัน	35→15, SW

หมายเหตุ

*A= *Isochrysis* sp. B = *Chaetoceros* sp. C = *Dunaliella* sp. D = *Tetraselmis* sp.

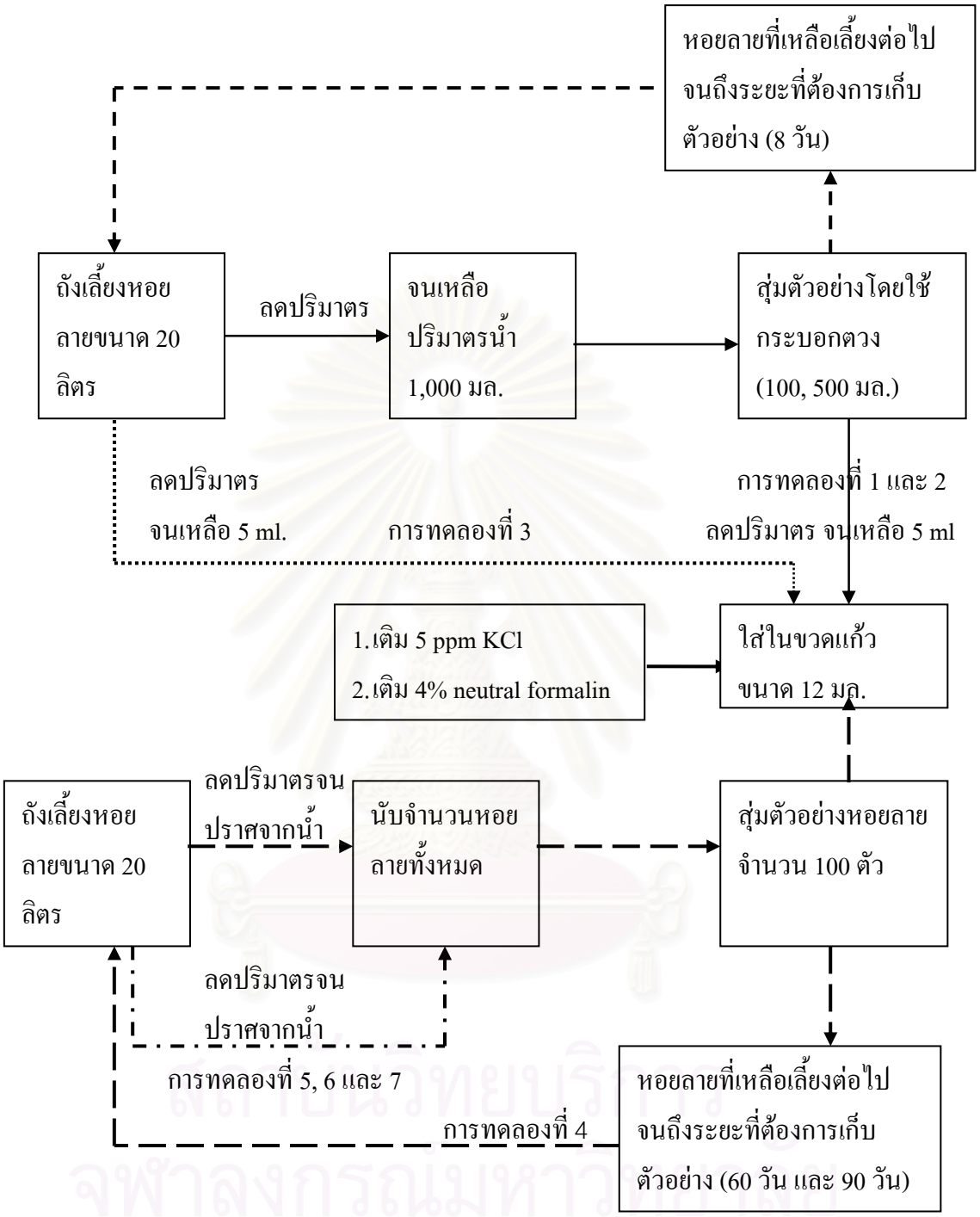
** SW = ความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ (31-35 ppt)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างหอยลายในแต่ละความเค็มในแต่ละการทดลอง

ชุดการทดลอง	อายุของหอยลายใน วันที่เก็บตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ทำ การทดลอง	ปริมาตรน้ำ เริ่มต้น	ลดปริมาตรน้ำจน เหลือปริมาตร	ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการสุ่ม ตัวอย่างเพื่อนับจำนวนหอยลาย	ลดปริมาตรจน เหลือปริมาตรสุทธิ
1 trochophore -> D-shape	ชั่วโมงที่ 20	15 ชั่วโมง	17 ลิตร	1,000 มล.	100 มล.	5 มล.
2.1 D-shape -> umbo	วันที่ 5	3 วัน	17 ลิตร	1,000 มล.	500 มล.	5 มล.
2.2 D-shape -> pediveliger	วันที่ 8	7 วัน	17 ลิตร	5 มล.	-	5 มล.
3 pediveliger -> seed	วันที่ 18	10 วัน	17 ลิตร	5 มล.	-	5 มล.
4.1 seed -> juvenile 30 day	วันที่ 30	22 วัน	17 ลิตร	-	นับทั้งหมด, 100 ตัว	100 ตัว
4.2 seed -> juvenile 60 day	วันที่ 60	52 วัน	17 ลิตร	-	นับทั้งหมด, 100 ตัว	100 ตัว
4.3 seed -> juvenile 90 day	วันที่ 90	72 วัน	17 ลิตร	-	นับทั้งหมด, 100 ตัว	100 ตัว
5 adult	ชั่วโมงที่ 48	48 ชั่วโมง	17 ลิตร	50 มล.	นับทั้งหมด	-
6 juvenile 120 day	วันที่ 122	48 ชั่วโมง	17 ลิตร	50 มล.	นับทั้งหมด	-
7 juvenile 120 day	วันที่ 132	12 วัน	17 ลิตร	50 มล.	นับทั้งหมด	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 วิธีการเก็บตัวอย่างหอยลาย

ก่อนเก็บตัวอย่างหอยลายโดยการใช้ 5 ppm potassium chloride เพื่อทำให้ลูกหอยผ่อนคลาย ก่อนใส่ใน 4 % ฟอร์มาลิน (รูปที่ 3.10) เพื่อศึกษาอัตรารอด และการเติบโตของหอยลายในภายหลัง โดยมีรายละเอียดวิธีการเก็บตัวอย่างในแต่ละการทดลอง ดังนี้

ในการทดลองที่ 1 เมื่อหอยลายระยะ trochophore พัฒนาจนถึงระยะ D-shape และอายุ 20 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างหอยลายโดยสุ่มน้ำทะเลจำนวน 100 มิลลิลิตร จากหอยลายที่ลดปริมาตรน้ำจนเหลือ 1,000 มิลลิลิตร จากปริมาณน้ำที่สุ่ม 100 มิลลิลิตร กรองน้ำผ่านผ้าไนลอนขนาดตา 40-45 ไมโครเมตร จนมีปริมาตรสุทธิ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 10 มิลลิลิตร และเก็บรักษาตัวอย่างหอยลายเพื่อนำไปศึกษาในภายหลัง

ในการทดลองที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเมื่อหอยลายพัฒนาจนถึงระยะ umbo (5 วัน) โดยลดปริมาตรจาก 20 ลิตร จนเหลือ 1,000 มิลลิลิตรในกระบอกตวง ก่อนทำการสุ่มตัวอย่างหอยลาย โดยสุ่มน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปลดปริมาตรจนเหลือ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาตัวอย่างต่อไป ส่วนตัวอย่างในน้ำ 500 มิลลิลิตร ที่เหลือนำไปเลี้ยงต่อจนหอยลายพัฒนาถึงระยะ pediveliger ที่อายุ 8 วัน จึงเก็บตัวอย่างในช่วงหลัง โดยลดปริมาตรน้ำจนเหลือ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาตัวอย่างต่อไป

ในการทดลองที่ 3 เมื่อหอยลายระยะ pediveliger พัฒนาถึงระยะ seed ที่มีอายุ 18 วัน นำหอยลายไปลดปริมาตรน้ำจากปริมาตร 20 ลิตรจนเหลือ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาตัวอย่างต่อไป

ส่วนในการทดลองที่ 4 เมื่อหอยลายระยะ seed ที่พัฒนาจนถึงระยะหอยลายวัยรุ่นนั้น แบ่งการติดตามการเติบโตหอยลายหลังจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันเป็น 3 ช่วง คือ เมื่อหอยลายพัฒนาเป็นหอยลายวัยรุ่น อายุ 30 วัน, อายุ 60 วัน และอายุ 90 วัน โดยในแต่ละช่วงคำนวณอัตรารอดโดยการนับจำนวนหอยลายมีชีวิตเทียบกับจำนวนหอยลายทั้งหมดที่มีใน 1 ถัง จากนั้นสุ่มตัวอย่างหอยลาย 100 ตัว จากแต่ละถัง เพื่อเก็บรักษาตัวอย่างหอยลายใน 4 % ฟอร์มาลิน ก่อนนำไปคำนวณการเติบโตของหอยลายโดยวัดความสูงและความยาวเปลือกของหอยลาย และเปรียบเทียบการเติบโตของหอยลายในภายหลัง

การทดลองที่ 5, 6 และ 7 เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ทำการลดปริมาตรน้ำในแต่ละการทดลอง เพื่อนำมาตรวจนับจำนวนหอยลายที่มีชีวิตและหอยลายที่ตายทั้งหมดในแต่ละหน่วยทดลองในทุกความเค็ม เพื่อนำไปหาอัตรารอดของหอยลายในภายหลัง

ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน โดยสังเกตจากพฤติกรรมของหอยลายที่ตอบสนองต่อการสัมผัสและความไวในการตอบสนองต่อแสงโดยการบังแสงบริเวณด้านบนของถังที่ทำการทดลอง และตรวจนับหอยลายที่มีชีวิต หอยลายพิการ หอยลายที่ไม่มีพัฒนาการ และหอยลายที่ตายทั้งหมดในแต่ละหน่วยทดลองที่เก็บรักษาตัวอย่างหอยลายจากการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ทั้งบันทึกการเติบโตโดยวัดความสูงเปลือกและความยาวเปลือกของหอยลายในการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ในแต่ละหน่วยทดลองในทุกความเค็มจากการสุ่มวัดขนาดหอยลายจำนวน 100 ตัว จากตัวอย่างที่เก็บรักษา โดยวัดผ่านกล้องจุลทรรศน์ ที่ปรับกำลังขยายตามความเหมาะสมในการวัดหอยลายในแต่ละระยะ (กำลังขยาย 40 เท่า และ 100 เท่า ในการทดลองที่ 1-3) และวัดผ่านกล้อง Profile Projector (กำลังขยาย 10 เท่า และ 25 เท่า ในการทดลองที่ 4)

3.5 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ตรวจวัดความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงหอยลายระยะต่างๆ ด้วยเครื่อง Refractometer ความเป็นกรดเป็นด่างด้วยเครื่อง pH meter อุณหภูมิด้วย thermometer และอัลคาลินิตี้ตามวิธีการของ Strickland and Pasons (1977) ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างหอยลายในทุกการทดลอง

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 คำนวณอัตรารอดของหอยลาย อัตราพิการของหอยลาย และอัตรารอดของหอยลายที่ไม่สามารถพัฒนาในแต่ละระยะ จากการนับจำนวนหอยลายที่สุ่มมาทั้งหมด ในแต่ละหน่วยทดลองตามสมการที่ 1 ถึงสมการที่ 4

โดยที่จำนวนเริ่มต้น = จำนวนหอยลายมีชีวิตที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ + จำนวนหอยลายพิการ + จำนวนหอยลายที่ไม่พัฒนาการ + จำนวนหอยลายตาย

อัตรารอดโดยรวม

$$= \frac{\text{จำนวน (หอยลายมีชีวิตที่พัฒนาการอย่างสมบูรณ์ + หอยลายพิการ + หอยลายที่ไม่พัฒนาการ (ตัว))} \times 100}{\text{จำนวนหอยเริ่มต้น (ตัว)}} \quad \text{------ (1)}$$

อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

$$= \frac{\text{จำนวนหอยลายมีชีวิตที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนหอยเริ่มต้น (ตัว)}} \quad \text{--------(2)}$$

$$\text{อัตราพิการ} = \frac{\text{จำนวนหอยลายพิการ (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนหอยเริ่มต้น (ตัว)}} \quad \text{----------(3)}$$

$$\text{อัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไป} = \frac{\text{จำนวนหอยลายที่ไม่พัฒนาการ (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนหอยเริ่มต้น (ตัว)}} \quad \text{----------(4)}$$

3.6.2 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอัตารอดและการเติบโตของหอยลายที่เลี้ยงด้วยความเค็มที่แตกต่างกันในทุกการทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและยืนยันความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Turkey HSD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.6.3 วิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือก เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกันว่ามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากผลของปัจจัยความเค็มหรือไม่ โดยนำมาเปรียบเทียบกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ ว่ามีการเติบโตแตกต่างจากกลุ่มมากน้อยเพียงใด สามารถคำนวณอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือก จากสมการ (5)

$$\text{อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือก} = \frac{\text{ความสูงเปลือกของหอยลายในแต่ละระยะ}}{\text{ความยาวเปลือกของหอยลายในแต่ละระยะ}} \quad \text{----------(5)}$$

โดยค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกที่คำนวณได้ของหอยลายในสภาพปกติ เมื่อหอยลายอยู่ในระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger จะมีค่าสูงเพิ่มขึ้น (เช่นเดียวกับ Lovatelli (1985) ที่ศึกษาใน *Tapes Semidecussatus* และ *Tapas decussates*) เนื่องจากมีการสร้าง umbo ในด้านความสูงเปลือกทำให้หอยลายมีรูปทรงที่ค่อนข้างกลม เมื่อหอยลายอยู่ในระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น รูปทรงของเปลือกหอยลายจะมีลักษณะรูปร่างยาวรี จึงทำให้อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกมีค่าลดลง

3.6.4 ประมวลผลพฤติกรรมการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยลาย โดยสังเกตจากพฤติกรรมการเคลื่อนที่ ความหนาของเปลือกหอยลาย และความเร็วในการตอบสนองเมื่อหอยลายโดนสัมผัส และความเร็วในการกินอาหารของหอยลาย

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 พัฒนาการ อัตรารอด และการเติบโตของหอยลายในความเค็มที่แตกต่างกัน

อัตรารอดโดยรวมของหอยลายในระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape และจากระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo และ pediveliger (การทดลองที่ 1 และ 2) มีอัตรารอดโดยรวมของหอยลายสูงในทุกความเค็ม (> 90%) แต่ในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed (การทดลองที่ 3) หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt) มีอัตรารอดโดยรวมอยู่ในกลุ่มที่ต่ำกว่า 90% ส่วนในระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 90 วัน หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตรารอดโดยรวมต่ำกว่า 10% ในขณะที่หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นซึ่งมีอัตรารอดโดยรวมมากกว่า 90%

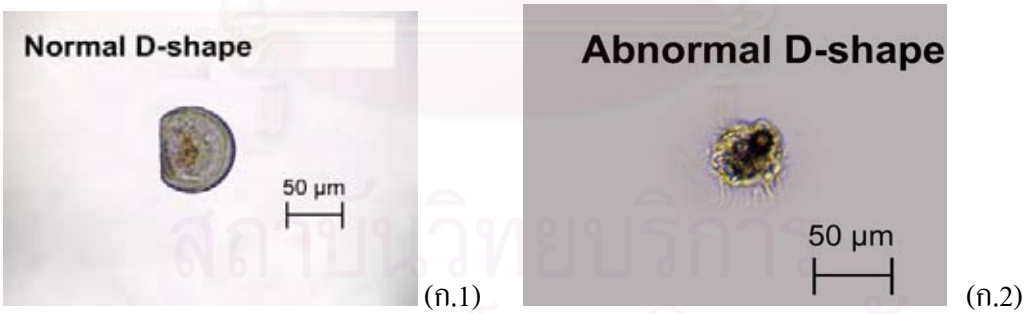
อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ในหอยลายระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape (การทดลองที่ 1) หอยลายมีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตสูงที่สุดในช่วงความเค็ม 25-35 ppt ซึ่งเป็นความเค็มที่เหมาะสม ในความเค็มที่ต่ำกว่านั้นหอยลายจะเติบโตและมีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ต่ำลงมา ในขณะที่หอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger (การทดลองที่ 2) เติบโตได้ดีในช่วงความเค็ม 20-35 ppt และมีอัตรารอดสูงในทุกความเค็ม (15-35 ppt) ดังนั้นความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยลาย คือ ในช่วงความเค็ม 20-35 ppt ส่วนหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed (การทดลองที่ 3) เติบโตได้ดีในช่วงความเค็ม 20-35 ppt แต่พบว่าอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์สูงในหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15-30 ppt ดังนั้นความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยลาย คือ ในช่วงความเค็ม 20-30 ppt และหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน (การทดลองที่ 4) มีความเค็มที่เหมาะสมในการเติบโตได้ดีและอัตรารอดสูงในช่วงความเค็ม 20-35 ppt และพบว่าความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยลายให้มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตที่สูงที่ในทุกช่วงวัยหอยลาย คือ ความเค็ม 30 ppt และเป็นช่วงที่มีการพัฒนาตัวอ่อนที่สมบูรณ์แข็งแรงด้วย สำหรับหอยลายอายุ 120 วัน (การทดลองที่ 6) และหอยลายโตเต็มวัย (การทดลองที่ 5) มีอัตรารอดสูงเมื่อเลี้ยงในความเค็ม 20-35 ppt

ทั้งนี้รายละเอียดของแต่ละการทดลองเป็นดังนี้

4.1.1 การทดลองที่ 1 ตัวอ่อนหอยลายระยะ trochrophore จนถึงระยะ D-shape

4.1.1.1 พัฒนาการของหอยลายในระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape

ตัวอ่อนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt นาน 15 ชั่วโมง สามารถพัฒนาเป็น D-shape ได้ แต่มีพัฒนาการช้ากว่าตัวอ่อนที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มสูงกว่า และตัวอ่อนที่พัฒนาเป็น D-shape อ่อนแอ มีบางส่วนตายไป ส่วนใหญ่หยุดนิ่งไม่ว่ายน้ำ มีการเคลื่อนที่ของ cilia ช้าๆ มีอัตราพิการและอัตราตายสูงที่สุด หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt ก็เช่นเดียวกัน มีพัฒนาการช้ากว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ คือ สามารถพัฒนาเป็น D-shape ได้ โดยตัวอ่อนที่พัฒนาเป็น D-shape เคลื่อนที่เป็นส่วนใหญ่ แต่มีบางส่วนที่อ่อนแอ คือ มีอาการหยุดนิ่งไม่ว่ายน้ำ มีการเคลื่อนที่ของ cilia ช้าๆ แต่พัฒนาได้เร็วกว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 30 ppt, และน้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt) พบว่ามีการพัฒนาตัวอ่อนหอยลายจากระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape ได้ดีและพัฒนาเป็น D-shape ที่แข็งแรงและหมุนตัวอยู่ตลอดเวลา เมื่อหยุดนิ่งมีการเคลื่อนที่ของ cilia ตลอดเวลาเช่นกัน นอกจากนี้มีกระเพาะที่พัฒนาและมีการกินอาหาร ในการทดลองครั้งนี้พบว่าลักษณะตัวอ่อนที่พิการ จะมีรูปร่างบิดเบี้ยว ดังรูปที่ 4.1 ก ซึ่งเปรียบเทียบรูปร่างหอยลายระยะ trochophore ที่พัฒนาเป็น D-shape ที่สมบูรณ์กับหอยลายที่พิการ



(ก.1) (ก.2)

รูปที่ 4.1 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape

ก. ลักษณะของหอยลายระยะ D-shape ที่มีพัฒนาการปกติ (ก.1) เปรียบเทียบกับหอยลายที่มีการพัฒนาผิดปกติ (ก.2)

4.1.1.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape

สามารถแบ่งอัตรารอดโดยรวมของหอยลายออกเป็น 2 กลุ่มที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 30 ppt และหอยลายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติ (35 ppt) (รูปที่ 4.2 ก.1) กลุ่มที่สอง ซึ่งมีอัตรารอดโดยรวมต่ำกว่า คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt และ 20 ppt

สามารถแบ่งหอยลายตามอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ออกเป็น 3 กลุ่มที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt, 25 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt ซึ่งมีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์สูงกว่ากลุ่มอื่น (รูปที่ 4.2 ก.2) กลุ่มที่สอง คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.2 ก.2)

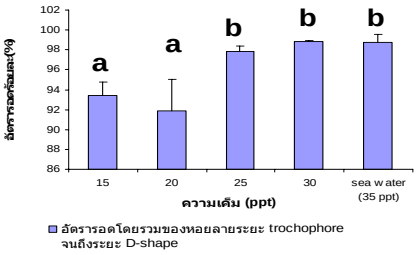
อัตราการเติบโตผิดปกติ คือ อัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไป และอัตราพิการของหอยลายระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape ที่เลี้ยงในความเค็ม 5 ระดับ มีอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไป ที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.2 ก.3) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไปสูงที่สุด (22.00%) กลุ่มที่สอง คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้าย คือ 25 ppt, 30 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt) ส่วนอัตราพิการของหอยลายที่พัฒนาจาก trochophore จนถึงระยะ D-shape สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.2 ก.4) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt, 15 ppt มีอัตราพิการสูงสุด และกลุ่มสุดท้าย คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 30 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt)

4.1.1.3 การเติบโตด้านความสูงเปลือก

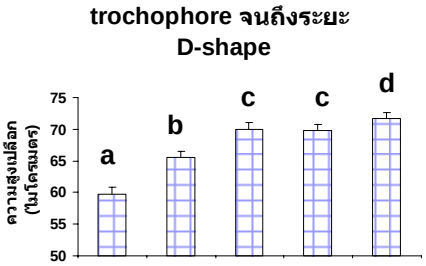
สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt) มีความสูงสูงสุด กลุ่มที่สอง คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำ 25 ppt และ 30 ppt มีความสูงเปลือกรองลงมา กลุ่มที่สาม คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีความสูงเปลือกต่ำสุด คือหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.2 ข.1)

4.1.1.4 การเติบโตด้านความยาวเปลือก

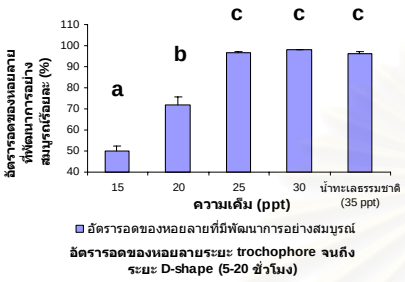
สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.1 ข.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (35 ppt) และ 30 ppt มีความยาวเปลือก



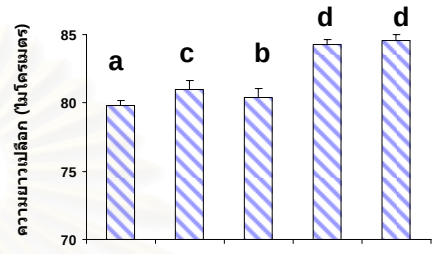
(ก.1)



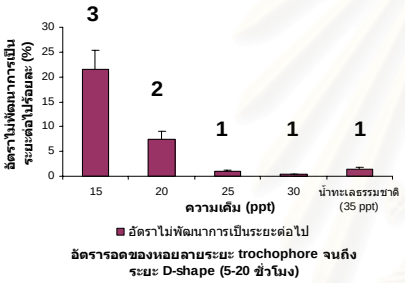
(ข.1)



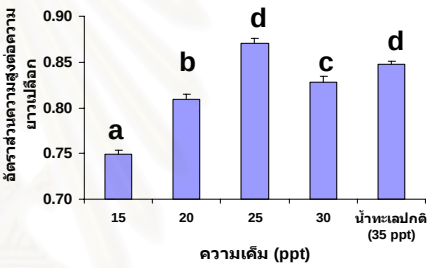
(ก.2)



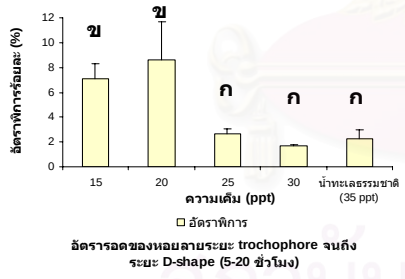
(ข.2)



(ก.3)



(ข.3)



(ก.4)

หมายเหตุ * ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 4.2 อัตรารอดและการเติบโตของหอยลาย ระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape

ก.1 อัตรารอดโดยรวมของหอยลาย

ก.2 อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

ก.3 อัตราไม่พัฒนาเป็นระยะ D-shape ของหอยลาย

ก.4 อัตราพิการของหอยลาย

ข. การเติบโตของหอยลาย ด้านอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือก (ข.1) ความสูงเปลือก (ข.2) และความยาวเปลือก (ข.3)

สูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่สอง ที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt ซึ่งสูงกว่าหอยลายกลุ่มที่สาม ที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีความยาวเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด คือหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt

4.1.1.5 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape

สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.1 ข.3) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt) และ 25 ppt มีอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกสูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่ 2 ที่เลี้ยงในความเค็ม30 ppt ซึ่งสูงกว่าหอยลายกลุ่มที่ 3 ที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือกต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงความเค็ม 15 ppt

4.1.2 การทดลองที่ 2 ตัวอ่อนหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger

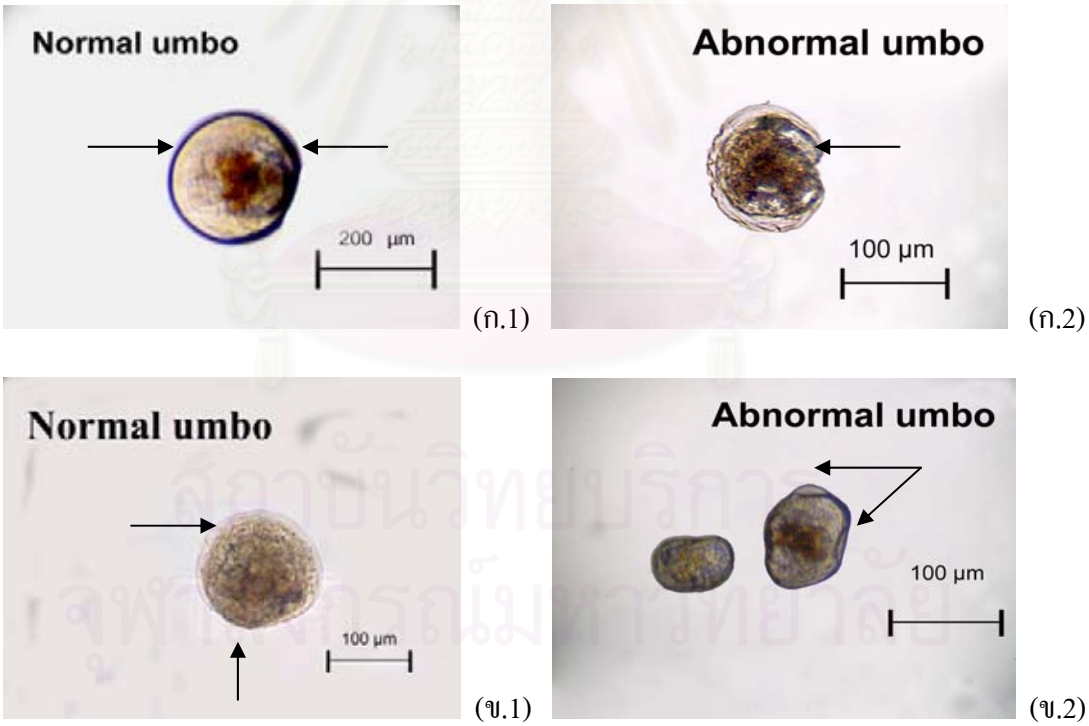
4.1.2.1 หอยลายระยะ D–shape จนถึงระยะ umbo

4.1.2.1.1 พัฒนาการของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo

พัฒนาการของหอยลายระยะ D-shape ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันจาก 35 ppt เป็น 15 ppt นาน 4 วัน พบว่าสามารถพัฒนาการถึงระยะ umbo ได้ และมีพัฒนาการเพื่อใช้ velum ในการว่ายน้ำและมีปุ่ม 2 ปุ่ม โค้งนูนขึ้นมาบริเวณบานพับ แต่ยังไม่มีการสร้างช่องว่างภายในตัว (รูปที่ 4.3 ก.1, ข.1) ทั้งนี้พบตัวพิการที่มีรูปทรงผิดปกติที่เกิดขึ้นในระยะแรกของการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน และที่บริเวณขอบเปลือกที่สร้างใหม่บานออกด้านนอกเมื่อหอยลายอยู่ในความเค็มที่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานานขึ้น (รูปที่ 4.3 ก.2, ข.2) โดยพบว่าในความเค็ม 15 ppt หอยลายมีอัตราพิการโดยรวมเท่ากับ 3 % ในขณะที่หอยลายที่เลี้ยงที่ระดับความเค็มอื่นๆ มีการพัฒนาของหอยลายเหมือนกับในหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt แต่พบตัวพิการในปริมาณน้อยกว่า (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 พัฒนาการของตัวอ่อนหอยลายในระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo

ความเค็ม	อายุ (วัน)	รายละเอียด
15 ppt	5	พัฒนาจาก D-shape เป็น umbo ใช้ velum ในการว่ายน้ำ และมีปุ่ม 2 ปุ่มโค้งนูนขึ้นมาบริเวณบานพับ พบตัวพิการ มีขอบเปลือกที่สร้างใหม่ บานออกด้านนอก
20 ppt	5	พัฒนาจาก D-shape เป็น umbo ใช้ velum ในการว่ายน้ำ และมีปุ่ม 2 ปุ่มโค้งนูนขึ้นมาบริเวณบานพับ พบตัวพิการเช่นกัน แต่ในปริมาณและความรุนแรงของอาการน้อยกว่า 15 ppt
25 ppt	5	พัฒนาจาก D-shape เป็น umbo ใช้ velum ในการว่ายน้ำ และมีปุ่ม 2 ปุ่มโค้งนูนขึ้นมาบริเวณบานพับ
30 ppt	5	
35 ppt	5	
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	5	



รูปที่ 4.3 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo
หอยลายระยะ D-shape ที่พัฒนาปกติโดยมี umbo และขอบเปลือกสมบูรณ์และยังไม่มีช่องว่างในลำตัว ดังแสดงบริเวณในรูป (ก.1, ข.1) เปรียบเทียบกับหอยลายที่มีการพัฒนาผิดปกติบริเวณ umbo และขอบเปลือกที่ขรุขระและผิดรูปทรง (ก.2, ข.2)

4.1.2.1.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ D–shape จนถึงระยะ umbo

สามารถแบ่งหอยลายตามอัตรารอดโดยรวมออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.4 ก.1) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt) มีอัตรารอดโดยรวมสูงสุด กลุ่มที่สอง คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และ 30 ppt ทั้งนี้หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt เป็นกลุ่มที่อยู่คาบเกี่ยวระหว่าง 2 กลุ่มข้างต้น กลุ่มสุดท้ายที่มีอัตรารอดโดยรวมต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt

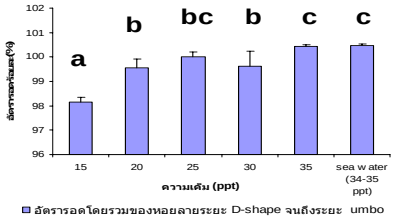
สำหรับอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ (34-35 ppt) มีอัตรารอดสูงสุด หอยลายกลุ่มที่ 2 ที่มีอัตรารอดรองลงมา คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt, 20 ppt, 25 ppt และหอยลายที่มีอัตรารอดต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.4 ก.2) ทั้งนี้ทุกกลุ่มมีอัตรารอดสูงกว่า 90%

ส่วนอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไปของลูกหอย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.4 ก.3) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt และ 30 ppt มีอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไปสูง และกลุ่มสุดท้ายที่มีอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไปต่ำ คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (34-35 ppt)

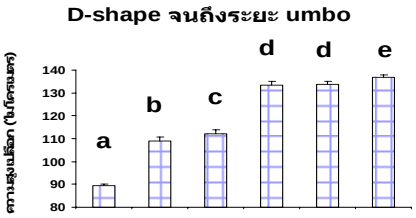
อัตราพิการของหอยลายที่พัฒนาจากระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.3 ก.4) ที่เป็นไปในทางตรงข้ามกับอัตรารอด โดยหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt เป็นกลุ่มที่มีอัตราพิการมากที่สุด

4.1.2.1.3 การเติบโตด้านความสูงเปลือกของหอยลาย

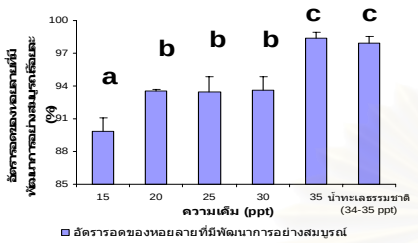
สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติมีความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และ 30 ppt กลุ่มที่สาม คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt ถัดมา คือ กลุ่มที่สี่ ที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีความสูงเปลือกต่ำสุด คือหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.4 ข.1)



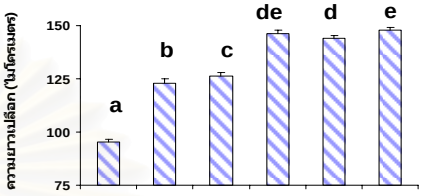
(ก.1)



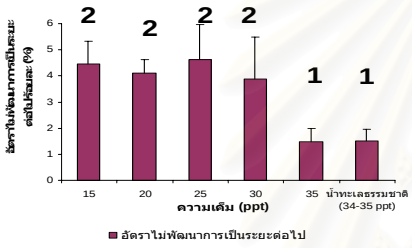
(ข.1)



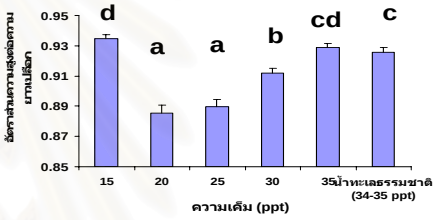
(ก.2)



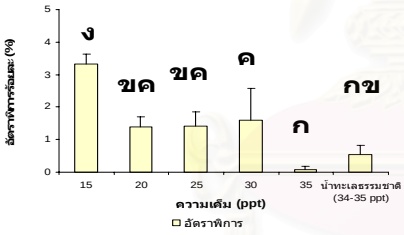
(ข.2)



(ก.3)



(ข.3)



(ก.4)

หมายเหตุ * ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 4.4 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo

ก.1 อัตรารอดโดยรวมของหอยลาย

ก.2 อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

ก.2 อัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะ umbo

ก.2 อัตราพิการของหอยลาย

ข.1 การเติบโตของหอยลายด้านความสูงเปลือก

ข.2 การเติบโตของหอยลายด้านความยาวเปลือก

ข.3 การเติบโตของหอยลายด้านอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือก

4.1.2.1.4 การเติบโตด้านความยาวเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ มีความยาวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็มน้ำ 35 ppt โดยมีหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt อยู่คาบเกี่ยวระหว่างสองกลุ่มแรก ถัดมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt และกลุ่มที่สี่ คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีความสูงเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด คือหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.3 ข.2)

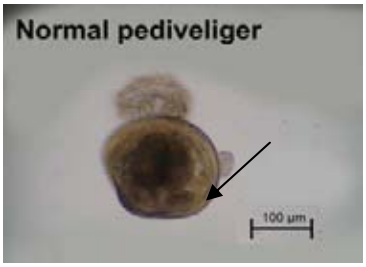
4.1.2.1.5 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.4 ข.3) โดยกลุ่มแรกที่มีการสร้างเปลือกผิดสัดส่วนมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลาย คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt หอยลายกลุ่มที่สอง คือหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติ (34-35 ppt) โดยที่หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt มีความคาบเกี่ยวระหว่างหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt) หอยลายกลุ่มที่สาม คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt และกลุ่มสุดท้าย คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt และ 20 ppt มีอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกต่ำสุด อย่างไรก็ตามพบว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt แม้จะมีอัตราอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายสูงที่สุด แต่เป็นกลุ่มที่มีความสูงและความยาวเปลือกต่ำที่สุด

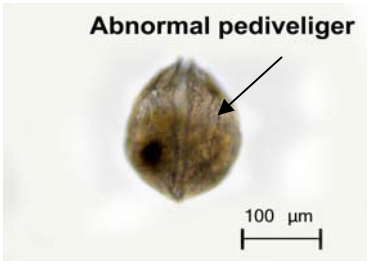
4.1.2.2 หอยลายระยะ D–shape จนถึงระยะ pediveliger

4.1.2.2.1 พัฒนาการของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger

พัฒนาการของหอยลายระยะ D-shape ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน จากความเค็ม 35 ppt เป็น 15 ppt จนถึงระยะ pediveliger นาน 7 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างของหอยลายที่เลี้ยงในแต่ละความเค็ม ที่มีลักษณะโดยทั่วไป คือ มีการพัฒนาช่องว่างของลำตัว พัฒนาเท้าแต่เก็บไว้ภายในขณะที่ยังใช้ velum ต่อมาเมื่อว่ายน้ำมีการยื่นเท้าออกมาภายนอกตัวด้วย และเริ่มลงพื้นเป็นระยะสั้นแต่ยังมีการพัดโบกของ cilia แต่อย่างไรก็ตามก็ยังพบหอยลายพิการที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ หอยลายพิการจะมีขอบเปลือกที่ขรุขระ ซึ่งต่างกับหอยลายที่พัฒนาได้อย่างปกติ ดังรูปที่ 4.5



(ก.)



(ข.)

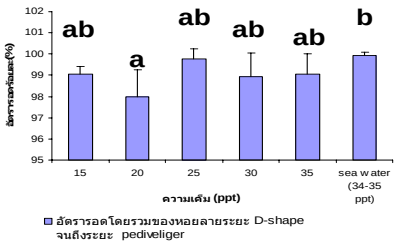
รูปที่ 4.5 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo
หอยลายระยะ D-shape ที่พัฒนาปกติ (ก.) เปรียบเทียบกับหอยลายที่มีการพัฒนาผิดปกติโดยมีขอบเปลือกที่ขรุขระ (ข.)

4.1.2.2.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ D–shape จนถึงระยะ pediveliger

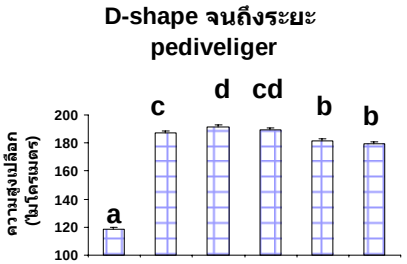
อัตรารอดโดยรวมของหอยลาย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt) ซึ่งมีอัตรารอดสูงกว่า กลุ่มที่สองที่มีอัตรารอดโดยรวมของหอยลายต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt ทั้งนี้หอยลายในความเค็มอื่นมีอัตรารอดโดยรวมไม่แตกต่างจากหอยลายกลุ่มที่กล่าวข้างต้น (รูปที่ 4.6 ก.1)

อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มธรรมชาติ (34-35 ppt) และในความเค็ม 35 ppt และ 25 ppt ซึ่งมีอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์สูงสุด ส่วนกลุ่มที่มีอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.6 ก.2) และมีความเค็มหลายระดับที่ถูกจัดในหลายกลุ่มที่แยกไว้ เช่น อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ที่ความเค็ม 30 ppt ไม่แตกต่างจากอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ที่ความเค็ม 35 ppt และ 25 ppt ซึ่งถูกจัดเป็นความเค็มในกลุ่มแรก แต่แตกต่างจากอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ที่ความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติซึ่งถูกจัดเป็นความเค็มในกลุ่มแรกเช่นกัน

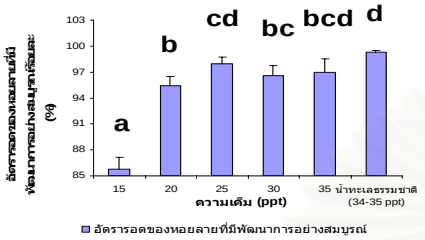
หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไปและอัตราพิการของหอยลายมีค่าสูงที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ในระยะ umbo ที่พัฒนาการเป็น pediveliger (รูปที่ 4.6 ก.3 และ ก.4)



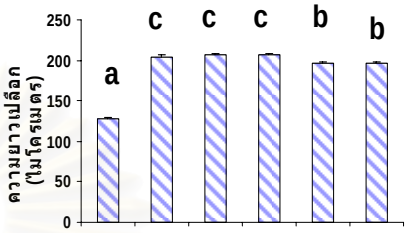
(ก.1)



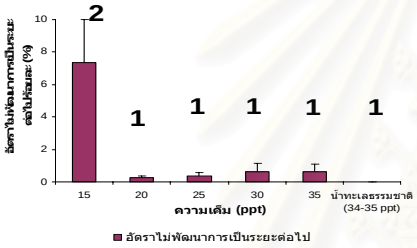
(ข.1)



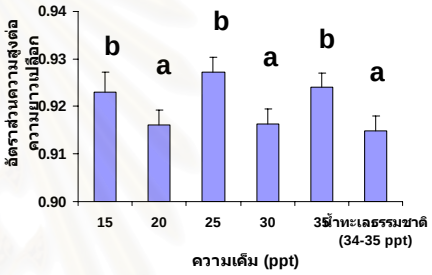
(ก.2)



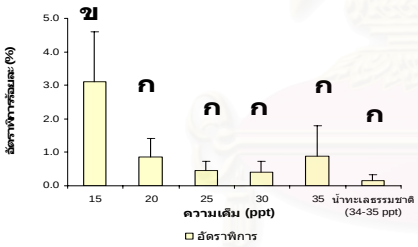
(ข.2)



(ก.3)



(ข.3)



(ก.4)

หมายเหตุ * ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 4.6 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ D-shape พัฒนาจนถึงระยะ pediveliger

ก.1 อัตรารอดโดยรวมของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger

ก.2 อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

ก.3 อัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะ pediveliger

ก.4 อัตราพิการของหอยลาย

ข.1 การเติบโตของหอยลาย ด้านความสูงเปลือก

ข.1 การเติบโตของหอยลาย ด้านความยาวเปลือก

ข.3 การเติบโตของหอยลาย ด้านอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือก

4.1.2.2.3 การเติบโตด้านความสูงเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่สองที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt (รูปที่ 4.5 ข.1) โดยหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt นั้นอยู่คาบเกี่ยวระหว่างหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt และ 20 ppt หอยลายกลุ่มที่สามที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และเลี้ยงที่น้ำทะเลในธรรมชาติ และกลุ่มสุดท้ายที่มีความสูงเปลือกต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt

4.1.2.2.4 การเติบโตด้านความยาวเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.5 ข.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt, 25 ppt และ 20 ppt มีการเติบโตด้านความยาวเปลือกมากที่สุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่สอง ที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (34-35 ppt) และกลุ่มสุดท้ายที่มีความยาวเปลือกต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt

4.1.2.2.5 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger

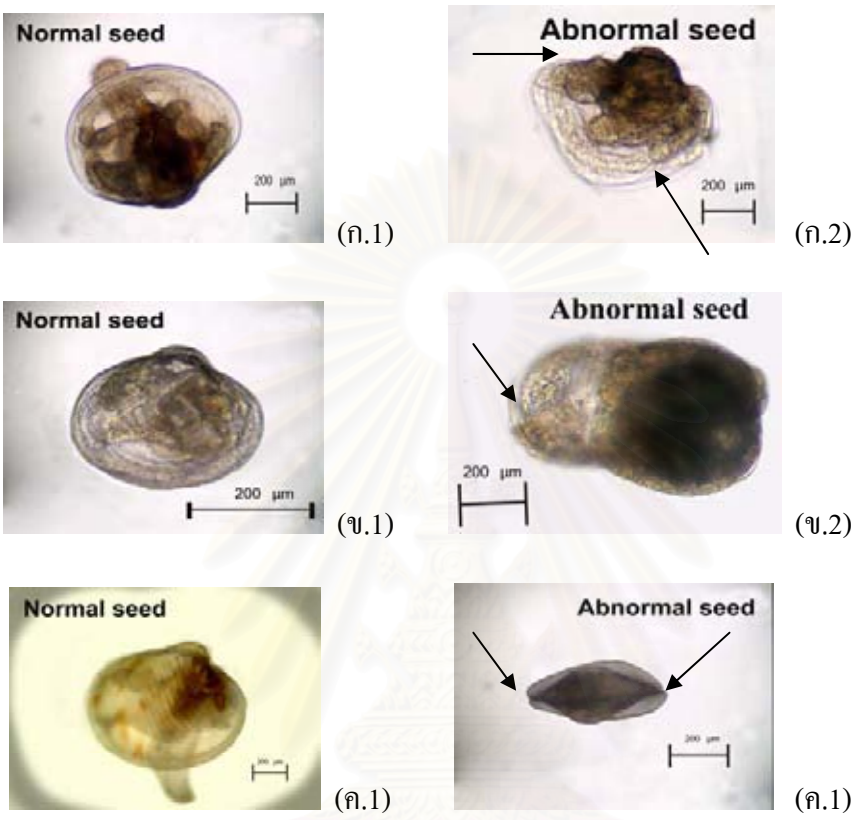
สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.5 ข.3) โดยกลุ่มแรกที่มีอัตราส่วนค่ามากที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 35 ppt และ 15 ppt กลุ่มที่สองที่มีอัตราส่วนค่าน้อยที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลในธรรมชาติและ 20 ppt และ 30 ppt โดยการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายในระยะนี้ ไม่สอดคล้องกับการเติบโตทั้งด้านความสูงและความยาวเปลือก

4.1.3 การทดลองที่ 3 ตัวอ่อนหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed

4.1.3.1 พัฒนาการของตัวอ่อนของหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed

พัฒนาการของหอยลายระยะ pediveliger ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันจาก 34 ppt เป็น 15 ppt จนพัฒนาเป็น seed ในช่วงต้นเริ่มมีการหลุดของ cilia บริเวณปลาย velum ที่ใช้ในการว่ายน้ำ และเริ่มลงพื้นเป็นระยะสั้น แต่ยังมีการพัดโบกของ cilia จนกระทั่ง cilia หมด มีพัฒนาการของอวัยวะภายในเหมือนตัวโตเต็มวัยและพัฒนาเหงือกขึ้นมาอย่างเห็นได้ชัด โดยมีซี่กรอง 3-18 ซี่กรอง เริ่มสังเกตเห็นลวดลายบนเปลือกหอย โดยสร้างบริเวณด้านหน้าของ umbo ก่อน ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ที่สูงขึ้นจนถึง 35 ppt มีพัฒนาการไม่แตกต่างกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt แต่มีการพัฒนาที่เร็วกว่า และมีซี่กรองมากกว่า คือ12-18 ซี่กรอง

ในการทดลองระยะนี้พบว่าหอยลายที่พิการมีเปลือกเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม หรือ มีลักษณะโป่งบริเวณขอบเปลือกและไม่สามารถปิดสนิทได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

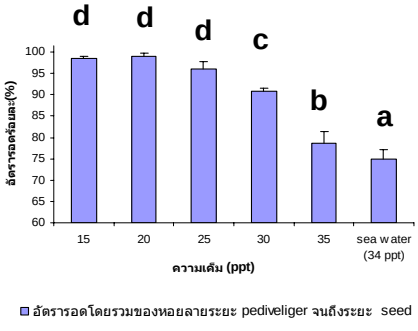


รูปที่ 4.7 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed
หอยลายระยะ D-shape ที่พัฒนาปกติ (ก.1, ข.1, ค.1) เปรียบเทียบกับหอยลายที่มีการพัฒนาผิดปกติด้านโครงสร้างและรูปทรงของเปลือก (ก.2, ข.2, ค.2)

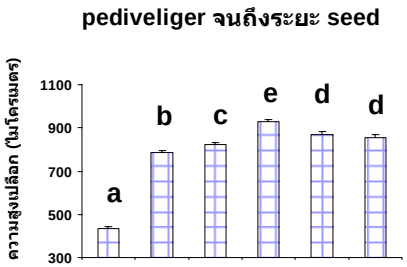
4.3.1.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed

อัตรารอดโดยรวมของหอยลาย สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt, 20 ppt และ 25 ppt มีอัตรารอดโดยรวมสูงกว่า 95% กลุ่มที่สอง คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt กลุ่มที่ 3 คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt ที่มีอัตรารอดโดยรวมรองลงมา และกลุ่มสุดท้าย คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt) มีอัตรารอดโดยรวมต่ำสุด (รูปที่ 4.8 ก.1)

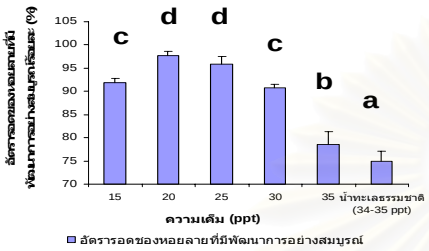
อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับอัตรารอดโดยรวมของหอยลาย เพียงแต่หอยลายที่เลี้ยง



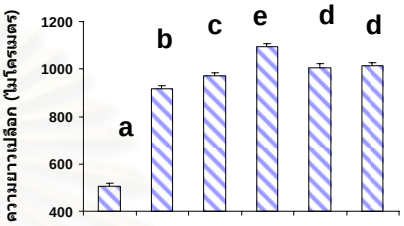
(ก.1)



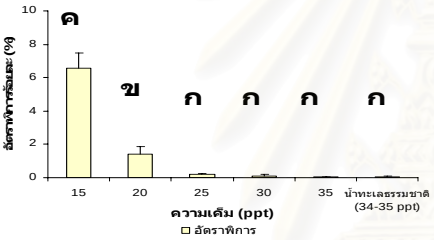
(ข.1)



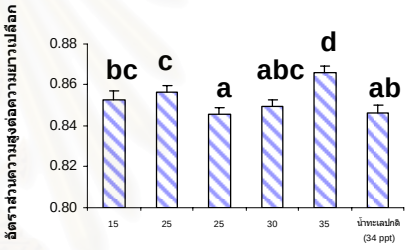
(ก.2)



(ข.2)



(ก.3)



(ข.3)

หมายเหตุ * ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 4.8 อัตรารอด และการเติบโตของหอยลาย ระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed

ก.1 อัตรารอดโดยรวมของหอยลาย

ก.2 อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

ก.3 อัตราพิการของหอยลาย

ข.1 การเติบโตของหอยลายด้านความสูงเปลือก

ข.2 การเติบโตของหอยลายด้านความยาวเปลือก

ข.3 การเติบโตของหอยลายด้านอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือก

ในความเค็ม 15 ppt ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt ที่มีอัตรารอดที่พัฒนาอย่างปกติสูงรองจากกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และ 25 ppt (รูปที่ 4.8 ก.2)

อัตราพิการของหอยลายที่พัฒนาจาก pediveliger จนถึงระยะ seed สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.8 ก.3) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ที่มีอัตราพิการสูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความ เค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีอัตราพิการต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 30 ppt, 35 ppt และหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มธรรมชาติ (34 ppt)

4.1.3.3 การเติบโตด้านความสูงและความยาวเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt มีอัตราการเติบโตด้านความสูงและความยาวเปลือกมากที่สุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (34 ppt) ซึ่งสูงกว่าหอยลายกลุ่มที่ 3 ที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt ถัดมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีการเติบโตด้านความสูงและความยาวเปลือกน้อยที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.8 ข.1 และ ข.2)

4.1.3.4 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.7 ข.3) โดยกลุ่มแรกที่มีอัตราส่วนสูงที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงความเค็ม 35 ppt รองลงมา คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มที่มีอัตราส่วนต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt ทั้งนี้มีหลายระดับความเค็มที่อยู่คาบเกี่ยวระหว่าง 3 กลุ่ม เช่น หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt ที่แตกต่างกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt แต่ไม่แตกต่างกับหอยลายที่ความเค็มระดับอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 การทดลองที่ 4 ตัวอ่อนหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่นอายุ 90 วัน

4.1.4.1 หอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 30 วัน

4.1.4.1.1 พัฒนาการของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 30 วัน

พบว่าหอยลายระยะ seed ที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน จากความเค็ม 34 ppt เป็น 15 ppt มีอัตราการตายสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับความเค็มระดับอื่นๆ ในช่วงต้น หอยลายที่สามารถทนทานได้มีการสร้างเปลือกหนาขึ้นจนไม่สามารถเห็นอวัยวะภายใน สังเกตลวดลายบนเปลือกได้ชัดเจน แต่ลวดลายบนเปลือกมีพัฒนาการต่ำกว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ เช่นเดียวกับความไวในการตอบสนองของหอยลายเมื่อรับสัมผัส

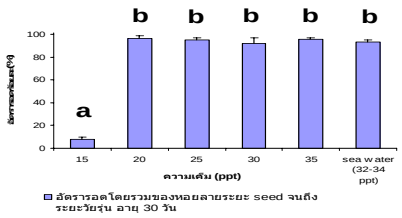
4.1.4.1.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 30 วัน

อัตรารอดโดยรวมของหอยลายและอัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ในระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 30 วัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt, 35 ppt, 25 ppt, 30 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (32-34 ppt) มีอัตรารอดที่แตกต่างจากหอยที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.9 ก.1 และ ก.2)

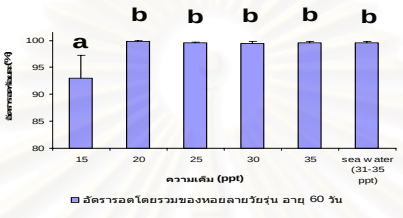
นอกจากนี้ในช่วงต้นการทดลอง พบว่ามีการตายของหอยลายซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; ภาคผนวก ก.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราตายสูงสุด (หอยลายมีอัตราการตายสูงในชั่วโมงที่ 123 จากเวลาเริ่มต้นการทดลอง) กลุ่มที่สอง คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มระดับอื่นๆ อย่างไรก็ตามอัตราตายของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกันในช่วงสิ้นสุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$; ภาคผนวก ก.2)

4.1.4.1.3 การเติบโตด้านความสูงเปลือก

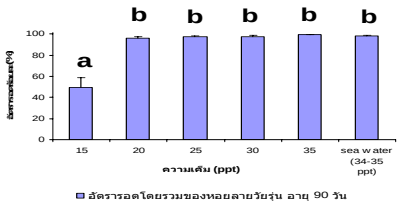
สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt , 25 ppt, 30 ppt, 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (32-34 ppt) มีการเติบโตด้านความสูงเปลือกแตกต่างจากหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.10 ก.1)



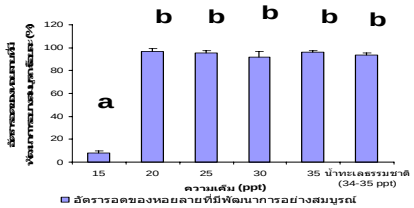
(ก.1)



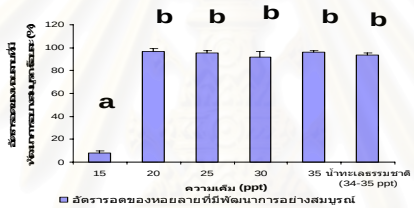
(ข.1)



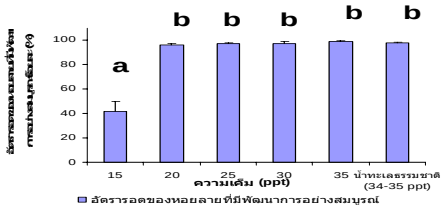
(ค.1)



(ก.2)

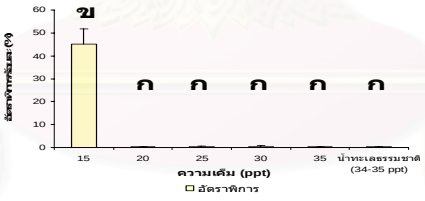


(ข.2)

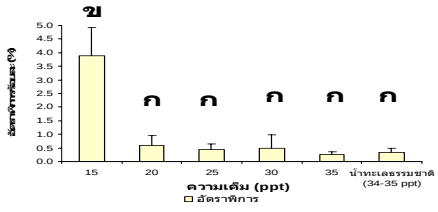


(ค.2)

หมายเหตุ* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน
ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



(ข.3)



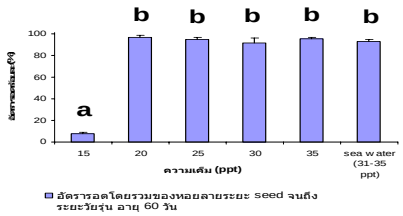
(ค.3)

รูปที่ 4.9 อัตรารอดของหอยลาย ระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน

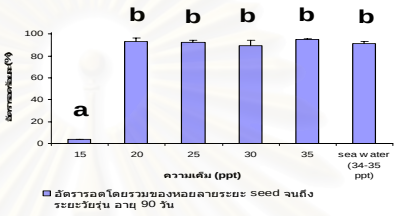
หอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 30 วัน; ก.1 อัตรารอดโดยรวม ก.2. อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์

หอยลายระยะวัยรุ่น อายุ 31-60 วัน; ข.1 อัตรารอดโดยรวม ข.2. อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ ข.3 อัตราพิการ

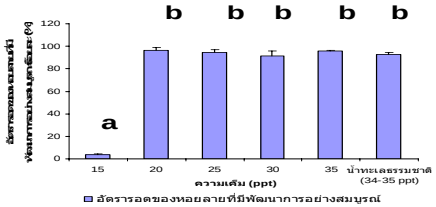
หอยลายระยะวัยรุ่น อายุ 61-90 วัน; ค.1 อัตรารอดโดยรวม ค.2. อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ ค.3 อัตราพิการ



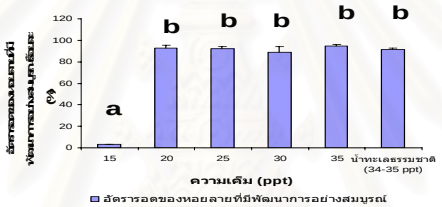
(ง.1)



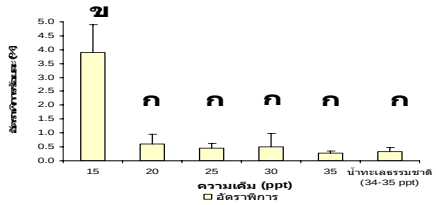
(จ.1)



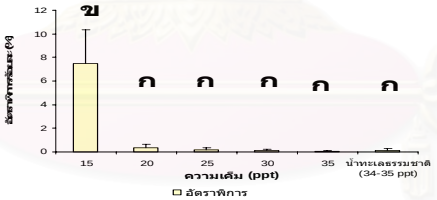
(ง.2)



(จ.2)



(ง.3)



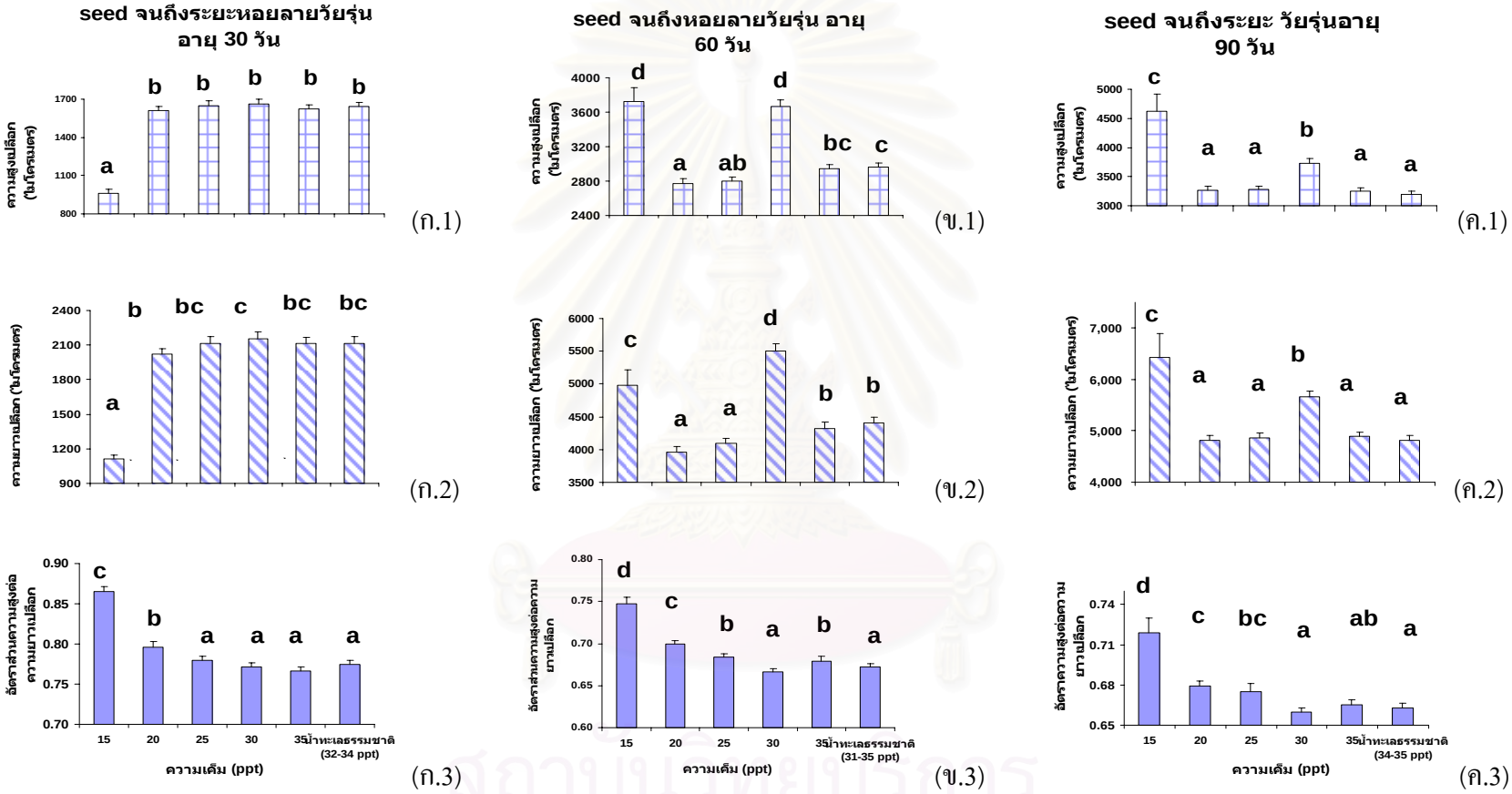
(จ.3)

รูปที่ 4.9 อัตรารอดของหอยลาย ระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน

หอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 60 วัน; ง.1 อัตรารอดโดยรวม ง.2. อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ ง.3 อัตราพิการ

หอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน; จ.1 อัตรารอดโดยรวม จ.2. อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ จ.3 อัตราพิการ

หมายเหตุ* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.10 การเติบโตของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 30 วัน (ก.), 60 วัน (ข.) และ 90 วัน (ค.) ในด้านความสูงเปลือก (ก.1, ข.1, ค.1) และความยาวเปลือก (ก.2, ข.2, ค.2) และอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือก (ก.3, ข.3, ค.3) (หมายเหตุ* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในกราฟเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ)

4.1.4.1.4 การเติบโตด้านความยาวเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.10 ก.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt มีความยาวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่สอง ที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt โดยหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 35 ppt และความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (32-34 ppt) นั้นอยู่คาบเกี่ยวระหว่างหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และ 30 ppt ส่วนกลุ่มที่มีการเติบโตด้านความยาวเปลือกที่ต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt

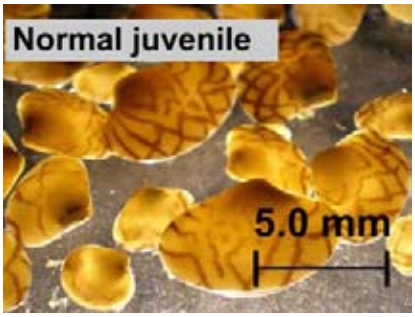
4.1.4.1.5 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 30 วัน

สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.10 ก.3) โดยกลุ่มแรกที่มีอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือกสูงที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงความเค็ม 15 ppt รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีการเติบโตต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 30 ppt และ 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (32-34 ppt)

4.1.4.2 หอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน

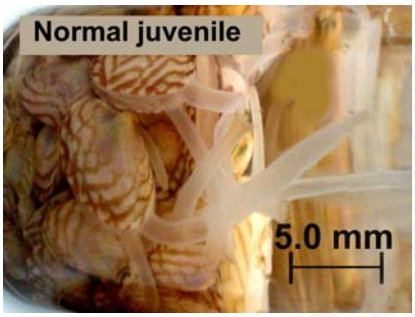
4.1.4.2.1 พัฒนาการของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน

พัฒนาการของหอยลายระยะ seed ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน จากน้ำทะเลในธรรมชาติที่ความเค็ม 34 ppt เป็นความเค็ม 15 ppt พบว่ามีการสร้างเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และสังเกตเห็นลวดลายที่แตกต่างระหว่างหอยชุดเดียวกัน นอกจากนี้พบว่าหอยลายที่มีเปลือกที่เคยพิการ สามารถสร้างเปลือกปกติในระยะต่อมา แต่ยังเห็นรอยของเปลือกพิการในอดีต (ภาพที่ 4.11 ก.2) มีความไวต่อการรับสัมผัส ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มระดับอื่นๆ ที่สูงขึ้นจนถึง 35 ppt มีพัฒนาการที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละความเค็ม โดยหอยลายจะสร้างเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น (90 วัน) (รูปที่ 4.11 ข.2) และสังเกตเห็นลวดลายที่แตกต่างระหว่างหอยชุดเดียวกันได้อย่างชัดเจน ทั้งมีความไวต่อการรับสัมผัส

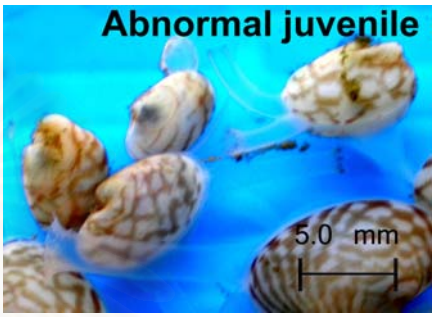


(ก.1)

(ก.2)



(ข.1)



(ข.2)

รูปที่ 4.11 พัฒนาการของหอยลาย ระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น
ลักษณะหอยลายระยะวัยรุ่น อายุ 60 วัน (ก.1) และ 90 วัน (ข.1) ที่มีพัฒนาการปกติ เปรียบเทียบกับหอยลายระยะวัยรุ่น อายุ 60 วัน (ก.2) และ 90 วัน (ข.2) ที่มีพัฒนาการผิดปกติ

4.1.4.2.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน และอัตรารอดของหอยลายระยะ 31-60 วัน

อัตรารอดโดยรวมของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (รูปที่ 4.9 ง.1) และอัตรารอดของหอยลายระยะ 30-60 วัน (รูปที่ 4.9 ข.2) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt อีกกลุ่ม คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่น อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์จากระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (รูปที่ 4.19 ง.2) และในระยะ 31-60 วัน (รูปที่ 4.9 ข.2) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในลักษณะเช่นเดียวกัน ทั้งนี้หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.8 ง.2) ที่มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์เพียง $3.81 \pm 0.78\%$ ในระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 31- 60 วัน และมีอัตรารอดที่พัฒนาอย่างปกติของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน คือ $48.11 \pm 7.31\%$ ส่วนความเค็มอื่นๆ มีอัตราสูงกว่า 99%

อัตราพิการและอัตราตายของหอยลายที่พัฒนาจาก seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; ภาคผนวก ก.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราพิการมากที่สุด (รูปที่ 4.9 ง.3) โดยอีกกลุ่ม คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆที่สูงขึ้นจนถึง 35 ppt เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราพิการและอัตราตายของหอยลายในระยะวัยรุ่น อายุ 31-60 วัน (รูปที่ 4.9 ข.3) ที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอัตราพิการและอัตราตายสูงสุด พบว่ามีอัตราพิการสูงถึง $44.95 \pm 6.83\%$ ในขณะที่มีอัตราตายเพียง $6.94 \pm 4.17\%$

4.1.4.2.3 การเติบโตด้านความสูงเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$;รูปที่ 4.10 ข.1) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt และ 30 ppt มีการเติบโตด้านความสูงเปลือกสูงสุด และกลุ่มสุดท้ายที่มีการเติบโตด้านความสูงเปลือกน้อยที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และ 25 ppt โดยมีความเค็มหลายระดับที่ถูกจัดในหลายกลุ่มที่แยกไว้ เช่น การเติบโตด้านความสูงเปลือกของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt ที่ไม่แตกต่างกับความสูงเปลือกของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt ที่มีการเติบโตในกลุ่มที่ต่ำสุด และไม่แตกต่างกับความเค็ม 35 ppt ซึ่งถูกจัดเป็นความเค็มในกลุ่มที่ 2 แต่แตกต่างจากการเติบโตของความสูงเปลือกที่ความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติซึ่งถูกจัดเป็นความเค็มในกลุ่มที่ 2 เช่นกัน

4.1.4.2.4 การเติบโตด้านความยาวเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.10 ข.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt มีการเติบโตด้านความยาวเปลือกสูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่สอง ที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ซึ่งสูงกว่าหอยลายกลุ่มที่ 3 ที่เลี้ยงในน้ำทะเลในธรรมชาติ (31-35 ppt) และ 35 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีความยาวเปลือกน้อยที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt และ 20 ppt

4.1.4.2.5 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 60 วัน

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.10 ข.3) โดยกลุ่มแรกมีอัตราส่วนค่ามากที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt หอยลายกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt และ 35 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือกต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt และหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มน้ำทะเลธรรมชาติ (31-35 ppt) ในการทดลองระยะนี้พบว่า

หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราส่วนที่ผิดปกติ แม้ว่าจะมีการเติบโตด้านความสูงและความยาวเปลือก (4.1.4.2.3, 4.1.4.2.4) ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีอัตราสูงที่สุดก็ตาม

4.1.4.3 หอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน

4.1.4.3.1 พัฒนาการของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน

พัฒนาการของหอยลายระยะ seed ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน จากน้ำทะเลในธรรมชาติที่ความเค็ม 34 ppt เป็น 15 ppt นาน 72 วัน พบว่ามีการสร้างเปลือกหอยเพิ่มขึ้นตามเวลา และสังเกตเห็นลวดลายที่แตกต่างระหว่างหอยชุดเดียวกัน สำหรับหอยที่เคยมีเปลือกที่แสดงลักษณะพิการ พบว่ามีการสร้างเปลือกปกติในระยะต่อมา แต่ยังเห็นรอยของเปลือกพิการในอดีต อย่างไรก็ตามในกรณีที่หอยมีความพิการมาก เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นหอยลายมีการสร้างเปลือกต่อจากเปลือกเดิมที่พิการ จึงมีลักษณะพิการเช่นเดิม แต่ขนาดลำตัวเพิ่มขึ้น และหอยลายมีความไวต่อการรับสัมผัสไม่แตกต่างกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ที่มีความเค็มสูงขึ้นจนถึง 35 ppt มีการพัฒนาไม่แตกต่างกันในแต่ละความเค็ม โดยหอยลายจะพัฒนาตัวโดยสร้างเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สังเกตเห็นลวดลายที่แตกต่างระหว่างหอยชุดเดียวกัน

4.1.4.3.2 อัตรารอดของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน และอัตรารอดของหอยลายระยะ 61-90 วัน

อัตรารอดโดยรวมของหอยลาย และอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน และหอยลายระยะ 60-90 วัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.9 ค.1 และ จ.1) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt, 20 ppt, 25 ppt, 30 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (34-35 ppt) ที่มีอัตราสูง และกลุ่มสุดท้ายที่อัตราต่ำสุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt (รูปที่ 4.9 ค.2 และ จ.2) โดยหอยลายมีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์จากระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน เพียง $3.03 \pm 0.40\%$ ในขณะที่อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์จากระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 61-90 วัน สูงถึง $42.01 \pm 7.70\%$

อัตราพิการของหอยลายที่พัฒนาจากระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน โดยหอยลายที่เลี้ยงในทุกความเค็มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$; รูปที่ 4.9 จ.3) ส่วนอัตราตายของหอยลาย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; ภาคผนวก ก.2) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราตายสูงสุด และกลุ่มสุดท้าย คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มระดับอื่นๆ ที่สูงขึ้นไปจนถึง 35 ppt ที่มีอัตราตายต่ำสุดและไม่แตกต่างกัน ส่วน

อัตราพิการและอัตราตายของหอยลายระยะวัยรุ่น อายุ 61-90 วัน พบว่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$;รูปที่ 4.9 ค.3 และภาคผนวก ก.2) เช่นกัน โดยที่หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราพิการลดลงเหลือเพียง $7.47 \pm 2.89\%$ ในขณะที่มีอัตราตายเพิ่มสูงถึง $50.52 \pm 9.21\%$ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราพิการและอัตราตายของหอยลายวัยรุ่น อายุ 31-60 วัน

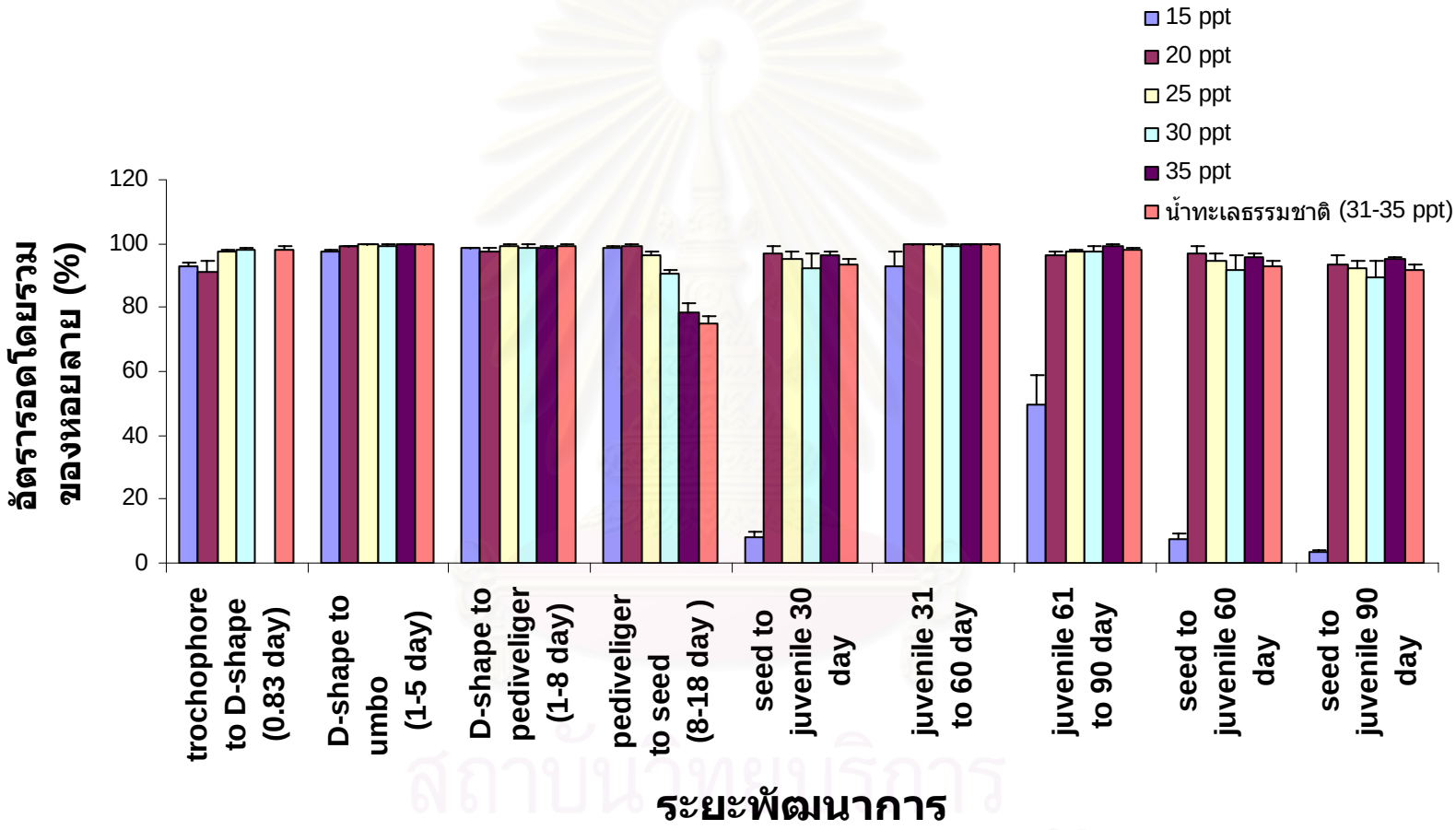
4.1.4.3.3 การเติบโตของหอยลายด้านความสูงและความยาวเปลือก

สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มแรก คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีการเติบโตด้านความสูงเปลือกสูงสุด รองลงมา คือ หอยลายกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีการเติบโตด้านความสูงเปลือกต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 25 ppt, 20 ppt, 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ(34-35 ppt) (รูปที่ 4.10 ค.1 และ ค.2)

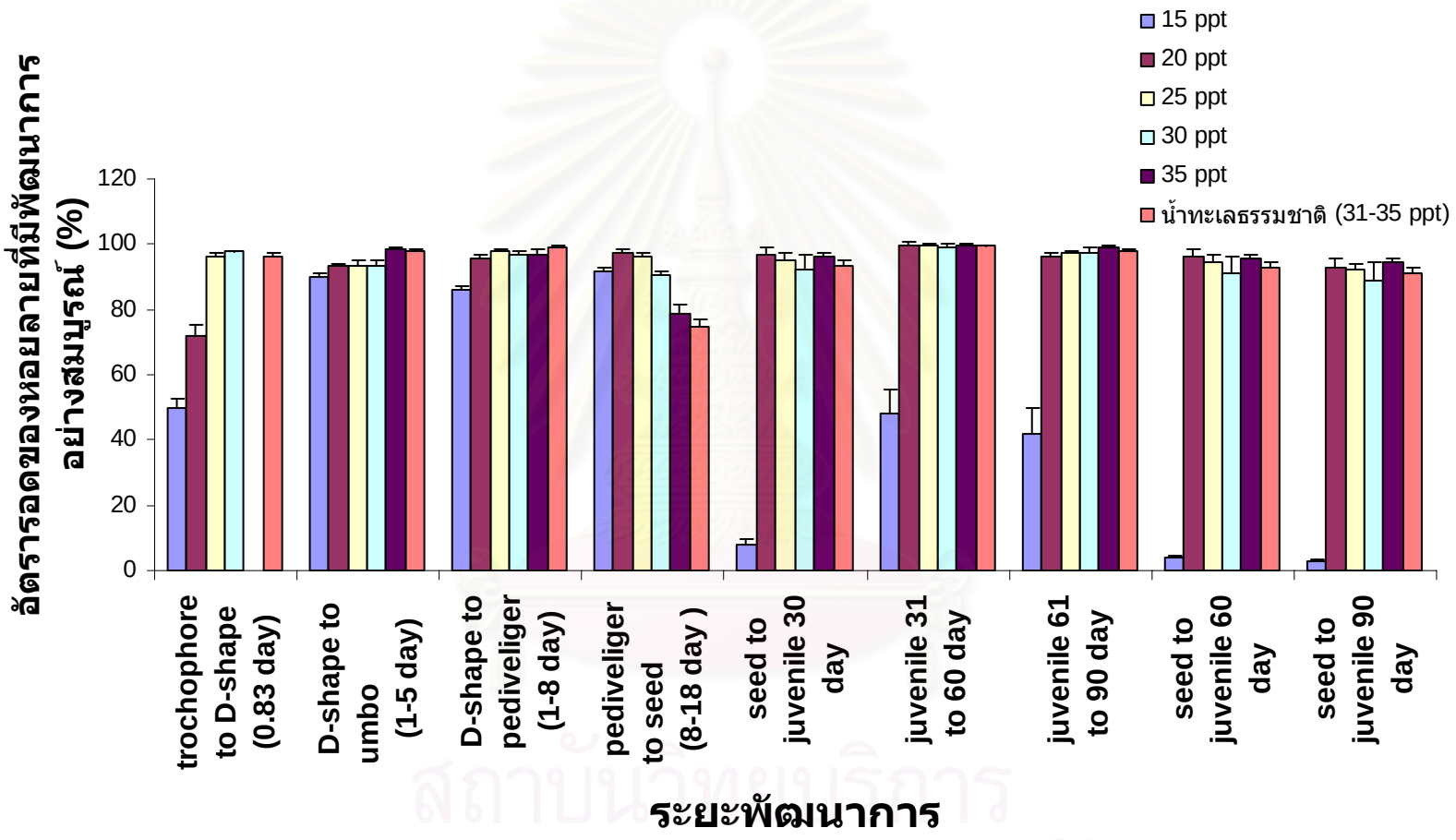
4.1.4.3.4 อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน

สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; รูปที่ 4.10 ค.3) โดยกลุ่มแรกที่มีอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายสูงที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt และกลุ่มสุดท้ายที่มีอัตราการเติบโตต่ำที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt, 35 ppt และน้ำทะเลในธรรมชาติ (34-35 ppt) โดยมีความเค็มหลายระดับที่ถูกจัดในหลายกลุ่มที่แยกไว้ (รูปที่ 4.10 ค.3) เช่น อัตราการเติบโตที่ความเค็ม 25 ppt ไม่แตกต่างกับอัตราการเติบโตที่ความเค็ม 20 ppt ซึ่งถูกจัดเป็นความเค็มในกลุ่มที่ 2 และไม่แตกต่างกับความเค็ม 35 ppt ที่ถูกจัดเป็นความเค็มกลุ่มสุดท้าย แต่แตกต่างกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt และในน้ำทะเลธรรมชาติซึ่งถูกจัดเป็นความเค็มสุดท้ายเช่นกัน นอกจากนี้พบว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายอยู่ในกลุ่มที่สูงสุด ซึ่งเป็นลักษณะที่ผิดปกติ แม้ว่าจะมีการเติบโตด้านความสูงและความยาวเปลือกสูงเช่นเดียวกับหอยลายวัยรุ่น อายุ 31-60 วัน

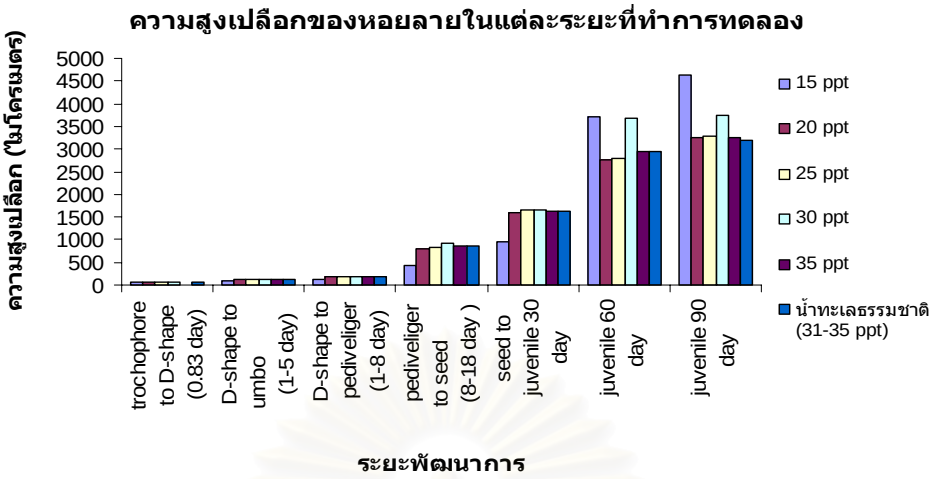
เมื่อพิจารณาอัตรารอดโดยรวมของหอยลาย พบว่าหอยลายที่เลี้ยงในทุกความเค็มทุกระยะมีอัตรารอดโดยรวมสูง ยกเว้นหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ในระยะ seed เป็นต้นไป (รูปที่ 4.12) แต่เมื่อพิจารณาอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ พบว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มต่ำ ในระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape , D-shape จนถึงระยะ pediveliger และระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่นและโตเต็มวัย มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ต่ำ (รูปที่ 4.13) อย่างไรก็ตามในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed การเลี้ยงในความเค็มสูงก็มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ต่ำ เมื่อพิจารณาการเติบโตของความสูงและความยาวเปลือกของหอยลาย พบว่ามีการเติบโตดังรูปที่ 4.14 โดยอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกเพิ่มสูงขึ้น ในระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger และมีค่าลดลงหลังจากระยะ pediveliger เป็นต้นไป



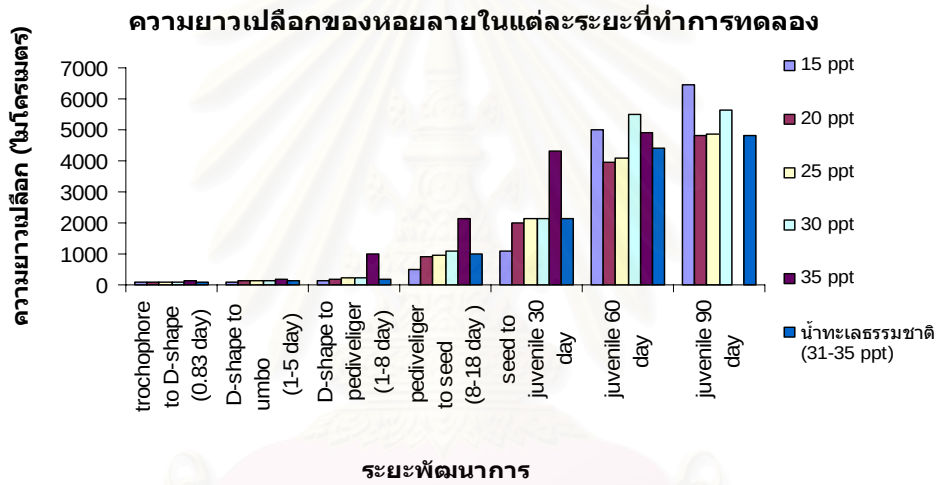
รูปที่ 4.12 อัตรารอดโดยรวมของหอยลายในแต่ละระยะที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน



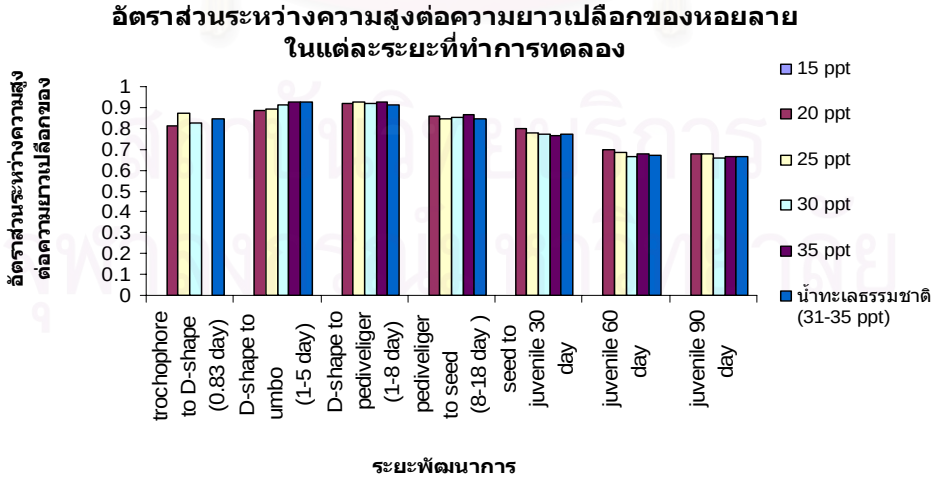
รูปที่ 4.13 อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ ในแต่ละระยะที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน



(ก.1)



(ก.2)



(ก.3)

รูปที่ 4.14 การเติบโตของหอยลายในแต่ละระยะที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน ด้านความสูงเปลือก (ก.1) ด้านความยาวเปลือก (ก.2) ด้านอัตราส่วนระหว่าง ความสูงต่อความยาวเปลือก (ก.3)

4.1.5 การทดลองที่ 5 ความทนทานของหอยลายอายุ 120 วัน

4.1.5.1 อัตรารอดของหอยลายวัยรุ่นอายุ 120 วัน

พบว่าอัตรารอดเฉลี่ย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; ภาคผนวก ก.3) โดยหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มตั้งแต่ 20 ppt ขึ้นไป มีอัตรารอด 100% ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตรารอดเท่ากับ 0 โดยตายในชั่วโมงที่ 39

4.1.6 การทดลองที่ 6 ความทนทานของหอยลายโตเต็มวัย

4.1.6.1 อัตรารอดของหอยลายโตเต็มวัย

พบว่าอัตรารอดเฉลี่ย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; ภาคผนวก ก.4) โดยหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มตั้งแต่ 20 ppt ขึ้นไป มีอัตรารอด 100% ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตรารอดเท่ากับ 0 โดยตายในชั่วโมงที่ 37

4.1.7 การทดลองที่ 7 อัตรารอดของหอยลายที่เลี้ยงด้วยวิธีการปรับลดความเค็มลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปจนถึงความเค็ม 15 ppt

อัตรารอดเฉลี่ยของหอยลายวัยรุ่นอายุ 120 วัน ที่เลี้ยงโดยปรับความเค็มอย่างค่อยเป็นค่อยไป เป็นเวลา 12 วัน ไม่แตกต่างจากหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มคงที่ตามธรรมชาติ โดยอัตรารอดเฉลี่ยในน้ำทะเลธรรมชาติเท่ากับ 98.72 % ในขณะที่อัตรารอดที่เลี้ยงโดยปรับความเค็มลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปครั้งละ 2 ppt และ 3 ppt เท่ากับ 99.43% และ 98.82% ตามลำดับ (ภาคผนวก ก.5)

4.2 ปัจจัยแวดล้อมในการเลี้ยงหอยลาย

ในช่วงที่ทำการศึกษา น้ำทะเลในธรรมชาติมีความเค็ม 31-35 ppt ในระบบเลี้ยงในทุกความเค็มมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.37-8.64 และค่าอัลคาลินิตี้ในช่วง 111-144 ppm ที่อุณหภูมิ 25.5-32.5°C เมื่อเปรียบเทียบค่าอัลคาลินิตี้และค่าความเป็นกรดเป็นด่างกับค่ามาตรฐานในการเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าอยู่ในช่วงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์ในทุกการทดลองเช่นเดียวกับคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงของจินตนา นักระนาด และคณะ (2549)

บทที่ 5
วิจารณ์และสรุป

5.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันต่ออัตรารอด การเติบโต และพัฒนาการของหอยลายในแต่ละช่วงวัย

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปรับตัวของหอยลาย คือ ช่วงอายุ และขนาดลำตัว ซึ่งจะมีความสามารถในการปรับตัวที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและขนาดลำตัวที่แตกต่างกัน โดยการทดลองครั้งนี้พบว่าเมื่อหอยลายอายุเพิ่มขึ้นจะสามารถทนทานความเค็มในช่วงที่กว้างขึ้น โดยในการทดลองที่ 1 หอยลายสามารถดำรงชีพได้ในความเค็มช่วง 25-35 ppt เมื่ออายุและมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น (การทดลองชุดที่ 2, 3, 4, 5 และ 6) หอยลายก็สามารถอาศัยอยู่ในช่วงความเค็มที่กว้างขึ้น คือ 20-35 ppt ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทนทานความเค็มของหอยแมลงภู่ (*Dreissena polymorpha*) และ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ที่สามารถอาศัยในช่วงความเค็มที่กว้างขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีอัตรารอดที่สูงขึ้นด้วย (Kilgour , 1994; Romano *et al*. 2006) ในทำนองเดียวกันการศึกษาการปรับตัวของปูแสม *Sesarma plicatum* เมื่อลดความเค็มลงร้อยละ 50 โดยฉับพลัน พบว่าปูวัยรุ่นมีความเครียดสูงในการปรับตัวกว่าปูโตเต็มวัยที่พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราเมทาบอลิซึมที่ต่างจากภาวะปกติ (Madanmohanrao and Rao, 1962 cited in Vernberg and Vernberg, 1983) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับปูแสม (*S. curacaoense* De Man, 1892) ที่ทนทานความเค็มในระยะว่ายน้ำได้ในช่วง 15-55 ppt และเมื่อโตขึ้นจะทนความเค็มได้กว้างขึ้นเป็น 10-55 ppt (Schuh and Diesel, 1995) อย่างไรก็ตามในช่วงความเค็มที่ไม่เหมาะสมกับการเติบโต คือ ที่ความเค็ม 15 ppt (ความเค็มต่ำกว่าร้อยละ 50 ของน้ำทะเลธรรมชาติ) เพราะหอยลายต้องปรับตัวเพิ่มขึ้นและพลังงานส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการปรับสมดุลของร่างกาย จึงมีพลังงานเหลือน้อยเพื่อนำไปใช้สำหรับการเติบโต ทั้งนี้พลังงานที่ใช้ในการเติบโตในแต่ละช่วงวัยของหอยลายจะแตกต่างกัน หากการพัฒนาในระยะนั้น ต้องการพลังงานมาก เมื่อได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน ก็จะทำให้พลังงานที่ได้ไม่เพียงพอต่อการพัฒนาและการดำรงอยู่ ส่งผลให้หอยลายตายหรือไม่สามารถพัฒนาเป็นระยะต่อไปได้ เช่น หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันในระยะว่ายน้ำ มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้สูงกว่าหอยลายที่ระยะอาศัยที่พื้นทะเล เนื่องจากพลังงานที่ต้องการแตกต่างกันในแต่ละช่วงวัย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lemos and Phan (2001) ที่ศึกษาการจัดสรรการใช้พลังงานในกุ้ง *Farfantepenaeus paulensis* พบว่าระยะ protozoeal (PZ I- PZ III) ที่อยู่ในระยะว่ายน้ำจะสูญเสียพลังงานในการหายใจและการขับถ่ายสูง ทำให้เหลือพลังงานใช้ในการเติบโตต่ำกว่าระยะ mysis (MI - MIII) ที่มีการเปลี่ยนพฤติกรรมลงสู่พื้นและใช้พลังงานใน

การเคลื่อนที่น้อยกว่า จึงเหลือพลังงานสำหรับใช้ในการเติบโตสูงกว่า จากการปรับเปลี่ยนความเค็มในหอยลาย (ระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape) โดยฉับพลัน 15 ppt ถึง 20 ppt ส่งผลให้อัตรารอดต่ำ อัตราไม่พัฒนาการเป็นหอยลายระยะต่อไปและอัตราพิการสูง เมื่อหอยลายอยู่ในระยะว่ายน้ำมีอายุมากขึ้น ความทนทานต่อความเค็มสูงขึ้นด้วย เนื่องจากหอยลายมีอัตรารอดสูงในทุกความเค็มที่เลี้ยง (>90%) ในการทดลองที่ 2 และ 3 (จากระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger และ pediveliger จนถึงระยะ seed) อย่างไรก็ตามเมื่อหอยลายพัฒนาจาก seed เข้าสู่ตัวอ่อนหอยลายระยะวัยรุ่น พบว่าหอยลายช่วงนี้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ำสุด อัตรารอดของหอยลายที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ในระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 30 วัน, อายุ 60 วัน และอายุ 90 วันเหลือเพียงร้อยละ 8.00 ± 1.65, 3.81 ± 0.78 และ 3.03 ± 0.40 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าหอยลายที่อยู่ในระยะว่ายน้ำ มีความทนทานต่อความเค็มในการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันในช่วงกว้างได้มากกว่าหอยลายในระยะที่อาศัยที่พื้นทะเล โดยสามารถกินอาหารเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานได้สูงเพื่อใช้ในการพัฒนา ส่วนสาเหตุที่หอยลายระยะ seed มีอัตราตายสูงในหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาตินั้นเนื่องจากอยู่ในช่วงความเค็มที่สูงเกินไป ซึ่งหอยลายในธรรมชาติในระยะนี้จะอยู่ในช่วงความเค็มที่ต่ำ นอกจากนี้พบว่าในน้ำที่มีความเค็มต่ำส่งผลให้หอยลายมีความพิการสูง เช่น หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt และ 20 ppt จะเห็นได้ว่าหอยลายจะเติบโตและมีอัตรารอดสูงในช่วงความเค็มที่เหมาะสมเท่านั้น หากอยู่ในช่วงความเค็มที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่ออัตรารอดและการเติบโต โดยหอยลายในระยะนี้จะตายเมื่อเลี้ยงในความเค็มสูง และหอยลายจะพิการเมื่อเลี้ยงในความเค็มต่ำ ซึ่งแสดงว่าความเค็มที่สูงในระยะนี้มีผลต่ออัตรารอดและการเติบโตของหอยลายมากกว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มต่ำ โดยระดับความรุนแรงที่เห็นผลชัดเจนในระยะนี้เนื่องมาจากเป็นระยะที่ใช้พลังงานสูง ในการปรับโครงสร้างของร่างกายที่มีการเปลี่ยนจากระยะว่ายน้ำเป็นระยะอาศัยที่พื้นทะเลอย่างสมบูรณ์ และพัฒนาระบบอวัยวะเหมือนตัวโตเต็มวัย และต้องสร้างเปลือกให้หนาขึ้น ซึ่งเป็นระยะที่ต้องใช้พลังงานสูง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน หอยลายจึงต้องใช้พลังงานในการปรับตัวให้อยู่รอด ประกอบกับมีอัตราการกรองกินอาหารต่ำ เพราะจากการสังเกตในการทดลองพบว่าหอยในระยะนี้ปิดเปลือกนิ่งและมีการเคลื่อนที่น้อย ส่งผลให้หอยลายตาย เช่นเดียวกับการศึกษาประสิทธิภาพในการกรองอาหารของเหงือกในหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* ที่มีการกรองอาหารต่ำหรือปิดเปลือกในช่วงที่ความเค็มสูงหรือต่ำเกินไป (Kinne, 1967 cited in Vernberg and Vernberg, 1972) และความเค็มต่ำมีผลต่อการทำงานเหงือกและกระเพาะของหอย Mercenaria และ Modiolus (Vernberg and Vernberg, 1972) เช่นเดียวกับหอยลาย อายุ 120 วัน และโตเต็มวัยที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt เป็นช่วงความเค็มต่ำ พบว่าหอยลายไม่สามารถปรับตัวให้เข้าสู่สมดุลได้เช่นกัน สังเกตได้จากพฤติกรรมในการตอบสนองต่อความเค็ม

ของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ที่มีลักษณะการปรับตัวคล้ายกัน คือ หอยลายจะปิดเปลือกโดยฉับพลันและดึงอวัยวะ เช่น ไซฟ่อนและเท้า เข้าภายในเปลือกอย่างรวดเร็วและปิดเปลือกแน่นโดยไม่กินอาหาร หรือในบางครั้งพบว่าปิดเปลือกอย่างรวดเร็วและแน่น โดยที่ทั้งไซฟ่อนและหรือเท้ายังอยู่ภายนอก เมื่อเวลาผ่านไปพบว่าหอยลายมีอาการบวมจนปิดเปลือกไม่ได้จนผ่านไปเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง หอยลายจึงปรับตัวได้แต่อาการจะกำเริบทุก 2-3 ชั่วโมง แล้วในที่สุดจะบวมจนกล้ามเนื้อยึดเปลือกไม่สามารถทำงานได้ ปฏิกิริยาในการตอบสนองช้าลง จนหอยลายตายในที่สุด ส่วนหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20-25 ppt พบว่าหอยปิดเปลือกแน่นและเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นหอยสามารถปรับตัวกรองกินอาหารได้ตามปกติ แต่ต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรเพื่อเข้าสู่สภาพปกติ ในขณะที่หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt และ 35 ppt สามารถปรับตัวได้และมีการกรองกินอาหารตามปกติ ซึ่งผลการปรับตัวดังกล่าวสอดคล้องกับกระบวนการปรับตัวในหอยแมลงภู่และสัตว์ทะเลอื่นๆ ที่เลี้ยงในความเค็มที่เปลี่ยนแปลงโดยฉับพลันในช่วงกว้าง (Todd, 1964 cited in Newell, 1976; Davenport, 1972; Lockwood, 1976) พบว่ามีอาการบวมและลดลงสลับกันไปเช่นกันโดยช่วงต้นและใช้เวลาในการปรับลดอาการบวมนาน 6 ชั่วโมง ต่อมาลดระยะเวลาในการปรับตัวน้อยลงเป็น 2-4 ชั่วโมง จนในที่สุดหอยแมลงภู่และสัตว์น้ำอื่นๆ มีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อและตายภายใน 48 ชั่วโมง สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้หอยลายปรับตัวเข้าสู่สมดุลได้ช้า คือ ความสามารถในการปรับตัวของหอยลายขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวต่อปริมาตรที่ส่งผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนไอออนในการปรับตัว หอยขนาดเล็ก จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของหอยลายสูงกว่าหอยที่มีขนาดใหญ่ ส่งผลให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนไอออนดีและปรับตัวเข้าสู่สมดุลได้เร็วกว่าหอยตัวใหญ่ (Lance, 1965 cited in Vernberg and Vernberg, 1983)

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถจำแนกผลกระทบของความเค็มที่มีความรุนแรงเป็น 4 ระดับ คือ ก. ทำให้หอยลายเสียชีวิต ข. ทำให้หอยลายพิการตลอดชีวิต แต่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ค. ทำให้หอยลายพิการในช่วงต้นแต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เปลือกส่วนที่สร้างใหม่จะมีความสมบูรณ์เช่นเดียวกับหอยที่ปกติแต่ยังมีรอยที่เคยพิการในอดีต และ ง. ทำให้การเติบโตต่ำแต่ไม่มีผลต่อโครงสร้างเปลือก

การทดลองที่ 1 ระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape

ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน (15 ppt และ 20 ppt) หอยลายต้องใช้พลังงานมากในการที่ต้องปรับสมดุลในตัวให้เข้าสู่ภาวะปกตินอกเหนือจากความต้องการพลังงานในการเติบโตเพื่อเปลี่ยนจากโครงสร้างร่างกายที่เป็นเนื้อเยื่อเป็นโครงสร้างที่มีเปลือกหุ้มและพัฒนากระเพาะให้สมบูรณ์ ส่งผลให้หอยลายระยะนี้ต้องการพลังงานสูง เมื่อหอยลายใช้พลังงานในการปรับสมดุลของร่างกายมาก จึงเหลือพลังงานในการสร้างเปลือกน้อย ทำให้หอยลายมีพัฒนาการช้า หรือหากไม่มีพลังงานมากพอในการสร้างเปลือก หอยลายจะไม่พัฒนาการเป็นระยะ

ต่อไป หรือมีพัฒนาการไม่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้หอยลายพิการหรือตายสูง ส่วนหอยลายที่สามารถพัฒนาการเป็น D-shape ได้อย่างสมบูรณ์ ก็มีอัตรารอดและอัตราการเติบโตด้านความสูงและความยาวเปลือกต่ำสุด ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นผลกระทบของความเค็มที่ส่งผลต่อหอยลายในทุกด้านและได้รับผลกระทบจากความเค็ม ทั้ง 4 ระดับ ส่วนความเค็มที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในช่วงแคบกว่านี้ (หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ที่สูงขึ้นไป) ก็ได้รับผลกระทบจากความเค็มเช่นกัน แต่ความรุนแรงจะน้อยกว่า อัตราการเติบโตลดลงเนื่องจากการสูญเสียพลังงานในการปรับตัว ส่งผลให้ผลรวมของอัตราพิการ อัตราตาย รวมถึงอัตราที่หอยลายระยะ trochophore ไม่พัฒนาการเป็น D-shape ของหอยลายต่ำกว่าร้อยละ 5.00 ในแต่ละความเค็ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลกระทบของความเค็มในหอยหวาน (Nguyen *et al.*, 2001) และ หมึก (Nabhitabhata *et al.*, 2001) ที่พบว่าสัตว์ทดลองเติบโตได้ดีในช่วงความเค็มที่เหมาะสม แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลันความเค็มที่ลดลงมาก ส่งผลให้สัตว์ทดลองพิการหรือตายโดยฉับพลัน

สำหรับพัฒนาการของหอยลายจาก ระยะ trochophore เป็นระยะ D-shape หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีการพัฒนาช้า เคลื่อนที่ช้า และอ่อนแอที่สุด อีกทั้งมีอัตราพิการ อัตราตาย และไม่พัฒนาเป็นระยะต่อไปสูงด้วย รองลงมา คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และกลุ่มที่มีพัฒนาการที่ดีและแข็งแรงที่สุด คือ หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นที่สูงขึ้นไป และพบว่ามีพัฒนาการสูงสอดคล้องกับการเติบโตสูงเมื่อหอยลายเลี้ยงในความเค็มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการจัดสรรพลังงานให้เพียงพอในการดำรงชีพและเติบโตที่ดีขึ้น การศึกษาของ Duncan (1966 cited in Vernberg and Vernberg, 1972; Vernberg and Vernberg, 1983) พบว่าหอยสองฝา ที่เป็นสัตว์ทะเลหน้าดิน จะอ่อนแอและเคลื่อนที่ช้าเมื่ออยู่ในช่วงความเค็มที่ไม่เหมาะสม ซึ่งการศึกษาของ Duncan สอดคล้องกับพฤติกรรมของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มต่ำ

การทดลองที่ 2 ระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger

การทดลองชุดนี้ทำการศึกษาเป็นสองช่วง คือ การเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน จาก D-shape จนถึงระยะ umbo และ D-shape เป็น pediveliger พบว่าหอยลายสามารถปรับตัวและทนทานการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้างกว่า (15-35 ppt) และมีอัตรารอดทั้งสองช่วงที่สูง (มากกว่า 85%) เนื่องจากหอยลายมีอายุเพิ่มขึ้น จึงทนทานการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้เพิ่มขึ้น ทั้งเป็นระยะที่มีการพัฒนากระเพาะอาหารสมบูรณ์ (รูปที่ 4.5 ก.1) จึงสามารถกรองกินอาหารเพื่อเพิ่มพลังงานให้กับร่างกายโดยตรง ทำให้มีพลังงานเพียงพอในการปรับตัวเข้าสู่สมดุลและใช้ในการเติบโตและพัฒนาการเป็นระยะต่อไป

เมื่อติดตามการเติบโตในช่วง D-shape จนถึงระยะ pediveliger ที่เลี้ยงในความเค็มเดิม พบว่าการเติบโตของหอยลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น และหอยลายที่เลี้ยงในทุกความเค็มก็มี

การเติบโตเพิ่มขึ้นยกเว้นหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt จากช่วง D-shape จนถึงระยะ umbo และ D-shape จนถึงระยะ pediveliger ที่มีอัตราการเติบโตเท่าเดิม และในระยะนี้พบว่ามีความแปรปรวนของการเติบโตของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มเดียวกันสูง ส่งผลให้หอยลายเริ่มมีความแตกต่างด้าน ความสูงและความยาวเปลือกสูงในระยะนี้ ส่วนอัตรารอดของหอยลายในช่วงที่สองมีค่าสูงกว่าในช่วงแรกแม้ว่าจะอยู่ในระยะ pediveliger ที่ต้องใช้พลังงานสูงในการสร้างเท้าและลดช่องว่างภายในตัว ทั้งมีการเคลื่อนที่สูงเพื่อเตรียมพร้อมในการอาศัยที่พื้น เนื่องจากได้รับพลังงานเพียงพอจากการกรองกินอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้หอยลายมีพัฒนาการได้อย่างสมบูรณ์แข็งแรง จากความสามารถในการจัดสรรพลังงานในการปรับตัวและเติบโตได้ดีเมื่อความเค็มสูงขึ้น ทำให้หอยลายมีพัฒนาการที่เร็วและแข็งแรงในทุกความเค็มเนื่องจากหอยลายสามารถปรับตัวและดำรงชีพได้ตามปกติในทุกความเค็ม แม้ว่าในช่วงแรกหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt และ 20 ppt จะมีพัฒนาการช้า มีอัตราพิการและอัตราไม่พัฒนาการเป็นระยะต่อไปสูงกว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบว่าหอยลายในระยะว่ายน้ำเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น จะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มเพิ่มขึ้นด้วย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rename และ Schlieper (1971 cited in Vernberg and Vernberg, 1983) ที่ศึกษาชีววิทยาของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในน้ำกร่อย และ Ralph (1965; cited in Newell, 1976) ศึกษาในกุ้ง *Neomysis integer* ที่และพบว่าสัตว์ทดลองมีความทนทานต่อความเค็มในช่วงกว้างขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

หอยลายในระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger พบว่ามีอัตราการเติบโตสูงขึ้นสอดคล้องกับอัตราส่วนของความสูงต่อความยาวเปลือกเมื่อเปรียบเทียบกับหอยลายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติ มีเพียงหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt เท่านั้นที่มีการเติบโตต่ำแตกต่างจากกลุ่มอย่างไรก็ตามพบว่ามีอัตรารอดที่สูงใกล้เคียงกับความเค็มอื่นที่สูงขึ้นไป

การทดลองที่ 3 ระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed

ระยะนี้เป็นระยะที่มีการปรับตัวสูงมากและเป็นระยะที่มีอัตราตายสูง เมื่อพิจารณาอัตรารอดในระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงจากระยะว่ายน้ำเป็นระยะลงสู่พื้นเมื่อเทียบกับหอยชนิดอื่นๆ ที่มีการศึกษา มักมีการตายในระยะนี้สูง เนื่องจากสัตว์ในระยะนี้ต้องการพลังงานสูงในการพัฒนาอวัยวะให้เหมือนตัวเต็มวัย เช่น ในกรณีของหอยหวาน หอยชักตีนและหอยนางรม *Crassostrea rhizophorae* (Nguyen *et al*., 2001; Brito- Manzano, and Aranda, 2004; Lemos *et al*., 1994) และพบว่าอัตรารอดสูงที่สุด คือหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และ 25 ppt ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับความเค็มของหอยลายในธรรมชาติ ในขณะที่ความเค็มที่อยู่นอกช่วงความเค็มดังกล่าวมีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ลดลง แต่อย่างไรก็ตามหอยลายที่เลี้ยงในทุกความเค็มก็มีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์มากกว่า 70% แต่ก็มีความทนทาน

ความเค็มต่ำกว่าหอยลายระยะว่ายน้ำ แม้ว่าจะได้รับอาหารเพียงพอเพื่อใช้สำหรับพัฒนาการและเติบโตให้มีระบบร่างกายเหมือนโตเต็มวัยก็ตาม อัตรารอดที่ต่ำลงในระยะลงเกาะนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ O'Conner และ Heasman (1998) ที่พบว่าหอยเชลล์ *Mimachlamys asperrima* ที่ตัวอ่อนระยะลงเกาะมีความทนทานความเค็มได้ต่ำกว่าระยะว่ายน้ำ

เมื่อพิจารณาการเติบโต พบว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีการเติบโตต่ำกว่าหอยลายกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน ในขณะที่หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ แม้จะสามารถแยกกลุ่มที่มีการเติบโตที่แตกต่างกันได้ แต่มีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.7) ซึ่งเป็นผลจากการจัดสรรพลังงานในการเติบโตที่มีความเค็มเป็นปัจจัยขัดขวาง เช่นเดียวกับหอยมุกจานขอบทอง (*Pinctada maxima*) ที่การลดลงของความเค็มส่งผลต่อความจำเป็นในการเติบโต (Taylor *et al*., 2004)

การสร้างเหงือกพบว่ามีความแตกต่างกันจากการสังเกตระหว่างทำการทดลอง (หน้าที่ 47) โดยหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt ถึง 35 ppt มีการเติบโตสูงและลำตัวขนาดใหญ่ มีการสร้างซี่กรองเหงือก 12-18 ซี่กรอง ในขณะที่หอยลายตัวเล็กที่มีอัตราการเติบโตต่ำ (15 ppt) จากความเค็มเป็นปัจจัยขัดขวาง ทำให้ลำตัวขนาดเล็ก ซี่เหงือกที่สร้างขึ้นก็มีจำนวนน้อยกว่า (3-18 ซี่กรอง) ซึ่งอาจปรับสร้างให้เหมาะกับขนาดตัว แต่การมีจำนวนซี่กรองที่ต่ำ บ่งชี้ถึงความผิดปกติของโครงสร้างเหงือกที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มที่ต่ำ เช่นเดียว กับการศึกษาของ Vernberg and Vernberg (1972) ที่พบว่าความเค็มต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเหงือกลดลง ซึ่งในหอยลายระยะนี้ก็มีอัตราการพิการสูงและยังมีการพัฒนาช้ากว่าหอยลายที่เลี้ยงในช่วงความเค็มที่สูงกว่าด้วย (20 ppt ขึ้นไป)

เมื่อพิจารณากลุ่มหอยที่เลี้ยงในความเค็ม 20 ppt และ 25 ppt ที่มีอัตรารอดที่พัฒนาอย่างปกติมากที่สุด และหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt มีการเติบโตมากที่สุด โดยช่วงความเค็มดังกล่าวอยู่ในช่วงความเค็มเดียวกับหอยลายในธรรมชาติที่มีความเค็มน้ำทะเลในช่วง 20.5-31.5 ppt ในเดือนกันยายนถึงมกราคม ซึ่งเป็นช่วงหอยลายปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จนถึงพัฒนาเป็นหอยลายวัยรุ่น (มาลา สุพงษ์พันธุ์ และจินตนา จินดาลิขิต, 2548) และพบตัวอ่อนหอยลายที่อยู่ในระยะวัยรุ่นขนาดเล็กบริเวณดอนหอยที่อยู่ห่างจากฝั่งเพียง 4 กิโลเมตร บริเวณอ่าวมหาชัย (จินตนา จินดาลิขิต, 2543) ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากการลดลงของความเค็มจากปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลที่มีความเค็มต่ำ นอกจากนี้การศึกษาของ Devakie และ Ali (2000) ในหอยนางรม (*C. iredalei*) พบว่าหอยนางรมลงเกาะที่ความเค็ม 15-25 ppt เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับความเค็มระดับอื่น ที่ศึกษาในช่วง 24-33°C โดยมีความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 100 x 10^3 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tan และ Wang (1996) ที่พบว่าหอยนางรม (*Crassostrea belcheri*) เติบโตได้ดีในช่วงความเค็ม 24-30 ppt โดยมีอัตรารอดจากไข่จนถึง D-shape สูงกว่า 75% และมีอัตราลงเกาะ

สูงในช่วงความเค็ม 12-18 ppt โดยมีอัตรารอดเพียง 20.3-22.6% จากระยะ D-shape จนถึงระยะลงเกาะ การศึกษาเดียวกันพบว่าหอยลายในระยะลงเกาะหอยเติบโตดีในช่วงความเค็มต่ำกว่าระยะว่ายน้ำเช่นกัน การทดลองครั้งนี้พบว่าหอยลายในช่วงระยะนี้ที่เลี้ยงในความเค็มสูง คือ 35 ppt และที่เลี้ยงในน้ำความเค็มธรรมชาติมีอัตรารอดที่ต่ำกว่าความเค็มอื่น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับปู *Hepatus epheliticus* และ *Libinia emarginata* ที่ในระยะลงเกาะจะมีความทนทานความเค็มสูงได้น้อยกว่าในระยะว่ายน้ำที่มีความสามารถในการปรับตัวได้สูงกว่าจากระบบเลือด ในขณะที่ระยะลงเกาะจะหลีกหนีความเค็มจากการเคลื่อนที่ (Kalber, 1970; cited in Verngerg and Vernberg, 1983) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าหอยลายที่เลี้ยงทุกความเค็ม ก็มีอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือกใกล้เคียงกัน แม้ว่าความเค็มส่งผลต่อขนาดการเติบโต แต่ไม่ส่งผลต่อรูปร่างจนทำให้หอยลายมีโครงสร้างเปลือกที่ผิดปกติ

การทดลองที่ 4 หอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 90 วัน

จากการติดตามผลการทดลองใน 3 ช่วง คือ ช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มนาน 13 วัน (หอยลายอายุ 17- 30 วัน), 43 วัน (หอยลายอายุ 31- 60 วัน), และ 73 วัน (หอยลายอายุ 61- 90 วัน) พบว่าในช่วงหอยลายอายุ 17-30 วัน ความเค็มที่เหมาะสม คือ 20-35 ppt โดยอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ส่วนช่วงความเค็มที่ไม่เหมาะสม (15 ppt) หอยลายไม่สามารถปรับตัวส่งผลให้หอยลายมีอาการตัวบวมเป็นระยะๆ จนกระทั่งร่างกายไม่สามารถปรับตัวได้ ซึ่งหอยลายมีอาการเกร็งและตายในที่สุด (ตายชั่วโมงที่ 123) จนมีอัตรารอดเพียง 8% เช่นเดียวกับหอยลายวัยรุ่นอายุ 120 วัน (การทดลองที่ 6) และหอยลายโตเต็มวัย (การทดลองที่ 5) ที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt สาเหตุที่เป็นปัจจัยขัดขวางให้กระบวนการ osmoregulation เข้าสู่สมดุลได้ช้าลง คือ ความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของหอยลายที่ลดลงเมื่อหอยลายมีขนาดลำตัวเพิ่มขึ้น ส่วนพัฒนาการของหอยลายแม้หอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt จะมีพัฒนาการต่ำกว่าความเค็มอื่นๆ เล็กน้อย แต่ความแข็งแรงของหอยลาย (จากการสังเกตพัฒนาการของหอยลายในการทดลอง) ที่รอดจากการตายไม่แตกต่างกันในทุกความเค็ม ทั้งพบว่าอัตรารอดของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ที่สูงขึ้น ไม่แตกต่างกันเมื่ออายุเพิ่มขึ้น (หอยลายวัยรุ่น อายุ 17-30 วัน, 31- 60 วัน, 61- 90 วัน) โดยผลรวมของอัตราตายและพิการต่ำกว่า 2%

สำหรับหอยลายในช่วงอายุ 31- 60 วัน พบว่าหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราพิการสูง และมีอัตราตายเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันพบว่าหอยลายที่มีพัฒนาการสูงและสมบูรณ์มีการเติบโตอย่างรวดเร็วและกลุ่มที่เติบโตช้า ซึ่งมักมีขนาดเล็กใกล้เคียงกับหอยลายพิการ เนื่องจากการแก่งแย่งและการคัดเลือกทางธรรมชาติโดยสัตว์ที่มีพันธุกรรมที่ดี มีความสามารถในการปรับตัวจนมีความทนทานสูงเท่านั้นที่จะดำรงอยู่ได้ ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปในทางเดียวกับการศึกษาใน

giant scallop (*Placopecten magellanicus*) หอยมุกจานขอบทอง (*Crassostrea lugubris*) และ queen conch (*Strombus gigas*) ที่พบว่าเมื่อเลี้ยงในความหนาแน่นเพิ่มขึ้น การเติบโตลดลง เนื่องมาจากการแก่งแย่งของหอยในการกินอาหาร (Jarayabhand and Newkirk, 1989; Jarayabhand and Thavornyutikarn, 1995; Brito- Manzano, and Aranda, 2004) ซึ่งหอยลายอายุ 61-90 วัน ที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt ที่รอดตายก็มีอัตราการเติบโตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญจากการเติบโตในความหนาแน่นต่ำเมื่อเทียบกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นแม้ว่าจะมีการคำนวณปริมาณอาหารที่ให้เท่ากันทุกความเค็มแล้วก็ตาม รวมถึงมีพัฒนาการและความแข็งแรง มีความไวต่อการรับสัมผัสและมีลวดลายที่ชัดเจนเช่นเดียวกับหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มอื่นๆ ที่สูงขึ้นไป แม้จะมีอัตราตายสูงจากหอยลายที่พิการในช่วงก่อนหน้านี้ หอยลายเติบโตสูงสุดและมีลวดลายที่ชัดเจน ทั้งมีลักษณะป้อมสั้นเช่นเดียวกันตลอดเวลาที่ทำการทดลอง (หอยลายวัยรุ่น 17- 30 วัน, 31- 60 วัน, 61- 90 วัน) เนื่องจากอัตราการเติบโตด้านความยาวเปลือกต่ำกว่าอัตราการเติบโตด้านความสูงเปลือก จากความเค็มเป็นปัจจัยขัดขวางทำให้มีอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเปลือกผิดปกติจากหอยลายที่เลี้ยงในความเค็มธรรมชาติ 10% แต่อย่างไรก็ตามพบว่าบางตัวที่เคยพิการ สามารถสร้างเปลือกเป็นปกติ ซึ่งแสดงว่าหอยลายสามารถปรับตัวและอยู่ได้ในช่วงความเค็มดังกล่าวได้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเติบโตของหอยลายในธรรมชาติในช่วง 90 วัน (ความเค็มในธรรมชาติ 20.5-31.5 ppt) หอยลายในธรรมชาติมีความยาวเปลือกอยู่ในช่วง 10-15 มิลลิเมตร ในขณะที่หอยลายในระบบเลี้ยงมีความยาวเปลือกเพียง 2-6 มิลลิเมตร โดยเลี้ยงในช่วงความเค็ม 31-35 ppt ผลของการเติบโตที่ต่างกันนี้ เนื่องจากสภาพแวดล้อม ปริมาณและชนิดของอาหาร ปริมาตรน้ำที่เลี้ยงและความเครียดของสัตว์ทดลอง

การทดลองที่ 5 อัตรารอดของหอยโตเต็มวัย

หอยลายโตเต็มวัย ที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราตาย 100% ที่ชั่วโมง ที่ 37 เนื่องจากความเครียดในการปรับตัวที่ความเค็มลดลงอย่างฉับพลันในช่วงที่กว้าง ในขณะที่หอยลายมีลำตัวขนาดใหญ่ ทำให้ค่าของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าต่ำ ซึ่งส่งผลให้การปรับสมดุลช้าลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน

การทดลองที่ 6 อัตรารอดของหอยลาย อายุ 120 วัน

หอยลายวัยรุ่น อายุ 120 วัน ที่เลี้ยงในความเค็ม 15 ppt มีอัตราตาย 100% ที่ชั่วโมง ที่ 39 อายุ 120 วัน เนื่องจากความเครียดในการปรับตัวที่ความเค็มลดลงอย่างฉับพลันและขนาดลำตัวของหอยลาย แต่หอยลายวัยรุ่นมีขนาดลำตัวเล็กกว่าหอยลายโตเต็มวัยจึงทำให้ค่าของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าสูงกว่า ส่งผลให้การปรับสมดุลเร็วกว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน

การทดลองที่ 7 อัตรารอดของหอยลายอายุ 120 วัน ที่เลี้ยงด้วยวิธีการปรับลดความเค็มลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปจนถึงความเค็ม 15 ppt

อัตรารอดของหอยลายวัยรุ่น อายุ 120 วัน ที่เลี้ยงโดยปรับความเค็มลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปเป็นเวลา 12 วัน พบว่าทั้ง 3 วิธี ไม่แตกต่างกัน และไม่มีอัตราตายเช่นเดียวกับที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติ (35 ppt) ดังนั้นมีแนวโน้มได้ว่า หากมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในธรรมชาติในช่วง 2 – 3 ppt จะไม่ส่งผลให้หอยลายตาย แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงโดยฉับพลันส่งผลให้สัตว์ทดลองตายได้ ดังในการทดลองที่ 6

5.2 สรุปผลการทดลอง

หอยลายในแต่ละช่วงวัยที่เลี้ยงในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยฉับพลัน มีอัตรารอดโดยรวมสูงกว่า 90% อย่างไรก็ตามอัตรารอดโดยรวมของหอยลายในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed มีค่าต่ำ เมื่อเลี้ยงในความเค็มสูง (35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt)) ทั้งนี้หอยลายในระยะ seed จนถึงโตเต็มวัย มีอัตรารอดโดยรวมต่ำ เมื่อน้ำที่เลี้ยงมีความเค็มต่ำ (15 ppt) ในขณะที่หอยลายที่เลี้ยงในความเค็มระดับอื่นๆ ในแต่ละระยะมีอัตรารอดโดยรวมสูงกว่า 90% เมื่อพิจารณาช่วงความเค็มที่เหมาะสมเพื่อให้หอยลายในแต่ละระยะมีอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ เติบโตสูงขึ้น และมีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว ช่วงความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยลายในระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape คือ 25-35 ppt ส่วนหอยลายในระยะอื่นๆ ดำรงชีพได้ดีในช่วงความเค็ม 20-25 ppt ยกเว้นหอยลายในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed ที่มีอัตรารอดต่ำเมื่อเลี้ยงหอยลายในความเค็ม 35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติ เมื่อหอยลายได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 50 % ของน้ำทะเลในธรรมชาติ จะส่งผลให้เกิดการตาย เติบโตช้า พิการจนถึงไม่สามารถพัฒนาการเป็นระยะต่อไปได้ ซึ่งความรุนแรงจากผลกระทบของความเค็มต่อหอยลายจะรุนแรงเพิ่มขึ้นเมื่อหอยลายในระยะนั้นๆ ต้องการพลังงานสูงและมีขนาดลำตัวใหญ่ขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลานานในการปรับสมดุลร่างกาย หรือจนมีผลทำให้หอยลายตาย อย่างไรก็ตามเมื่อปรับลดความเค็มลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป (2-3 ppt) จนถึง 15 ppt นาน 120 ชั่วโมง ในหอยลายวัยรุ่น อายุ 120 วัน พบว่าหอยลายสามารถดำรงอยู่ได้โดยไม่มีการตาย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือกของหอยลายในแต่ละระยะไม่เป็นดัชนีในการบ่งชี้การเติบโตที่ดีเนื่องจากไม่สอดคล้องกับผลของอัตราการเติบโตของความสูงและความยาวเปลือกของหอยลายในช่วงระยะที่หอยลายมีการเติบโตที่ใกล้เคียงกัน แต่ใช้เป็นข้อสังเกตเพื่อตรวจสอบความผิดปกติของหอยลายในระยะต่างๆ เพื่อพิจารณาเพิ่มเติม

2. ควรศึกษาผลความหนาแน่นที่เหมาะสมต่ออัตราการเติบโตของหอยลาย เนื่องจากความหนาแน่นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเติบโต เช่นการเติบโตของหอยลายวัยรุ่นที่มีการตายในความเค็มที่ 15 ppt ทำให้มีความหนาแน่นลดลง ซึ่งส่งผลให้มีการเติบโตสูงเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นหากสามารถหาช่วงความหนาแน่นที่เหมาะสม จะส่งผลให้หอยลายเติบโตได้ดีและนำไปเป็นพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงหอยลายต่อไป
3. ควรศึกษาอัตรารอดและการเติบโตของหอยลายในช่วงฤดูกาลที่ต่างกัน เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าอัตรารอดของหอยลายในช่วงฤดูร้อนสูงกว่าและฤดูหนาว แต่อัตรารอดรวมตั้งแต่เกิดจนถึงระยะหอยลายวัยรุ่นต่ำ (ภาคผนวก ข.2) ดังนั้นหากมีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยลาย อาจทำให้หอยลายมีอัตรารอดที่ดีและสามารถอธิบายผลของอัตรารอดและการเติบโตได้ชัดเจนเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาหอยลายในด้านอื่นๆ ต่อไป
4. จากการที่หอยลายสามารถมีชีวิตอยู่และเติบโตได้ในช่วงความเค็มต่ำ จึงควรศึกษาระบบการเลี้ยงหอยลายในความเค็มต่ำ เพื่อพัฒนาเป็นการเลี้ยงหอยลายเชิงพาณิชย์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. โครงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล. รายการสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล ปี 2549 (รายงานหลัก). กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. รายงานสถานการณ์ มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2545. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กองประมงทะเล. 2535. หอยลายในประเทศไทย. กองประมงทะเล กรมประมง.

ชลัญญา ธารบุปผา. 2539. ผลกระทบของน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2538 ต่อทรัพยากรหอยลายในอ่าวไทยตอนบน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1, กลุ่มสิ่งแวดล้อมทางการประมง ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินตนา จินดาลิขิต. 2543. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอยลาย *Paphia undulata* (Born, 1778). เอกสารวิชาการฉบับที่ 16, ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินตนา นักระนาด นพดล ภูวพานิช และกัญจนี พรหมจินดา. 2549. ประสิทธิภาพของระบบอนุบาลแบบต่างๆ ในการอนุบาลลูกหอยสองฝาวัยเกร็ด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นวลมณี พงศ์ธนา. 2531. การทดลองเพาะเลี้ยงหอยลาย (*Paphia undulata*). เอกสารวิชาการฉบับที่ 3, ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง.

พรชัย สิงหบุญ. 2531. ผลกระทบของไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปลาช่อน, *Channna striatus* (Fowler). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์การประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพเราะ ศุทธากรณ์ และสุนันท์ ทวยเจริญ. 2536. การศึกษาชีวประวัติของหอยลาย *Paphia undulata* (Born,1778) ทางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับวันที่ 24, กลุ่มชีวประวัติสัตว์ทะเล ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งอันดามัน กองประมงทะเล กรมประมง.

มาลา สุพงษ์พันธุ์ และ จินตนา จินดาลิขิต. 2548. การประมงหอยลายและการสำรวจหอยลายร่วมกับชาวประมง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 9, กลุ่มอำนวยการและประสานงานวิชาการ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2547. รายงานสถานการณ์ มลพิษทางน้ำ 2546. กรุงเทพ: วีรณาเพรส

สุนันท์ ทวยเจริญ และประนอม เบ็ญจมาลย์. 2527. การพัฒนาการของอวัยวะเพศหรืออวัยวะสืบพันธุ์และอัตราส่วนเพศของหอยลาย ที่บริเวณปลายแหลมศอก ต.อ่าวใหญ่ จ.ตราด.

เอกสารวิชาการฉบับที่ 35, ฝ่ายสำรวจแหล่งเพาะเลี้ยง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

สุนันท์ ทวยเจริญ. 2530. ฤดูกาลสืบพันธุ์ของหอยลายที่ จ.สุราษฎร์ธานี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17, ฝ่ายสำรวจแหล่งเพาะเลี้ยง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลชายฝั่ง กรมประมง.

อนุวัฒน์ รัตนโชติ และ กฤติพล ยังวณิชเศรษฐ, 2539. ประเด็นการตายอย่างมากในปลายปี 2539 ของหอยตะโกรมในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. In: Bunchong Tiensongrasmee *et al.* (eds.) Mollusk research in Asia: Proceedings two past meeting: The meeting on Aquaculture and genetics of Tropical Oster on 1-2 May 1997 and Special Session on Mollusk Research in Asia Hold at the 5th Asian Fisheries Forum on 12 November 1998 :45-51.

อู่แก้ว ประกอบไวทยกิจ บีเวอร์, 2541. มนุษย์ ระบบนิเวศ และสภาพนิเวศในประเทศไทย. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์.

ภาษาอังกฤษ

Blanchard, J. and Grosell, M. 2006. Copper toxicity across salinities from freshwater to seawater in the euryhaline fish Fundulus heterolitus: Is copper an ionoregulatory toxicant in high salinities? Aquatic Toxicology. 80:131-139.

Brito-Manzano, N. and Aranda, D. A. 2004. Development, growth and survival of the larvae of queen conch Strombus gigas under laboratory conditions. Aquaculture 242:479-487.

Burton, R. F. 1983. Ionic regulation and water balance. In: Saleuddin, A. S. M. and K. M. Wilbur (eds.). The Mollusca Physiology 5, 2: 291-352. Academimic Press, New York.

Chin, T. S. and Chen, H. C. 1993. Toxic effect of mercury on the hard clams, *Meretric lusoria*, in various salinity. Comp. Biochem. Physiol. 105C, 3: 501-507.

Conte, F. P., Petterson, G. L. and Ewing, R. D. 1973. Larval salt gland of Artemia salina nauplii. Comp. Physiol. 82:277-289.

Davenport, J. 1972. Environmental simulation experiments on marine and estuarine animals. In: Blaxter, J. H. S., Russell, F. S. and Young, M.(eds.). Advance in Marine Biology 9: 133-256. Academic press, London.

Devakie, M. N., and Ali, A.B. 2000. Salinity-temperature and nutritional effects on the setting rate of larvae of the tropical oyster, *Crassostrea iredalei* (Faustino). Aquaculture 184: 105-114.

Grosell, M., Blanchard, J., Brix, K. V., and Gerdes, R. 2007. Physiology is pivotal for interactions between salinity and acute cupper toxicity to fish and invertebrates. Aquatic Toxicologt 84: 162-172.

Jarayabhand, P and Newkirk, G. F. 1989. Effect of intraspecific competition on growth of the European Flat Oyster, *Ostrea edulis* Linnaeus, 1750. shellfish Res. 80, 2:359-365.

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

Jorgensen, B. B. 1979. The sulfure cycle of a coastal marine sediment (Limfjorden, Denmark). Limnal. Oceanogr. 22: 814-832.

Kilgour, B. W., Mackie, G. L., and Baker, M. A. 1994. Effects of salinity on the condition and survival of Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). Estuaries 7, 2: 385-393.

Kinne, O. 1971. Salinity invertebrates. In Kinne, O. (ed.) Marine Ecology: A comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters, 1, 2: 683-995. Wiiley-Interscience, New York.

Lemos, D. and Phan, V. N. 2001. Energy partitioning into growth, respiration, excretion and exuvia during larval development of the shrimp Farfantepenaeus paulensis. Aquaculure 199, 1-2:131-143.

Lemos, M. B. N., Nascimento, I. A., Dearaujo, M. M. S., Pereira, S, A., Bahia, I., and Smith D. H. 1994. The combined effects of salinity, temperature, antibiotic and aeration on Larval Growth and survival of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*. shellfish research 13 , 1:187-192.

Lockwood, P. M. 1976. Physiological adaptation to life in estuaries. Newell, R. C., Adaptation to environment: essay on the physiology of marine animal; 315-391. London-boston: Butterworths,

Lovatelli, A. 1985. Conditions for the culture of clam larvae with particular reference to *Tapes semidecussatus*. Master's thesis. Applied Fish Biology. Plymouth Polytechnic.

Nabhitabhata, J., Asawangkune, P., Amornjaruchit, S. and Promboon, P., 2001. Tolerance of egg and hatchering of neritic cephalopods to salinity change. Phuket Marine Biological Center Special Publication 25, 1: 91-99.

Neumann, D. 1975. Luna and tidal rhythms in the development and reproduction of and intertidal organism. In: F.J. Vernbeg (ed.), Physical adaptation to the Environment. Intext Educational Publishers. New York. N.Y.:451-463.

Newell, R. C. 1976. Adaptation to Environment: essays on the physiology of marine animals. Butter worths. Londonn-boston.

Nguyen, T. X., Phue, H. N. and Tran, T. N. 2001. Salinity tolerance of larvae and adults of the gastropod *Babylonia areolata*. Phuket Marine Biological Center Special Publication 25, 1: 125-128.

Nurnerg, G. 1984. Ion and hydrogen sulfide interferrance in the analysis of soluble reaction phosphorus in anoxic water. Water Res. 18:367-377.

O'Connor, W. A. and Heasman, M. P. 1998. Ontogenetic in salinity and temperature tolerance in the doughboy scallop, *Mimachlamys asperrima*. Shellfish Research 17, 1:89-95.

Romano, N., and Zeng, C. 2006. The effects of salinity on the survival, growth and Haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. Aquaculture 260:151-162.

Schuh, M., and Diesel, R. 1995. Effects of salinity and starvation on the larval Development of *Sesarma curacaoense* De Man, 1892. a mangrove crab with Abbreviated development (Decapoda: Grapsidae). Crustacean Biology 15, 4: 645-654.

Smith, L. L., Oxcid, D. M., Kimball, G. L., Kandelgy, S. M. E. L. 1976. Toxicity of H_2S to various life history stages of bluegill(Lepomis macrochirus) Trans. Am. Fish. Soc. 105: 442-449.

Strickland J.D.H and Pasons T.R. 1977. A practical Handbook of seawater analysis. 2nd. Fisheries research Board of Canada. Ottawa.

Tan, S. H. and Wong, T. M. 1996. Effect of salinity on hatching, larvae growth, survival and setting in the tropical oyster *Crassostrea belcheri* (Sowerby). Aquaculture 145: 129-139.

Taylor, J. J., Southagate, P. C., and Rose, R. A. 2004. Effects of salinity on growth and survival of silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima*, spat. Shellfish Reseach. 23, 2:375-377.

Vernberg, F.J., and Vernberg, W. B. 1983. Enviromental Adaptations. The biology of Crustacea 8, 2:109-177.

Vernberg, W. B., and Vernberg, F.J. 1972. Environmental physiology of marine animals. Springer-Verlag. New York.

Wazniak, C.E. and Glibert, P. M. 2004. Potential impacts of brown tide, *Aureococcus anophagefferens*, on juvenile hard clams, *Mercenaria mercenaria*, in the Coastal Bays of Maryland, USA. Harmful Algae 3:321-329.

Widmeyer, J. R. and Bendell-Young, L. I. 2007. Influence of food quality and salinity on dietary cadmium availability in *Mytilus trossulus*. Aquatic Toxicologt. 81:144-151.

Woelk, C. E. 1965. Bioassay with bivalve larvae. Report. Pacific Marine Fisheries Commission 18:33-35.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ก.1 อัตรารอดที่มีพัฒนาอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายที่เลี้ยงในความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 ppt และน้ำทะเลธรรมชาติ

การทดลองที่ 1	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน			
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (% ± 2SE)	การเติบโต		
		ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(± 2SE)
15 ppt	$49.78^{a} \pm 2.78$	$59.82^{a} \pm 0.42$	$79.83^{a} \pm 0.37$	$0.7484^{a} \pm 0.0037$
20 ppt	$72.08^{b} \pm 3.48$	$65.50^{b} \pm 0.64$	$80.97^{c} \pm 0.63$	$0.8102^{b} \pm 0.0055$
25 ppt	$96.46^{c} \pm 0.65$	$70.03^{c} \pm 0.71$	$80.41^{b} \pm 0.64$	$0.8439^{d} \pm 0.0054$
30 ppt	$97.95^{c} \pm 0.11$	$69.80^{c} \pm 0.52$	$84.26^{d} \pm 0.35$	$0.8301^{c} \pm 0.0056$
น้ำทะเลธรรมชาติ (35 ppt)	$96.36^{c} \pm 0.98$	$71.68^{d} \pm 0.47$	$84.51^{d} \pm 0.39$	$0.8477^{d} \pm 0.0034$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2.1	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ umbo ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน			
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (%± 2SE)	การเติบโต		
		ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(± 2SE)
15 ppt	$89.87^{a} \pm 1.21$	$89.31^{a} \pm 0.88$	$95.55^{a} \pm 0.88$	$0.9338^{d} \pm 0.0026$
20 ppt	$93.53^{b} \pm 0.18$	$108.97^{b} \pm 1.82$	$123.07^{b} \pm 1.79$	$0.8842^{a} \pm 0.0054$
25 ppt	$93.49^{b} \pm 1.37$	$112.15^{c} \pm 1.72$	$126.08^{c} \pm 1.71$	$0.8882^{a} \pm 0.0048$
30 ppt	$93.62^{b} \pm 1.26$	$133.44^{d} \pm 1.71$	$146.33^{de} \pm 1.71$	$0.9108^{b} \pm 0.0029$
35 ppt	$98.36^{c} \pm 0.58$	$133.69^{d} \pm 1.30$	$143.90^{d} \pm 1.30$	$0.9288^{cd} \pm 0.0029$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	$97.94^{c} \pm 0.57$	$136.74^{e} \pm 1.30$	$147.70^{e} \pm 1.32$	$(0.9259^{c} \pm 0.0030$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 2.2	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ D-shape จนถึงระยะ pediveliger ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน				
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (%± 2SE)		การเติบโต		
	umbo -> pediveliger	D-shape-> pediveliger	ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(± 2SE)
15 ppt	$87.88^{a} \pm 1.18$	$85.81^{a} \pm 1.29$	$118.38^{a} \pm 1.32$	$128.26^{a} \pm 1.38$	$0.9236^{b} \pm 0.0042$
20 ppt	$96.34^{b} \pm 0.89$	$95.41^{b} \pm 1.11$	$187.22^{c} \pm 1.63$	$204.35^{c} \pm 1.83$	$0.9165^{a} \pm 0.0031$
25 ppt	$98.44^{bc} \pm 0.74$	$97.97^{cd} \pm 0.72$	$191.24^{d} \pm 1.54$	$206.23^{c} \pm 1.73$	$0.9278^{b} \pm 0.0030$
30 ppt	$97.44^{bc} \pm 0.96$	$96.58^{bc} \pm 1.19$	$189.05^{cd} \pm 1.45$	$206.29^{c} \pm 1.63$	$0.9163^{a} \pm 0.0030$
35 ppt	$97.03^{b} \pm 1.51$	$96.95^{bcd} \pm 1.57$	$181.51^{b} \pm 1.49$	$196.42^{b} \pm 1.75$	$0.9248^{b} \pm 0.0029$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	$99.27^{c} \pm 0.26$	$99.26^{cd} \pm 0.28$	$179.27^{b} \pm 1.61$	$196.00^{b} \pm 1.90$	$0.9155^{a} \pm 0.0033$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 3	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน			
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (% ± 2SE)	การเติบโต		
		ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(± 2SE)
15 ppt	91.86^{c} ± 1.01	432.38^{a} ± 11.10	507.24^{a} ± 13.11	0.8560^{bc} ± 0.0044
20 ppt	97.62^{d} ± 1.00	783.56^{b} ± 11.68	915.14^{b} ± 13.88	0.8573^{c} ± 0.0037
25 ppt	95.97^{d} + 1.56	820.46^{c} ± 12.43	970.44^{c} ± 15.17	0.8470^{a} ± 0.0034
30 ppt	90.72^{c} ± 0.77	929.13^{e} ± 11.19	1093.66^{e} ± 14.20	0.8513^{abc} ± 0.0030
35 ppt	78.62^{b} ± 2.70	869.09^{d} ± 13.47	1003.57^{d} ± 16.85	0.8689^{d} ± 0.0031
น้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt)	74.85^{a} ± 2.19	857.51^{d} ± 12.18	1013.43^{d} ± 15.39	0.8487^{ab} ± 0.0042

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 4.1	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 30 วัน ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน			
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (% ± 2SE)	การเติบโต		
		ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(± 2SE)
15 ppt	8.00^{a} ± 1.65	951.73^{a} ± 29.12	$1,096.22^{a}$ ± 35.94	0.8746^{c} ± 0.0070
20 ppt	96.84^{b} ± 2.40	$1,608.64^{b}$ ± 33.79	$2,021.63^{b}$ ± 49.54	0.8067^{b} ± 0.0054
25 ppt	95.21^{b} ± 2.26	$1,650.28^{b}$ ± 35.84	$2,117.52^{bc}$ ± 53.86	0.7903^{a} ± 0.0051
30 ppt	92.05^{b} ± 4.97	$1,661.60^{b}$ ± 39.74	$2,153.68^{c}$ ± 60.53	0.7851^{a} ± 0.0053
35 ppt	96.08^{b} ± 1.36	$1,621.70^{b}$ ± 33.35	2115.36^{bc} ± 52.43	0.7792^{a} ± 0.0055
น้ำทะเลธรรมชาติ (32-34 ppt)	93.54^{b} ± 1.69	$1,639.56^{b}$ ± 36.27	$2,117.82^{bc}$ ± 55.92	0.7890^{a} ± 0.0061

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 4.2	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 60 วัน ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน				
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (% ± 2SE)		การเติบโต		
	Juvenile 30-60 day	seed-> juvenile 60 day	ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(± 2SE)
15 ppt	$48.11^{a} \pm 7.31$	$3.81^{a} \pm 0.78$	$3,716.79^{d} \pm 156.79$	$4,969.34^{c} \pm 232.28$	$0.7553^{d} \pm 0.0079$
20 ppt	$99.52^{b} \pm 1.04$	$96.37^{b} \pm 2.25$	$2,775.02^{a} \pm 53.90$	$3,965.20^{a} \pm 86.06$	$0.7057^{c} \pm 0.0040$
25 ppt	$99.36^{b} \pm 0.82$	$94.60^{b} \pm 2.27$	$2,798.00^{ab} \pm 50.47$	$4,092.40^{a} \pm 83.30$	$0.6894^{b} \pm 0.0037$
30 ppt	$99.00^{b} \pm 1.41$	$91.12^{b} \pm 4.83$	$3,665.70^{d} \pm 74.87$	$5,499.70^{d} \pm 114.34$	$0.6685^{a} \pm 0.0034$
35 ppt	$99.37^{b} \pm 0.57$	$95.47^{b} \pm 1.18$	$2,938.58^{bc} \pm 53.58$	$4,321.50^{b} \pm 88.90$	$0.6875^{b} \pm 0.0053$
น้ำทะเลธรรมชาติ (31-35 ppt)	$99.36^{b} \pm 0.52$	$92.93^{b} \pm 1.66$	$2,960.30^{c} \pm 53.07$	$4,404.20^{b} \pm 87.19$	$0.6771^{a} \pm 0.0037$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมด์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 4.3	ผลของอัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์และการเติบโตของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่น อายุ 90 วัน ที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน				
ความเค็ม	อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ (% ± 2SE)		การเติบโต		
	Juvenile 60-90 day	seed-> juvenile 90 day	ความสูงเปลือก (µm ± 2SE)	ความยาวเปลือก (µm ± 2SE)	ratio(±2SE)
15 ppt	$42.01^{a} \pm 7.70$	$3.03^{a} \pm 0.40$	$4,584.09^{c} \pm 293.62$	$6,353.03^{c} \pm 465.82$	$0.7397^{d} \pm 0.0110$
20 ppt	$96.10^{b} \pm 1.04$	$92.63^{b} \pm 3.01$	$3,266.60^{a} \pm 67.34$	$4,809.94^{a} \pm 109.01$	$0.6851^{c} \pm 0.0039$
25 ppt	$97.36^{b} \pm 0.82$	$92.09^{b} \pm 2.02$	$3,278.98^{a} \pm 62.43$	$4,859.86^{a} \pm 103.23$	$0.6813^{bc} \pm 0.0061$
30 ppt	$97.46^{b} \pm 1.41$	$88.84^{b} \pm 5.43$	$3,732.00^{b} \pm 73.69$	$5,655.50^{b} \pm 120.72$	$0.6639^{a} \pm 0.0030$
35 ppt	$99.19^{b} \pm 0.57$	$94.70^{b} \pm 1.04$	$3,253.60^{a} \pm 53.24$	$4884.20^{a} \pm 90.37$	$0.6714^{ab} \pm 0.0038$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	$98.08^{b} \pm 0.52$	$91.15^{b} \pm 1.79$	$3,192.20^{a} \pm 54.73$	$4816.90^{a} \pm 93.37$	$0.6683^{a} \pm 0.0040$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.2 ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในทุกระยะที่ทำการทดลอง

การทดลองที่ 1	ผลของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ trochophore จนถึงระยะ D-shape (% ± 2SE)		
ความเค็ม	trochophore	พิการ	ตาย
15 ppt	$21.50^{3} \pm 3.96$	$7.05^{ข} \pm 1.28$	$21.68^{c} \pm 4.81$
20 ppt	$7.42^{2} \pm 1.63$	$8.60^{ข} \pm 3.10$	$11.90^{b} \pm 1.95$
25 ppt	$0.91^{1} \pm 0.21$	$2.63^{ก} \pm 0.47$	$0.00^{a} \pm 0.00$
30 ppt	$0.38^{1} \pm 0.11$	$1.67^{ก} \pm 0.08$	$0.00^{a} \pm 0.00$
น้ำทะเลธรรมชาติ (35 ppt)	$1.35^{1} \pm 0.55$	$2.29^{ก} \pm 0.68$	$0.00^{a} \pm 0.00$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 2.1	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ D–shape จนถึงระยะ umbo (% ± 2SE)		
ความเค็ม	D-shape	พิการ	ตาย
15 ppt	$4.45^{2} \pm 0.89$	$3.33^{ง} \pm 0.30$	$2.35^{c} \pm 0.20$
20 ppt	$4.11^{2} \pm 0.50$	$1.40^{ขค} \pm 0.29$	$0.96^{b} \pm 0.38$
25 ppt	$4.61^{2} \pm 1.37$	$1.42^{ขค} \pm 0.43$	$0.48^{ab} \pm 0.17$
30 ppt	$3.89^{2} \pm 1.61$	$1.60^{ก} \pm 0.98$	$0.89^{b} \pm 0.64$
35 ppt	$1.47^{1} \pm 0.53$	$0.09^{ก} \pm 0.09$	$0.07^{a} \pm 0.06$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	$1.51^{1} \pm 0.45$	$0.54^{กข} \pm 0.28$	$0.02^{a} \pm 0.04$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 2.2.1	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ D–shape จนถึงระยะ pediveliger (% ± 2SE)		
ความเค็ม	umbo	พิการ	ตาย
15 ppt	$7.32^{2} \pm 2.69$	$3.10^{ข} \pm 1.50$	$3.78^{c} \pm 0.42$
20 ppt	$0.27^{1} \pm 0.11$	$0.85^{ก} \pm 0.56$	$3.47^{bc} \pm 1.38$
25 ppt	$0.36^{1} \pm 0.23$	$0.46^{ก} \pm 0.28$	$1.20^{a} \pm 0.50$
30 ppt	$0.60^{1} \pm 0.54$	$(0.40^{ก} \pm 0.32$	$2.43^{abc} \pm 1.37$
35 ppt	$0.63^{1} \pm 0.44$	$(0.89^{ก} \pm 0.90$	$1.53^{ab} \pm 1.00$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	$0.00^{1} \pm 0.00$	$(0.15^{ก} \pm 0.19$	$0.59^{a} \pm 0.19$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 2.2.2	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ umbo จนถึงระยะ pediveliger (% ± 2SE)		
ความเค็ม	umbo	พิการ	ตาย
15 ppt	$7.50^{2} \pm 2.76$	$3.17^{ข} \pm 1.53$	$1.46^{ab} \pm 0.39$
20 ppt	$0.27^{1} \pm 0.11$	$0.86^{ก} \pm 0.56$	$2.53^{b} \pm 1.29$
25 ppt	$0.37^{1} \pm 0.24$	$0.46^{ก} \pm 0.28$	$0.73^{ab} \pm 0.49$
30 ppt	$0.60^{1} \pm 0.55$	$0.40^{ก} \pm 0.32$	$1.56^{ab} \pm 1.11$
35 ppt	$0.63^{1} \pm 0.44$	$0.89^{ก} \pm 0.90$	$1.46^{ab} \pm 0.95$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34-35 ppt)	$0.00^{1} \pm 0.00$	$0.15^{ก} \pm 0.19$	$0.58^{a} \pm 0.15$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 3	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed (% ± 2SE)	
ความเค็ม	พิการ	ตาย
15 ppt	$6.59^{ก} \pm 0.87$	$1.54^{a} \pm 0.62$
20 ppt	$1.41^{ข} \pm 0.47$	$0.97^{a} \pm 0.69$
25 ppt	$0.18^{ก} \pm 0.09$	$3.86^{a} \pm 1.58$
30 ppt	$0.11^{ก} \pm 0.10$	$9.17^{b} \pm 0.71$
35 ppt	$0.03^{ก} \pm 0.04$	$21.35^{c} \pm 2.69$
น้ำทะเลธรรมชาติ (34 ppt)	$0.05^{ก} \pm 0.05$	$25.10^{d} \pm 2.21$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 4.1	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 30 วัน(% ± 2SE)	
ความเค็ม	เปลือกตายขนาดเล็ก	เปลือกตายขนาดใหญ่
15 ppt	$92.00^{b} \pm 1.65$	$0.00^{a} \pm 0.00$
20 ppt	$2.62^{a} \pm 2.02$	$0.54^{a} \pm 0.40$
25 ppt	$3.44^{a} \pm 1.92$	$1.35^{a} \pm 1.24$
30 ppt	$6.95^{a} \pm 4.66$	$1.00^{a} \pm 0.43$
35 ppt	$2.80^{a} \pm 0.84$	$1.12^{a} \pm 0.65$
น้ำทะเลธรรมชาติ(32-34ppt)	$5.21^{a} \pm 1.58$	$1.26^{a} \pm 0.61$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 4.2.1	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 60 วัน (% ± 2SE)		
ความเค็ม	พิการ	ตาย	ตายเก่า
15 ppt	$3.63^{ข} \pm 1.07$	$0.56^{a} \pm 0.34$	$92.00^{b} \pm 1.65$
20 ppt	$0.28^{ก} \pm 0.12$	$0.73^{a} \pm 0.33$	$2.62^{a} \pm 2.02$
25 ppt	$0.26^{ก} \pm 0.17$	$1.70^{a} \pm 1.19$	$3.44^{a} \pm 1.92$
30 ppt	$0.39^{ก} \pm 0.48$	$1.54^{a} \pm 0.54$	$6.95^{a} \pm 4.66$
35 ppt	$0.25^{ก} \pm 0.08$	$1.48^{a} \pm 0.61$	$2.81^{a} \pm 0.84$
น้ำทะเลธรรมชาติ(31-35 ppt)	$0.19^{ก} \pm 0.14$	$1.67^{a} \pm 0.57$	$5.21^{a} \pm 1.58$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 4.2.2	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ วัยรุ่นอายุ 30-60 วัน (% ± 2SE)	
ความเค็ม	พิการ	ตา ย
15 ppt	$44.95^{ข} \pm 6.83$	$6.94^{a} \pm 4.17$
20 ppt	$0.29^{ก} \pm 0.11$	$0.19^{a} \pm 0.12$
25 ppt	$0.28^{ก} \pm 0.18$	$0.37^{a} \pm 0.05$
30 ppt	$0.42^{ก} \pm 0.53$	$0.58^{a} \pm 0.37$
35 ppt	$0.25^{ก} \pm 0.08$	$0.38^{a} \pm 0.25$
น้ำทะเลธรรมชาติ (31-35 ppt)	$0.21^{ก} \pm 0.15$	$0.44^{a} \pm 0.29$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 4.3.1	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะ seed จนถึงระยะวัยรุ่นอายุ 90 วัน(% ± 2SE)		
ความเค็ม	พิการ	ตายใหม่	ตายรวม
15 ppt	$3.89^{ข} \pm 1.02$	$2.52^{a} \pm 0.80$	$92.00^{b} \pm 1.65$
20 ppt	$0.60^{ก} \pm 0.35$	$4.14^{a} \pm 1.30$	$2.62^{a} \pm 2.02$
25 ppt	$0.45^{ก} \pm 0.19$	$4.04^{a} \pm 1.69$	$3.44^{a} \pm 1.92$
30 ppt	$0.49^{ก} \pm 0.50$	$3.72^{a} \pm 1.57$	$6.95^{a} \pm 4.66$
35 ppt	$0.27^{ก} \pm 0.09$	$2.23^{a} \pm 0.56$	$2.54^{a} \pm 0.64$
น้ำทะเลธรรมชาติ(34-35 ppt)	$0.33^{ก} \pm 0.15$	$3.31^{a} \pm 0.95$	$5.21^{a} \pm 1.58$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การทดลองที่ 4.3.2	ร้อยละของหอยลายที่ผิดปกติในระยะวัยรุ่นอายุ 60-90 วัน(% ± 2SE)	
ความเค็ม	พิการ	ตาย
15 ppt	$7.47^{ข} \pm 2.89$	$50.52^{b} \pm 9.21$
20 ppt	$0.33^{ก} \pm 0.32$	$3.57^{a} \pm 1.14$
25 ppt	$0.20^{ก} \pm 0.16$	$2.44^{a} \pm 0.77$
30 ppt	$0.11^{ก} \pm 0.13$	$2.43^{a} \pm 1.43$
35 ppt	$0.03^{ก} \pm 0.06$	$0.78^{a} \pm 0.57$
น้ำทะเลธรรมชาติ(34-35 ppt)	$0.14^{ก} \pm 0.13$	$1.78^{a} \pm 0.59$

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ก.3 ร้อยละของหอยลายโตเต็มวัยที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน

ความเค็ม	อัตรารอดเฉลี่ยร้อยละ(%)	หมายเหตุ
15 ppt	0.00^{a}	ตายชั่วโมงที่37
20 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
25 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
25 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
30 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
35 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
น้ำทะเลในธรรมชาติ (33-35 ppt)	100.00^{b}	ไม่มีการตาย

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ก.4 ร้อยละของหอยลายวัยรุ่นอายุ 120 วัน ที่เลี้ยงในความเค็มที่แตกต่างกัน

ความเค็ม	อัตรารอดเฉลี่ยร้อยละ(%)	หมายเหตุ
15 ppt	0.00^{a}	ตายชั่วโมงที่39
20 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
25 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
30 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
35 ppt	100.00^{b}	ไม่มีการตาย
น้ำทะเลในธรรมชาติ (35 ppt)	100.00^{b}	ไม่มีการตาย

* ค่าที่มีตัวยกซ้ำกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ก.5 ร้อยละของหอยลายวัยรุ่น อายุ 120 วัน ที่เลี้ยงด้วยวิธีการปรับลดความเค็มอย่างค่อยเป็นค่อยไป จนถึงความเค็ม 15 ppt

วิธีทดลอง	อัตรารอดเฉลี่ยร้อยละ (%)
น้ำทะเลในธรรมชาติ	98.72
ความเค็มลดลงครั้งละ 2 ppt	99.43
ความเค็มลดลงครั้งละ 3 ppt	98.82

ภาคผนวก ข

ข.1 การพัฒนาและการเติบโตของหอยลาย *Paphia undulata,* Born, 1778 ในห้องปฏิบัติการ ณ โรงเพาะพันธุ์หอยทะเล ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในฤดูหนาว (เพาะพันธุ์หอยลายวันที่ 12 ธันวาคม 2550)

ระยะการพัฒนา	รายละเอียด	อายุ	ขนาด	อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความยาวเปลือก
fertilizing egg	เริ่มสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว	-	50-55 µm	-
trochophore	พัฒนาเป็น cilia ขนาดใหญ่ 2-3 เส้นในบริเวณด้านแหลม	6 ชั่วโมง	-	-
D- shape	พัฒนา cilia ที่ velum และมีกระเพาะ	13 ชั่วโมง	70x80 µm	0.8750
umbo	มีปุ่ม 2 ปุ่ม ปรากฏขึ้นที่ บริเวณบานพับ	5 วัน	130x160 µm	0.8125
pediveliger	มีเท้าและช่องว่างในกระเพาะและเริ่มมีพฤติกรรมการคลานที่พื้นในขณะที่ยังมี velum ที่ใช้ในการว่ายน้ำอยู่	8 วัน	210x230 µm	0.9130
seed	การพัฒนาอวัยวะสมบูรณ์หลังจาก metamorphosis	12 วัน	310x365 µm	0.8493
juvenile	พัฒนาจนมีลวดลายบนเปลือกสมบูรณ์เหมือนโตเต็มวัย	30 วัน	0.95x1.15 mm	0.8261
		60 วัน	2.68x3.60 mm	0.7400
		90 วัน	6.68x9.68 mm	0.6901

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

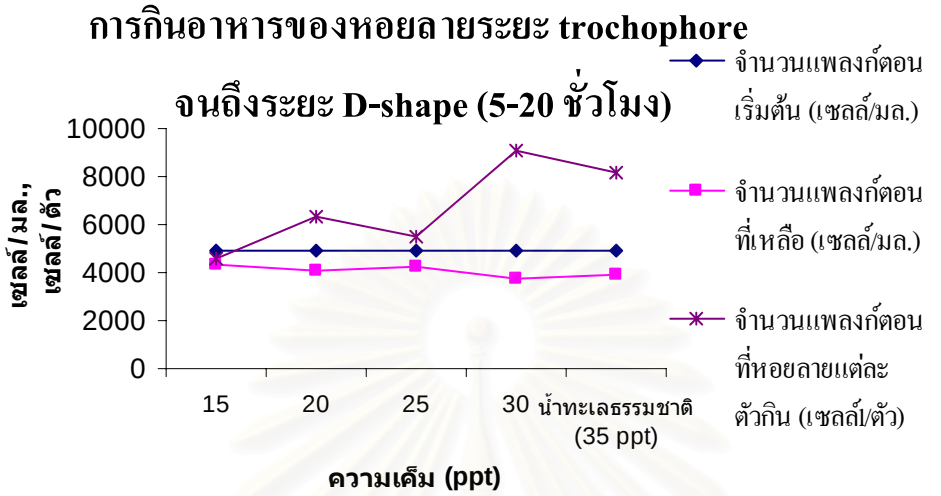
ข.2 อัตรารอดที่มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์ของการเพาะฟักหอยลายในฤดูที่แตกต่างกัน

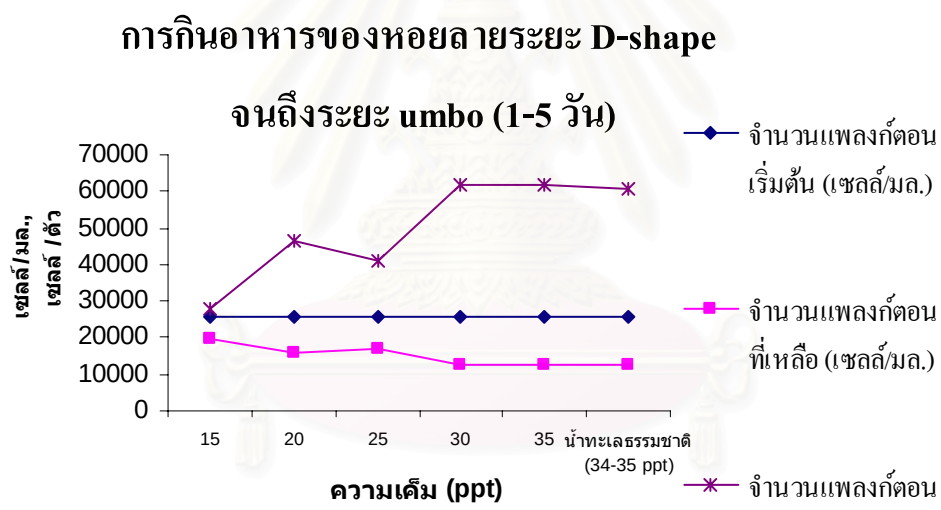
ระยะการเติบโต	อัตรารอดที่พัฒนาอย่างปกติ (%)	
	ฤดูหนาว (12 ธันวาคม 2549)	ฤดูร้อน (10 เมษายน 2550)
ไข่พัฒนาเป็น D-shape larvae	72.18	81.81
ไข่พัฒนาเป็น umbo	37.97	58.71
D-shape พัฒนาเป็น umbo	52.60	95.24
D- shape พัฒนาเป็น Pediveliger	33.02	87.30
D-shape พัฒนาเป็น seed	29.86	79.37
Pediviliger พัฒนาเป็น seed	90.44	90.91
D-shape พัฒนาเป็น หอยวัยรุ่นอายุ 60 วัน	8.00	-
D-shape พัฒนาเป็น หอยวัยรุ่นอายุ 90 วัน	4.46	-

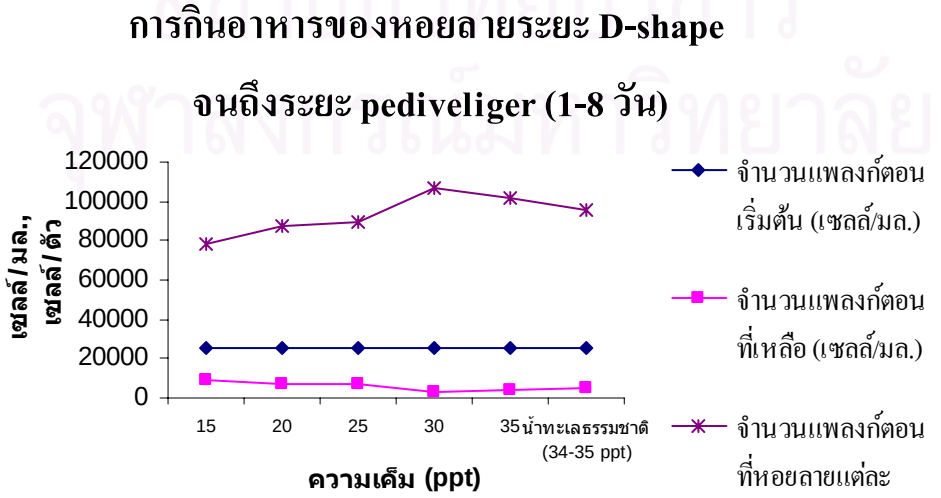
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

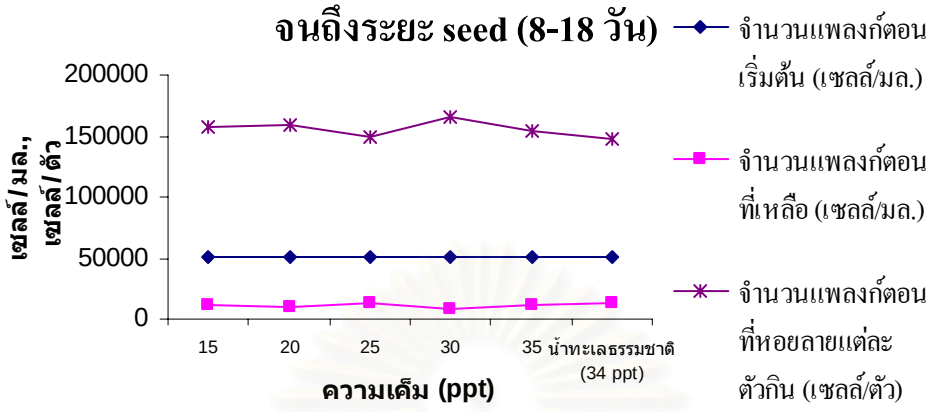
ค.1 การกินอาหารของหอยลายในแต่ละระยะที่ทำการทดลอง



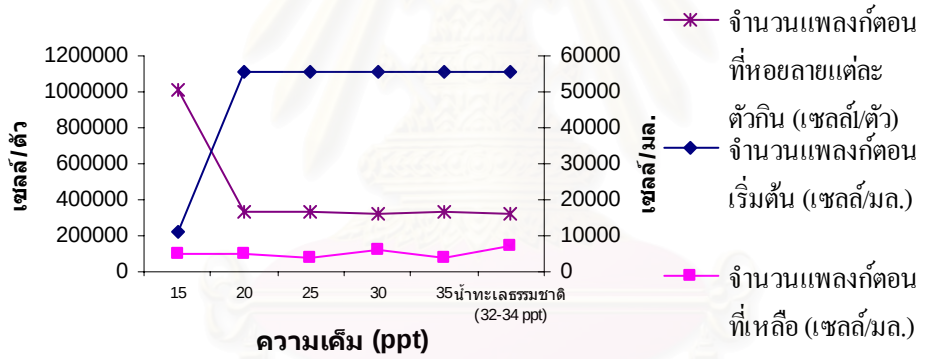




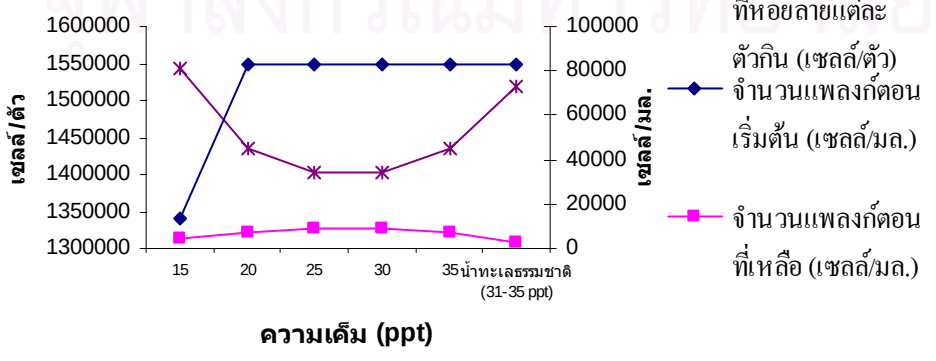
การกินอาหารของหอยลายระยะ pediveliger จนถึงระยะ seed (8-18 วัน)



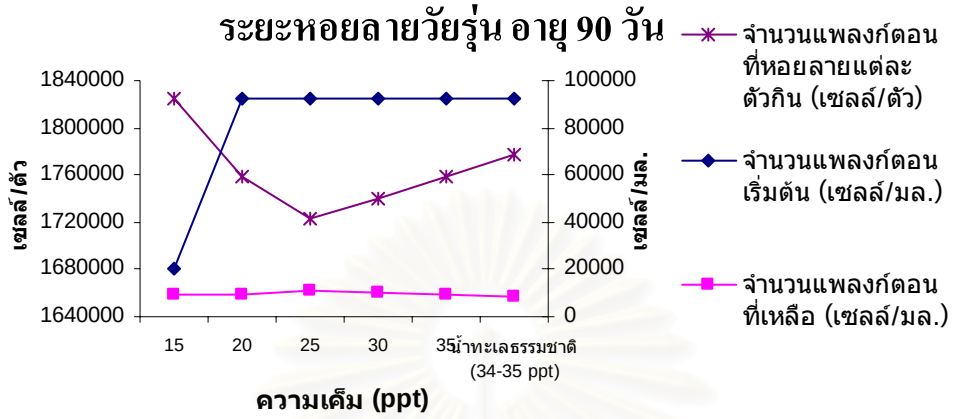
การกินอาหารของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 30 วัน



การกินอาหารของหอยลายระยะ seed จนถึงระยะหอยลายวัยรุ่น อายุ 60 วัน



การกินอาหารของหอยลายระยะ seed จนถึง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรุ่งทิวา ตะติชรา เกิดเมื่อ 2 ธันวาคม 2522 ที่อำเภอเมือง จังหวัดตราด สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีประเสริฐศิลป์ ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544 และได้รับรางวัลความประพฤติเรียบร้อย ของคณะวิทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน เมื่อจบการศึกษาระดับปริญญาตรีได้เข้าทำงานในบริษัท IQA-Norwest Lab. Co, Ltd. สาขาประเทศไทย ในตำแหน่งพนักงานเทคนิค ระหว่างวันที่ 11 เมษายน 2545 ถึง 31 พฤษภาคม 2547 ต่อมาในช่วง 1 มิถุนายน 2547 ถึง 30 เมษายน 2548 เข้าทำงานที่สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ประจำพิพิธภัณฑ์ชลทัศนสถาน ก่อนเข้ามาศึกษาในหลักสูตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย