ผลของความเค็มและอุณหภูมิต่อการฟักไข่ การรอดของตัวอ่อนหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และต่อการรอดของตัวอ่อนหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*)

นางสาวสิรินันท์ หนูนิ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

EFFECTS OF SALINITY AND TEMPERATURE ON EGG HATCHING AND SURVIVAL OF EARLY LIFE STAGES OF SPOTTED BABYLON, *Babylonia areolata* AND ON EARLY LIFE STAGES OF ABALONE, *Haliotis asinina*.

Miss Sirinun Noonim

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Mater of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความเค็มและอุณหภูมิต่อการฟักไข่ การรอดของตัวอ่อนหอยหวาน (*Babylonia areolata*)และต่อการรอดของตัวอ่อนหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinin*a)
โดย	นางสาวสิรินันท์ หนูนิ่ม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

……. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์)

……. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. สรวิศ เผ่าทองศุข)

สิรินันท์ หนูนิ่ม : ผลของความเค็มและอุณหภูมิต่อการฟักไข่ การรอดของตัวอ่อนหอยหวาน (*Babylonia areolata*)และต่อการรอดของตัวอ่อนหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) (EFFECTS OF SALINITY AND TEMPERATURE ON EGG HATCHING AND SURVIVAL OF EARLY LIFE STAGES OF SPOTTED BABYLON, *Babylonia areolata* AND ON EARLY LIFE STAGES OF ABALONE, *Haliotis asinina*.) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.ดร.นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 67 หน้า.

ศึกษาอิทธิพลร่วมของความเค็ม 3 ระดับ (27, 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน)และอุณหภูมิ 3 ระดับ (25, 30 และ35 องศาเซลเซียส) ต่อการฟักไข่และการรอดตายของลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ผลการศึกษา ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเค็ม และพบว่าความเค็มมีผลต่ออัตราการฟักไข่ของหอยหวาน ในขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาในการฟักไข่ของหอยหวานที่ทุกระดับความเค็ม ทั้งนี้ยังพบว่าทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกหอยหวานและลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเค็มต่อการรอดตายของลูกหอยหวานและลูกหอยเป๋าฮื้อ (P<0.05) การศึกษาในครั้งนี้พบว่า อุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ของหอยหวานคือ 35 องศาเซลเซียสและ 33 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิและความเค็มที่ทำให้ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น มีอัตราการรอดตายสูงคือ 30 องศาเซลเซียส และ 33 ส่วนในพันส่วน, 25 องศาเซลเซียส และ 33 ส่วนในพันส่วน และ 25 องศาเซลเซียส และ 30 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ และอุณหภูมิและความเค็มที่ทำให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น มีอัตราการรอดตายสูงเท่ากันที่ 25 องศาเซลเซียสและ 33 ส่วนในพันส่วน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5287284920 : MAJOR Environmental Science

KEYWORDS : *Babylonia areolata* / *Haliotis asinia* / EGG CAPSULES / VELIGER/ JUVENILE / TEMPERATURE / SALINITY

SIRINUN NOONIM: EFFECTS OF SALINITY AND TEMPERATURE ON EGG HATCHING AND SURVIVAL OF EARLY LIFE STAGES OF SPOTTED BABYLON, *Babylonia areolata* AND ON EARLY LIFE STAGES OF ABALONE, *Haliotis asinina*. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATITIVORAKUL,Ph.D., CO-THESIS ADVISOR: NILNAJ CHAITHANAVISUTI, Ph.D., 67 pp.

Combined effects of temperature and salinity on hatching success, larval and juvenile survival of the spotted babylon *Babylonia areolata* and abalone *Haliotis asinina* were investigated in a 3x3 CRD involved factorial experiment. Three temperature (25, 30 and 35^{0}C) and three salinity (27, 30 and 33 ppt) were used in the study. The results showed that no interaction of temperature and salinity on hatching of *B. areolata* eggs. Both salinity and temperature showed significantly effect on hatching of the eggs. Survival of larvae, early juvenile and fully juvenile *B. areolata* and *H. asinina* were significantly affected by temperature and salinity (P<0.05). There was a significant interaction between both factors in this experiment. From an aquaculture point of view, this study indicated that the optimal condition for high hatching of egg capsules *B. areolata* was 35^{0}C with 33 ppt. As well as the high survival of larvae, early juveniles and fully juveniles of *B. areolata* were found at 30 ^{0}C with 33 ppt, 25 ^{0}C with 33 ppt, and 25^{0}C with 30 ppt, respectively, and those of *H. asinina* were 25^{0}C with 33 ppt, All phases.

Field of Study : Environmental Science ..... Student's Signature .....

Academic Year : 2011 ..... Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล ที่ให้คำแนะนำ เอาใจใส่ ให้กำลังใจ รวมทั้งการแนะนำเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ ที่คอยให้คำแนะนำในเรื่องเทคนิคการอนุบาลลูกหอยหวานและหอยเป๋าฮื้อ แนะนำเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง และเอาใจใส่เรื่องความเป็นอยู่ ให้กำลังใจและให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทดลอง รวมทั้งการช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร และดร. สรวิศ เผ่าทองศุข สำหรับคำแนะนำต่างๆในการทำวิจัย และร่วมเป็นประธานและกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

งานวิจัยนี้ศึกษาที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งอยู่ที่ ตำบลท่าเทววงษ์ อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิรุษา กฤษณะพันธุ์ คุณวรรณณี แสนทวีสุข และคุณสุนทร เทพมูล ที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือขณะทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ เอาใจใส่และห่วงใยสุขภาพตลอดเวลา ตลอดจนให้กำลังทรัพย์เรื่อยมาจนจบการศึกษา และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ นิสิตปริญญาโท สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ค่อยช่วยเหลือให้กำลังใจและขอบคุณสัตว์ทดลองทุกๆตัวที่ต้องเสียสละชีวิตเพื่อการศึกษาในครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	13
3.1 สถานที่ศึกษา	13
3.2 การวางแผนการทดลอง	13
3.3 สัตว์ทดลอง	13
3.4 การเตรียมน้ำทะเล	14
3.4.1 ความเค็มน้ำทะเล	14
3.4.2 อุณหภูมิน้ำทะเล	14
3.5 การเตรียมหน่วยทดลอง	14
3.6 การเลี้ยงสัตว์ทดลอง	15
3.6.1 การเลี้ยงหอยหวาน	15
3.6.2 การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ	17
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	18
3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ	18
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	19
4.1 ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อหอยหวาน	19
4.1.1 การฟักไข่	19
4.1.2 ลูกหอยหวานระยะต่างๆ	20

บทที่ หน้า

4.1.2.1 ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน..... 24
4.1.2.2 ลูกหอยหวานระยะลงพื้น..... 24
4.1.2.3 ลูกหอยหวานระยะเต็มวัย..... 25
4.2 ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อหอยเป๋าฮื้อ..... 29
4.2.1 ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน..... 29
4.2.2 ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น..... 30
4.2.3 ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะเต็มวัย..... 30
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 38
5.1 อภิปรายผลการวิจัย..... 38
5.2 สรุปผลการวิจัย..... 40
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 41
รายการอ้างอิง..... 43
ภาคผนวก..... 48
ภาคผนวก ก ข้อมูลจากทดลอง..... 49
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 56
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 67

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาการฟักไข่และอัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกัน เป็นเวลา 144 ชั่วโมง.....	20
2	อัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อนุบาลเมื่อพิจารณาเฉพาะความเค็มต่างกัน....	20
3	อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	26
4	อัตราการการรอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	27
5	อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	28
6	อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	35
7	อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	36
8	อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	37

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หอยหวาน *Babylonia areolata*.....	4
2	วงจรชีวิตของหอยหวาน *Babylonia areolata*.....	5
3	หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*.....	7
4	วงจรชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*.....	8
5	อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	21
6	อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะลงพื้น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	22
7	อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	23
8	กราฟ Response surface ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน.....	24
9	กราฟ Response surface ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะลงพื้น.....	28
10	กราฟ Response surface ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น.....	29
11	อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	32
12	อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	33
13	อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น ที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	34
14	กราฟ Response surface ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน.....	35

ภาพที่ หน้า

15 กราฟ Response surface ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น..... 36
16 กราฟ Response surface ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น..... 37

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หอยหวาน (*Babylonia areolata*) และหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) เป็นหอยทะเลฝาเดียวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งหอยทั้งสองชนิดเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีความต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีน ไต้หวัน ฮ่องกง ญี่ปุ่น ฯลฯ และมีราคาในระดับปานกลางถึงสูงมาก ปัจจุบันพบว่าปริมาณการจับหอยทั้งสองชนิดจากแหล่งธรรมชาติได้ลดลงอย่างน่าวิตก และมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ขณะที่ปริมาณความต้องการของตลาดยังคงสูง ปัจจุบันนักเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ให้ความสำคัญกับการเพาะเลี้ยงหอยทั้งสองชนิดโดยมีเป้าหมายหลักเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (Market supply) และเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์น้ำทั้งสองชนิดในธรรมชาติ (Stock enhancement) ดังนั้นการเพาะและเลี้ยงหอยหวานและหอยเป๋าฮื้อเชิงพาณิชย์แบบครบวงจรตั้งแต่การผลิตพ่อแม่พันธุ์ การเพาะพันธุ์และการเลี้ยงหอยขนาดตลาด จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการเพิ่มผลผลิตหอยทั้งสองชนิดสนองความต้องการของตลาดและการฟื้นฟูทรัพยากรหอยทั้งสองชนิดในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งปัญหาประการสำคัญของการเพาะฟักหอยหวานและหอยเป๋าฮื้อในโรงเพาะฟักคือ ลูกหอยระยะวัยอ่อน (Veliger larvae) และระยะลงพื้น (Metamorphosed larvae) มีอัตราการเติบโตช้าและมีอัตราการรอดต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยสำคัญหลายประการในลักษณะของอิทธิพลเดียวจากปัจจัยเดียว (Single effects) หรืออิทธิพลร่วมจากหลายปัจจัย (Combined effects) อาทิ คุณภาพของพ่อแม่พันธุ์และคุณภาพไข่ การฟักไข่ พฤติกรรมการกินอาหาร โรคและปรสิต ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของน้ำทะเล (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545 ชุติมา ชัยสนิท, 2551 ธานินท์ สิงหะไกรวรรณ, 2535) เป็นที่ทราบกันดีว่า อุณหภูมิและความเค็มนับว่าเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนา การเติบโตและการรอดของลูกหอยทะเลระยะวัยอ่อน (Early life stage) นานาชนิด อาทิ หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis corrugate* (Romo *et al*., 2010) หอยแมลงภู่ *Perna viridis* (Nair & Appukuttan, 2003) หอยนางรม *Saccostrea glomerata* (Dove & O'Oconner, 2007) หอยนางรม *Ostrea edulis* (Robert *et al*., 1988) หอยสังข์ *Strombus gigas* (Davis, 2000) หอยมุก *Pinctada margaritifera* (Doroudi *et al*., 1999) หอยมุก *Pintada maxima* (Taylor *et al*.,

2004) หอยเชลล์ *Argopecten irradians* (Tettelbach & Rhode, 1981) หอยเชลล์ *Argopecten purpuratus* (Soria *et al*., 2007)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นสมควรศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลแบบเฉียบพลันในลักษณะของอิทธิพลร่วมต่ออัตราการฟักไข่และอัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะเต็มวัย ทั้งนี้เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาเทคนิคการเพาะฟักและการอนุบาลลูกหอยเศรษฐกิจทั้งสองชนิดที่เหมาะสมและสามารถให้อัตราการเติบโตและอัตราการรอดของลูกหอยระยะวัยอ่อนและระยะลงพื้นสูงขึ้น นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ (climate change) ต่อการฟักไข่ การพัฒนา การเติบโต และการตายของลูกหอยทั้งสองชนิด รวมถึงลูกหอยทะเลฝาเดียวชนิดอื่นๆ ในสภาพสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 3 ระดับ (25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส) และความเค็ม 3 ระดับ (27, 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) ต่ออัตราการฟักไข่และอัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น ภายในเวลา 96 ชั่วโมงในระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ

2. ศึกษาอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 3 ระดับ (25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส) และความเค็ม 3 ระดับ (27, 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) ต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น ภายในเวลา 96 ชั่วโมงในระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 3 ระดับ (25, 30, 35 องศาเซลเซียส) และความเค็ม 3 ระดับ (27, 30, 33 ส่วนในพันส่วน) ต่ออัตราการฟักไข่และอัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และ หอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น ภายในเวลา 96 ชั่วโมงในระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยแต่ละการทดลองมี 3 ซ้ำ (replications)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาเทคนิคการเพาะฟักและการอนุบาลลูกหอยระยะต่างๆ ที่เหมาะสมและสามารถให้อัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายของลูกหอยระยะวัยอ่อนและระยะลงพื้นของหอยทั้งสองชนิดสูงขึ้น

- ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศต่อการฟักไข่ การพัฒนา การเติบโต และการตายของลูกหอยทะเลฝาเดียวชนิดอื่นๆ ในสภาพสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ

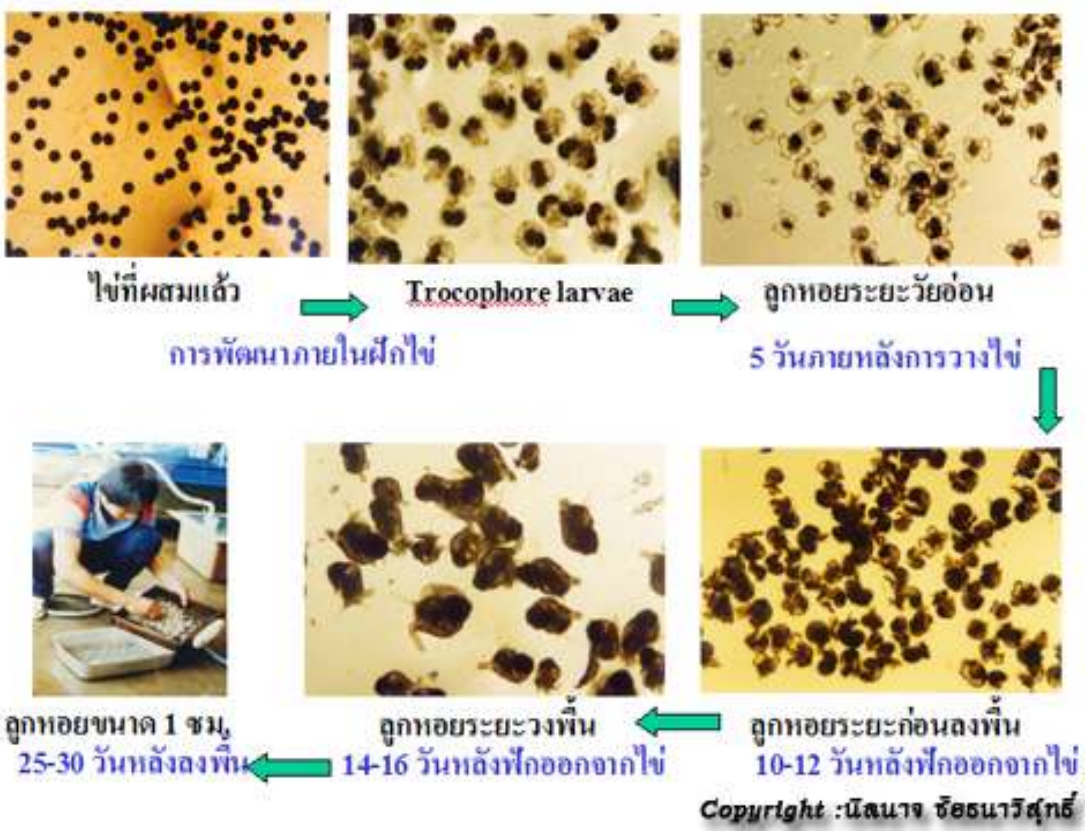
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของหอยหวาน

หอยหวานแท้มีชื่อสามัญว่า หอยตุ๊กแก หรือหอยเทพรส และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Babylonia areolata* Link 1807 (ภาพที่ 1) จัดอยู่ในอาณาจักรมอลลัสกา (Mollusca) คลาสแกสโทรโพดา (Class Gastropoda) แฟมิลี่บัคซินิดี (Family Buccinidae) หอยหวานเป็นหอยทะเลฝาเดียวมีเปลือกค่อนข้างหนาทรงไข่ (ovate) ผิวเรียบ เปลือกมีพื้นสีขาวและมีแต้มสี่เหลี่ยมสีน้ำตาลดำขนาดใหญ่เรียงเป็นแถว 3 แถวบนวงลำตัว (body whorl) บริเวณปลายสุดของส่วนเปลือกจะแหลมโดยส่วนหัวจะขดเป็นเกลียว (spire) การวนของเปลือกจะวนขวา (dextral) และมีร่องที่ไม่ลึกมากนัก ฝาปิด (operculum) เป็นรูปทรงไข่ที่สามารถปิดช่องเปิดลำตัวได้อย่างสนิท มีลำตัวนิ่ม ใช้เท้า (muscular foot) ในการเคลื่อนที่หรือคลานฝังตัว หอยหวานมีหนวด 1 คู่ ตา 1 คู่ ตาของหอยหวานใช้สำหรับรับรู้เกี่ยวกับแสงสว่างเท่านั้น หอยหวานเป็นสัตว์แยกเพศ (dioecious) คือ เพศผู้และเพศเมียไม่ได้อยู่ในตัวเดียวกัน และไม่สามารถจำแนกเพศของหอยหวานได้จากลักษณะเปลือกภายนอก การผสมพันธุ์เกิดขึ้นโดยการจับคู่ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย หอยหวานวางไข่เป็นฝัก (egg capsule) เมื่อไข่ได้รับการผสมในท่อนำไข่ และถูกห่อหุ้มด้วยฝักไข่แล้วถูกปล่อยออกสู่ภายนอกร่างกายบนพื้นทราย ฝักไข่แต่ละใบยึดติดกับพื้นทรายด้วยก้านฝักไข่ (peduncle) แยกเป็นถุงๆในแนวตั้งฉาก ฝักไข่ของหอยหวานมีลักษณะเป็นรูปร่างแบนปลายด้านหนึ่งเรียวคล้ายกระสวย (vasifrom) โปร่งใสและสามารถมองเห็นไข่ที่ปฏิสนธิแล้ว (fertilized eggs) โดยไขที่ปฏิสนธิแล้วมีลักษณะทรงกลมและแขวนลอยอยู่ในของเหลวใสๆอยู่ภายในฝักไข่ หลังจากนั้นไข่ที่ปฏิสนธิแล้วจะพัฒนาเป็นลูกหอยระยะพัฒนาที่เรียกว่า trocophore larvae ภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังการวางไข่ ลูกหอยหวานระยะนี้จะเจริญอยู่ภายในฝักไข่ หลังจากนั้นลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (newly-hatched veliger larvae) จึงฟักออกจากฝักไข่และล่องลอยอยู่ในมวลน้ำภายในเวลาประมาณ 4-5 วันหลังการวางไข่ โดยลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (veliger larvae) มีลักษณะสำคัญคือ มีกลุ่มขน (velum) ขนาดใหญ่ จำนวน 2 อัน ใช้ในการโบกพัดอาหารเข้าสู่ปากและเคลื่อนที่ จึงทำให้มีรูปร่างคล้ายผีเสื้อ โดยลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมีการดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน(planktonic larvae) และมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาแสง (positive phototactic) ดังนั้นลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนระยะนี้จึงล่องลอยอยู่บริเวณผิวน้ำหรือกลางน้ำ ลูกหอยหวาน

ระยะวัยอ่อนกินแพลงค์ตอนพืชเป็นอาหาร ได้แก่ คีโตเซอรอส (*Chaetoceros sp.*), ไอโซไคซิส (*Isochrysis sp.*)เป็นต้น โดยลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนจะเจริญเข้าสู่ลูกหอยหวานระยะลงพื้น (newly-Settled juveniles) ภายในเวลาเฉลี่ย 12 วัน (12-14 วัน) หลังฝักออกจากฝักไข่ ลูกหอยระยะนี้มีเปลือกและรูปร่างสมบูรณ์เหมือนพ่อแม่ทุกประการและดำรงชีพด้วยการคืบคลานบนพื้นทะเล ลูกหอยหวานระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่สำคัญ 2 ประการ คือ เปลี่ยนจากการดำรงชีพแบบแพลงค์ตอน (planktonic larvae) เป็นสัตว์พื้นทะเล (benthic juvenile) และเปลี่ยนจากการกินอาหารแบบกรองเป็นการกินเนื้อเป็นอาหาร โดยการกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร ลูกหอยระยะลงพื้นจะเติบโตเป็นหอยหวานระยะวัยรุ่นหรือระยะเต็มวัย(juveniles) ภายในระยะเวลาเฉลี่ย 17 วัน (14-20 วัน) ภายหลังจากที่ลูกหอยหวานลงคืบคลานบนพื้น และสามารถเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (first maturity) ที่อายุประมาณ 6 เดือน (ความยาวเปลือกประมาณ 3.6 เซนติเมตร) หลังจากการวางไข่ (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 1 หอยหวาน *Babylonia areolata*



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของหอยหวาน *Babylonia areolata*

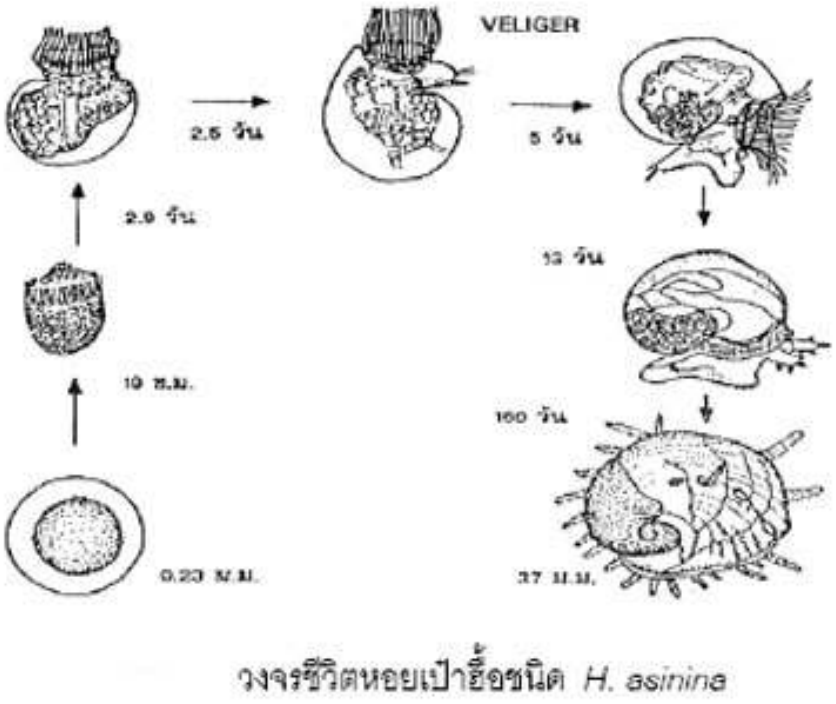
ที่มา : หน่วยปฏิบัติการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะฟักและเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แบบครบวงจร, 2551: ออนไลน์

2.2 ชีววิทยาของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อมีชื่อสามัญว่า หอยโข่งทะเล หรือหอยร้อยรู และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Haliotis asinina* Linnaeus 1758 (ภาพที่ 3) หอยเป๋าฮื้อจัดอยู่ในอาณาจักรมอลลัสกา (Mollusca) คลาสแกสโทรโพดา (Class Gastropoda) แฟมิลี่ ฮาลิโอทิดี (Family Haliotidae) หอยเป๋าฮื้อเป็นหอยทะเลฝาเดียวมีลักษณะโดยทั่วไปคือ มีเปลือกติดกับกล้ามเนื้อเท้าขนาดใหญ่ แข็งแรง ไม่มีฝาปิดเปลือก (operculum) เปลือกค่อนข้างแบน รูปร่างของเปลือกมีตั้งแต่ กลมรี รูปไข่ จนถึงยาวรี มีตุ่มเริ่มจากก้นหอยหมุนไปตามเข็มนาฬิกาไปทางซ้ายมือของเปลือกไปถึงส่วนหัวและเปิดเป็นรูเล็กไปใหญ่ไล่จากหางไปหัว เมื่อหอยโตขึ้นรูบนเปลือกของหอยจะสร้างเพิ่มขึ้นตลอดเวลาส่วนรูเก่าจะถูก

ปิดไปเหลือจำนวนระหว่าง 5-9 รู ขึ้นกับชนิดของหอยเป๋าฮื้อ รูเหล่านี้ช่วยถ่ายเทน้ำผ่านตัวเพื่อใช้ในการหายใจ รวมทั้งเป็นที่ขับถ่ายของเสียและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาสู่ภายนอก เปลือกนอกไม่เรียบ ส่วนเปลือกในเรียบเงาเป็นมุกเหลือบสีน้ำเงิน สำหรับอวัยวะภายในนั้นมีเหงือกเป็นคู่อยู่ในแอ่งด้านซ้ายของลำตัว มีเท้าและกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ มีปากและอวัยวะรับสัมผัสส่วนหน้าของลำตัว บริเวณหัวเจริญดี ใต้บริเวณที่เป็นรูบนเปลือกจะเป็นร่องของแมนเทิล (mantle) มีทวารหนักเปิดออกสู่ช่องแมนเทิลและกระแสน้ำจะไหลเข้าสู่ช่องแมนเทิลผ่านรูที่อยู่ด้านหน้าสองรูแรกจากนั้นจะผ่านเหงือกและไหลออกทางรูด้านบน หอยเป๋าฮื้อมีเพศแยก (dioecious) ในเพศผู้เมื่อเปิดเนื้อเท้าและดูที่ใต้เปลือกด้านขวาของตัวหอยจะมีสีงาช้าง ส่วนรังไข่ของเพศเมียเป็นสีเขียวขี้ม้า ซึ่งจะมองเห็นไม่ชัดนัก เพราะสีจะคล้ายกับสีของอวัยวะภายใน การผสมพันธุ์เป็นแบบภายนอกตัว (external fertilization) โดยเพศผู้และเพศเมียจะปล่อยน้ำเชื้อและไข่ออกมาผสมกันในน้ำทะเล โดยไข่ที่ปฏิสนธิแล้ว (fertilized eggs) จะเริ่มทำการแบ่งเซลล์และพัฒนาต่อไปผ่านระยะบลาสทูลา (blastula) ระยะแกสทูลา (gastrula) ไปจนถึงระยะโทรโคฟอร์ (trocophore) ใช้เวลา 90-250 นาที ในระยะนี้เซลล์จะหลุดออกจากเยื่อหุ้มเซลล์และว่ายน้ำด้วยแผงขน(velum) ลูกหอยระยะนี้ชอบว่ายน้ำเข้าหาแสงและจะอยู่บริเวณผิวน้ำ หลังจากนั้น 5-24 ชั่วโมง ลูกหอยจะพัฒนาเป็นระยะวัยอ่อน (veliger larvae) หอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนทุกชนิดจะไม่กินอาหารในขณะดำรงชีวิตเป็น trochophore และ veliger แต่จะใช้อาหารที่สะสมอยู่ในไข่เป็นแหล่งพลังงาน (iecithotrophic)(คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544) หลังจากนั้นจะเจริญเข้าสู่ระยะคืบคลาน (early creeping larvae) โดยใช้เวลา 2-5 วัน ลูกหอยที่ลงเกาะใหม่จะใช้วีลั่ม(velum) พัดโบกสาหร่ายขนาดเล็กที่ขึ้นคลุมพื้นผิววัสดุที่มันเกาะเข้าสู่ปากและใช้แผงฟันแรดูล่า (radula) ขูดกินอาหารไดอะตอมขนาดเล็กจำพวก *Nitzchia sp*. และ *Navicula sp*. เป็นอาหาร หลังจากนั้นประมาณ 13-20 วัน ลูกหอยจะมีเปลือกบางสีแดงทำให้เห็นซี่เหงือกสำหรับหายใจ มองเห็นเท้าและขนรอบเท้า (epipodium tentacles) ชัดเจน และประมาณ 35 วัน สามารถมองเห็นลวดลายและสีสันบนเปลือกพร้อมกับขอบเปลือกมีรอยเว้าเป็นรูหายใจรูแรก ลูกหอยจะกินไดอะตอมและเติบโตมีรูปร่างเหมือนตัวเต็มวัย เมื่ออายุ 75 วันหรือความยาวเปลือก 5 มิลลิเมตรสามารถกินสาหร่ายทะเลชนิดต่าง ๆ เช่น สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria sp*.) สาหร่ายวุ้น (*Acantophora sp*.และ *Laurencia sp*.) (ชุติมา ชัยสนิท, 2551) และสามารถเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (first maturity) เมื่ออายุประมาณ 8 เดือน (ความยาวเปลือกประมาณ 8-10 ซม.) หลังการปฏิสนธิ ดังแสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 3 หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*



ภาพที่ 4 วงจรชีวิตของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*

ที่มา : แหล่งการเรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหาร โรค อนุกรมวิธาน สัตว์น้ำ ประมง ปลา กุ้ง หอย, 2553: ออนไลน์

2.3 ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน

อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลนับเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ความสำคัญที่มีผลกระทบต่อสัตว์ทะเล ต่อการเจริญเติบโต การแพร่กระจายของประชากร อัตราการหายใจ การฟักไข่ของสัตว์น้ำ และการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตวัยอ่อน (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544)โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการทางกายภาพของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด(ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2529) มีผลในระดับเซลล์โดยไปเพิ่มหรือลดกระบวนการเมตาบอลิซึมและกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในการย่อย ซึ่งเอมไซม์เป็นตัวการสำคัญในการควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะสูงขึ้นหรือสูงมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอมไซม์ลดลง โดยมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราการเติบโตและหน้าที่เกี่ยวกับพลังงานเมตาบอลิซึมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะการฟักไข่ และการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตวัยอ่อน สำหรับความเค็มเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการรอดของสัตว์ทะเลวัยอ่อน เนื่องจากสัตว์ทะเลทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงที่กระบวนการ Osmoregulation (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา, 2539)สามารถดำเนินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้สัตว์ทะเลสามารถอาศัยอยู่ได้ในบางช่วงความเค็มที่เหมาะกับแต่ละชนิดเท่านั้น ที่สำคัญ คือ ความสามารถในการปรับตัวต่อช่วงความเค็มจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงอายุ นอกจากนี้ความสามารถในการทนทานความเค็มของสัตว์แต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการสัมผัสความเค็มที่เปลี่ยนแปลง หากสัตว์ทะเลเผชิญความเค็มที่ไม่เหมาะสมและไม่สามารถปรับสมดุลในร่างกายได้ สัตว์ที่เคลื่อนที่ได้เร็วมักอพยพไปอยู่ในบริเวณที่มีความเค็มเหมาะสมกว่า ส่วนสัตว์ที่เคลื่อนที่ได้ช้า อาจมีการปรับตัวโดยปิดเปลือกแน่นและหรือฝังตัว แต่หากความเค็มเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลให้สัตว์พิการหรือตายได้ ความเค็มยังมีอิทธิพลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ส่งผลให้อัตราการเพาะฟักต่ำ และพัฒนาการของตัวอ่อนที่ผิดปกติในแต่ระยะดังที่กล่าวแล้วข้างต้น มีพัฒนาการและการเติบโตช้า อัตรารอดตายต่ำ จนถึงมีผลทำให้สัตว์น้ำตาย นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ ,(2545) รายงานว่า อุณหภูมิและความเค็มโดยทั่วไปที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะวัยรุ่นในบ่อเลี้ยงคือ อุณหภูมิ 26-31 องศาเซลเซียส และความเค็ม 28- 32 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ วราภรณ์และคณะ (2547) รายงานว่าอัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะลงพื้น มีอัตราการรอดตายสูงสุดที่อุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส และความเค็ม 15-30 ส่วนในพันส่วน Nguyen *et al*. (2002) รายงานว่าหอยหวาน (*B. areolata*) จากระยะฝักไข่จนถึงระยะวัยอ่อนสามารถทนทานต่อความเค็มในช่วง 30-35 ส่วนในพันส่วน โดยความเค็มต่ำกว่านี้ส่งผลให้ระยะวัยอ่อนตายภายใน 1

ชั่วโมง และลูกหอยระยะลงพื้นสามารถทนทานต่อความเค็มในช่วง 15-40 ส่วนในพันส่วน ถ้าความเค็มสูงกว่านี้มีผลให้ลูกหอยระยะลงพื้นเกิดความผิดปกติ นอกจากนี้ Zue (2010) ยังรายงานว่า อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะลงพื้น เพียงปัจจัยเดียว ส่วนความเค็มไม่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกหอยหวานระยะลงพื้น สำหรับสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงลูกหอยหวานระยะลงพื้นคืออุณหภูมิ 26-30 องศาเซลเซียส และความเค็ม 26- 30 ส่วนในพันส่วน

การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อหอยเป๋าฮื้อ (*H. asinina*) พบว่ามีน้อยมาก Singhagriwan *et al*. (1992) รายงานว่าอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. asinina*) ระยะลงพื้นคือ อุณหภูมิ 27-31 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27.5-32.5 ส่วนในพันส่วน สำหรับการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อลูกหอยเป๋าฮื้อในสกุลอื่นๆ มีดังนี้ Chen (1984) รายงานว่าลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. diversicolor supertexta*) ระยะลงพื้นมีอัตรารอดสูงสุดที่อุณหภูมิ 24-30 องศาเซลเซียส และความเค็ม 32-35 ส่วนในพันส่วน หากความเค็มต่ำกว่า 24 ส่วนในพันส่วนมีผลให้ลูกหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้ตาย Chen and Chen (2000) รายงานว่าลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. diversicolor supertexta*) ระยะลงพื้นมีความทนทานต่อความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วนหรือสูงกว่า และอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสมากที่สุด ในขณะที่ความเค็ม 45 ส่วนในพันส่วนหรือสูงกว่ามีผลให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะนี้มีอัตราการรอดตายต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วนหรือต่ำกว่าและอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่ามีผลให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูง Lu *et al.* (2004) รายงานว่าอัตราการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ (*H. diversicolor supertexta*) ระยะลงพื้นที่เลี้ยงด้วยอุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 17, 21, 24, 27, 31 และ 33.5 องศาเซลเซียส พบว่า ลูกหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสมีอัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายสูงกว่าที่เลี้ยงที่อุณหภูมิอื่นๆ Zaul *et al*. (2006) รายงานว่าอัตราการเติบโตของลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. fulgens*) ระยะลงพื้นที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสมีการเติบโตสูงสุดโดยมีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลูกหอยที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอด 68-75 เปอร์เซ็นต์ Cheng *et al*. (2002) พบว่า Hemolymph osmolality (ความเข้มข้นของ Cl^-, Na^+ and K^+ ในเลือด) ของหอยเป๋าฮื้อ (*H. diversicolor supertexta*) ระยะลงพื้นจะคงที่ในเวลา 2 วันภายหลังจการเปลี่ยนแปลงความเค็มจาก 33 ส่วนในพันส่วน นอกจากนี้ยังพบว่า Hemolymph osmolality ของหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นจะเพิ่มขึ้นโดยตรงกับความเค็มที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Romo *et al*. (2010) รายงานว่า อุณหภูมิและความเค็มไม่มีผลกระทบต่อการใช้ออกซิเจนของหอยเป๋าฮื้อ (*H. corrugate*) ระยะลงพื้น ในทางตรงกันข้ามความเค็มมีผลต่อการ

ขับถ่ายแอมโมเนีย ปริมาณออกซิเจนต่อไนโตรเจนบ่งบอกว่าลูกหอยเป๋าฮื้อระยะนี้สามารถทนได้ที่ความเค็มต่ำ และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วน เหมาะสมสำหรับลูกหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้มากที่สุด

การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อลูกหอยทะเลฝาเดียวและสองฝาชนิดต่างๆ มีดังนี้ Ian Laing (2002) รายงานว่าการอนุบาลลูกหอยเชลล์ (*Pecten maximus* L.) ระยะลงพื้นที่ความเค็ม 26-35 ส่วนในพันส่วน และอุณหภูมิที่ 9 - 21 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอดตายสูง ส่วนที่ความเค็มต่ำ 20-25 ส่วนในพันส่วนและอุณหภูมิ 7.2-18.7 องศาเซลเซียส มีอัตราการเติบโตต่ำ Doroudi *et al*. (1999) รายงานว่า อุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับอัตราการรอดตายของลูกหอยนางรม (*Pinctada margaritifera*) ระยะวัยอ่อน คือ 26-29 องศาเซลเซียส และ 28-32 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่าทำให้ลูกหอยนางรมระยะนี้ตาย และมีอัตราการรอดตายของระยะวัยอ่อนต่ำสุดที่ความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน Tettelbach and Rhode (1981) รายงานว่า อุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมสำหรับลูกหอยเชลล์ (*Argopecten irradians*) ระยะวัยอ่อนอายุ 2 - 5 วันหลังการปฏิสนธิ คือ 18.7 องศาเซลเซียส และ 28.1 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า และหรือความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วนหรือน้อยกว่ามีผลให้ลูกหอยเชลล์ระยะนี้ตายทั้งหมด โดย Soria *et al*. (2007) รายงานว่า หอยเชลล์ (*Argopecten purpuratus*) ระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูงที่ความเค็มสูง เนื่องมาจาก การเพิ่มขึ้นของความเค็มทำให้ อัตราส่วนของผลผลิตที่เกิดจาก NH_3-N ลดลง และภายใต้สภาวะ Hypersaline ลูกหอยเชลล์ระยะลงพื้นมีการขับถ่ายลดลง Davis (2000) รายงานลูกหอยสังข์ (*Strombus gigas*) ระยะวัยอ่อน มีอัตราการตายสูงสุดที่อุณหภูมิ 20 และ 24 องศาเซลเซียส และความเค็ม 45 ส่วนในพันส่วน ในขณะที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส และความเค็ม 30, 35 และ 40 ส่วนในพันส่วนมีอัตราการตายต่ำสุด Nair and Apperukuttan (2003) รายงานว่าลูกหอยแมลงภู่ (*Perra viridis*) ระยะวัยอ่อนที่เกิดขึ้นภายหลัง 24 ชั่วโมงจะตายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 33 และ 35 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับลูกหอยแมลงภู่ระยะวัยอ่อนชนิดนี้คือ 29 - 31 องศาเซลเซียส Dove and O'Oconner (2007) รายงานว่าทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่ออัตราการรอดของลูกหอยนางรม (*Zaccostrea glomerata*) ระยะวัยอ่อนและระยะลงพื้น

การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อลูกสัตว์ทะเลชนิดอื่นๆ มีดังนี้ Jackson and Burford (2003) รายงานว่า ความเค็มไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้ง (*Penaeus semisulcatus*) ระยะวัยอ่อน ในขณะที่อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของ

ลูกกุ้งชนิดนี้ ในทางตรงกันข้าม Zacharia and Kakati (2004) รายงานว่า ความเค็มมีผลต่ออัตราการรอดตายและการพัฒนาของลูกกุ้ง (*Penaeus semisulcatus*)มากกว่าอุณหภูมิ Paula *et al*. (2003) รายงานว่า ลูกปู (*Parasesarma catenaata*) ทุกระยะของวัยอ่อน มีอัตราการรอดตายสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วน ส่วนความเค็มต่ำสุดและสูงสุดทำให้ลูกปูระยะนี้มีอัตราการรอดตายลดลง Nurdiani and Zeng (2007) รายงานว่าอุณหภูมิและความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตายของลูกปู (*Scylla serrate*) ระยะวัยอ่อนเป็นอย่างมาก โดยที่อุณหภูมิสูงความเค็มต่ำ และอุณหภูมิต่ำความเค็มต่ำส่งผลให้ลูกปูระยะวัยอ่อนมีอัตราการรอดตายต่ำ ในทางตรงกันข้ามที่อุณหภูมิต่ำความเค็มสูงส่งผลให้ลูกปูระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูง

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการฟักไข่และอัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และลูกหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะเต็มวัย ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยทั้งสองชนิด รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลอย่างเฉียบพลันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ (Climate change) ต่อการฟักไข่และการรอดตายของลูกหอยหวานและลูกหอยเป๋าฮื้อ ในสภาพธรรมชาติในอนาคต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินงานที่สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งอยู่ที่ ตำบลท่าเทววงษ์ อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

3.2 การวางแผนการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการฟักไข่และอัตราการรอดตายของลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้นและระยะวัยรุ่น โดยใช้อุณหภูมิน้ำทะเล 3 ระดับ (25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส) และความเค็ม 3 ระดับ (27, 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยการทดลองของลูกหอยแต่ละระยะมี 9 ชุดการทดลองของอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็ม (Temperature – salinity combinations) และทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (Replications) เป็นเวลา 96 ชั่วโมง

3.3 สัตว์ทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็มต่อหอยทะเลฝาเดียว 2 ชนิดคือ หอยหวาน (*Babylonia areolata*) และหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) โดยการใช้ลูกหอยระยะต่างๆ ดังนี้

- หอยหวาน 4 ระยะ ประกอบด้วย ฝักไข่ (egg capsules) ลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ระยะลงพื้น (early juveniles) และระยะวัยรุ่น (fully juveniles)
- หอยเป๋าฮื้อ 3 ระยะ ประกอบด้วย ลูกหอยระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ระยะลงพื้น (early juveniles) และระยะวัยรุ่น (fully juveniles)

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ลูกหอยหวานและหอยเป๋าฮื้อในระยะต่างๆ ที่ได้มาจากชุดการผลิต (crop) เดียวกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผันแปรที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้สัตว์ทดลองที่มาจากชุดการผลิตต่างกันและมีความแข็งแรงต่างกัน

3.4 การเตรียมน้ำทะเล

3.4.1 ความเค็มน้ำทะเล

- การเตรียมน้ำทะเลปกติ (ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน) นำน้ำทะเลธรรมชาติกรองผ่านถุงกรองละเอียดขนาดตาห่าง 5 ไมครอน และฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน โดยการเติมคลอรีน 0.7 ส่วนในล้านส่วน ให้อากาศอย่างแรงทิ้งไว้ประมาณ 2 วัน และกำจัดคลอรีนตกค้างด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต หลังจากนั้นจึงเก็บรักษาไว้ในถังพลาสติกขนาดจุ 100 ลิตร ที่มีฝาปิด และให้อากาศปานกลาง สำหรับใช้ในการทดลองต่างๆ ต่อไป

- การเตรียมน้ำทะเลความเค็มสูง (33 ส่วนในพันส่วน) โดยการนำน้ำทะเลความเค็มปกติที่เตรียมไว้ นำไปตากแดดและให้อากาศอย่างแรงทิ้งไว้ประมาณ 2 วัน จนได้ความเค็ม 33 ส่วนในพันส่วน

- การเตรียมน้ำทะเลความเค็มต่ำ (27 ส่วนในพันส่วน) โดยการนำน้ำทะเลความเค็มปกติที่เตรียมไว้ เติมด้วยน้ำจืดที่ปราศจากคลอรีน จนได้ระดับความเค็ม 27 ส่วนในพันส่วน

3.4.2 อุณหภูมิน้ำทะเล

- การเตรียมน้ำทะเลอุณหภูมิสูง (30 และ 35 องศาเซลเซียส) โดยการใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Thermostatically controlled water baths) ที่ใช้ตัวทำความร้อนแบบ Immersed incolony heater สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ +5 องศาเซลเซียสเหนืออุณหภูมิห้อง ถึง 99 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ (accuracy) ของอุณหภูมิเท่ากับ $\pm$0.2 องศาเซลเซียส

- การเตรียมน้ำทะเลอุณหภูมิต่ำ (25 องศาเซลเซียส) โดยการทำการทดลองในห้องปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 25 องศาเซลเซียส

3.5 การเตรียมหน่วยทดลอง

หน่วยทดลองครั้งนี้ใช้บีกเกอร์แก้วใส รูปทรงกระบอกขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร และบรรจุน้ำทะเลที่มีระดับความเค็มตามต้องการประมาณ 1,000 มิลลิลิตร ซึ่งหน่วยทดลองแต่ละใบจำเป็นต้องมีฝาปิด เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและทำให้ความเค็มของน้ำในหน่วยทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงไป (ความเค็มสูงขึ้น) โดยฝาปิดใช้อลูมิเนียมฟอล์ยเจาะรูด้านบนเส้นผ่าศูนย์กลาง

0.5 เซนติเมตร เพื่อให้อากาศตลอดเวลา โดยแต่ละหน่วยทดลองจะแช่อยู่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยทุกซ้ำของชุดการทดลองที่อุณหภูมิเดียวกันจะอยู่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเดียวกัน

การเตรียมหน่วยทดลองที่ใช้ในการอนุบาลลูกหอยหวานระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่นจำเป็นต้องทาวาสลีนบริเวณขอบปากด้านในของบีกเกอร์เหนือระดับน้ำในบีกเกอร์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันลูกหอยคืบคลานจนพ้นระดับน้ำและแห้งตายในที่สุด

การเตรียมหน่วยทดลองใช้ในการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นและระยะวัยรุ่นจำเป็นต้องล่อไดอะตอม (*Nitzschia sp.*) ให้ติดกับผนังด้านในของหน่วยทดลองก่อนเริ่มทำการทดลองเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับลูกหอยเป๋าฮื้อทั้งสองระยะ โดยการเติมน้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร เติมหัวเชื้อไดอะตอม *Nitzschia sp.* 10 มิลลิลิตร และเติมปุ๋ย 1 มิลลิลิตร ให้อากาศอย่างเบา วางหน่วยทดลองไว้ในที่แสงส่องถึงประมาณ 2 วัน จะเริ่มเห็นไดอะตอมเกาะติดตามผิวของหน่วยทดลอง ปล่อยทิ้งไว้อีกประมาณ 3 วัน จะเกิดแผ่นฟิล์มบนผิวของหน่วยทดลอง โดยการล่อไดอะตอมในหน่วยทดลองจะดำเนินการก่อนที่จะทำการทดลองล่วงหน้าประมาณ 5 วัน เพื่อให้อาหารที่เกาะติดมีความหนาแน่นเพียงพอแก่ลูกหอยเป๋าฮื้อ

3.6 การเลี้ยงสัตว์ทดลอง

3.6.1 การเลี้ยงหอยหวาน

- ฝักไข่ (Egg capsule)

นำฝักไข่ที่มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 10.32 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ย 29.31 มิลลิเมตร (อายุ 1 วันหลังการวางไข่) จำนวน 10 ฝัก ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองบรรจุน้ำทะเลที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง โดยบันทึกช่วงเวลาที่ใช้ในการฟักไข่และอัตราการฟักไข่ที่ 72, 96, 120 และ144 ชั่วโมง

- ลูกหอยระยะวัยอ่อน (Veliger larvae)

นำลูกหอยระยะวัยอ่อนขนาดความยาวเฉลี่ย 1200-1300 ไมครอน (อายุ 3 วันหลังการฟักออกจากไข่) จำนวน 100 ตัว ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองบรรจุน้ำทะเลที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ให้อาหารแก่ลูกหอย คือ *Chaetoceros calcitran* วันละ 1 ครั้ง (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) โดยบันทึกการตายของลูกหอยระยะวัยอ่อนทุก 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ 96 ชั่วโมง โดยใช้หลักการว่า ลูกหอยที่พบบนพื้นหน่วยทดลอง คือ หอยที่ตายแล้ว เนื่องจากลูกหอยระยะนี้จะ

ดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน (planktonic larvae) ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำบริเวณผิวน้ำและกลางน้ำ เป็นเวลา 12-14วันจึงพัฒนาเป็นลูกหอยระยะลงพื้น (early juveniles) (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545)

- **ลูกหอยระยะลงพื้น** (Early juveniles)

นำลูกหอยระยะลงพื้นขนาดความยาวเฉลี่ย 2 มิลลิเมตร (อายุ 20 วันหลังการฟักออกจากฝักไข่) จำนวน 30 ตัว ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองบรรจุน้ำทะเลที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง ทำการให้อาหาร คือ เนื้อกุ้งวันละ 1 ครั้ง และทำการเก็บอาหารที่เหลือออกในทันทีเมื่อลูกหอยหยุดกินอาหาร (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) โดยบันทึกการตายของลูกหอยระยะลงพื้นทุก 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ 96 ชั่วโมง และคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกหอยที่ระยะเวลาต่างเมื่อสิ้นสุดการทดลองโดย ใช้หลักการว่า ลูกหอยที่ไม่สนองตอบต่อการกระตุ้นด้วยการสัมผัส (tactile stimulation) แสดงว่า “ตาย” (Sam and Muki, 2001)

- **ลูกหอยระยะวัยรุ่น** (Fully juveniles)

นำลูกหอยระยะวัยรุ่นขนาดความยาวเฉลี่ย 5 มิลลิเมตร (อายุ 35 วันหลังการฟักออกจากไข่) จำนวน 30 ตัว ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองบรรจุน้ำทะเลที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง ทำการให้อาหารเช่นเดียวกับลูกหอยระยะลงพื้น (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์และศิรุษา กฤษณะพันธุ์, 2545) และทำการเก็บอาหารที่เหลือออกในทันทีเมื่อลูกหอยหยุดกินอาหาร โดยบันทึกการตายของลูกหอยระยะวัยรุ่น ทุก 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ 96 ชั่วโมง และคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกหอยที่ระยะเวลาต่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้หลักการเดียวกันกับลูกหอยระยะลงพื้น

3.6.2 การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

- ลูกหอยระยะวัยอ่อน (Veliger larvae)

นำลูกหอยระยะวัยอ่อนขนาดความยาวเฉลี่ย 225 ไมครอน (อายุ 1 วันหลังการปฏิสนธิ) จำนวน 100 ตัว ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองบรรจุน้ำทะเลที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง โดยลูกหอยเป๋าฮื้อระยะแรกฟักไม่ต้องให้อาหารระหว่างการทดลอง โดยบันทึกการอัตราการตายของลูกหอยระยะวัยอ่อนทุก 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ 96 ชั่วโมง และคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกหอยที่ระยะเวลาต่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้หลักการว่า ลูกหอยที่พบบนพื้นหน่วยทดลองทดลอง และ ไม่เกาะติดบนพื้นหน่วยทอลอง แสดงว่า “ตาย”

- ลูกหอยระยะลงพื้น (Early juveniles)

นำลูกหอยระยะลงพื้นขนาดความยาวเฉลี่ย 2 มิลลิเมตร (อายุ 35 วันหลังการปฏิสนธิ) จำนวน 30 ตัว ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองที่ทำการล่อไดอะตอม (*Nitzschia sp.*) เตรียมไว้ก่อนทำการทดลองและบรรจุน้ำทะเลที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง โดยบันทึกการตายของลูกหอยระยะลงพื้นทุก 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ 96 ชั่วโมง และคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกหอยที่ระยะเวลาต่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้หลักการว่า ลูกหอยที่ไม่สนองตอบต่อการกระตุ้นด้วยการสัมผัส (tactile stimulation) แสดงว่า “ตาย”

- ลูกหอยระยะวัยรุ่น (Fully juveniles)

นำลูกหอยระยะวัยรุ่นขนาดความยาวเฉลี่ย 5 มิลลิเมตร (อายุ 65 วันหลังการปฏิสนธิ) จำนวน 30 ตัว ใส่ในแต่ละหน่วยทดลองที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนด ให้อากาศอย่างเบาตลอดการทดลอง โดยบันทึกการตายของลูกหอยระยะวัยรุ่น ทุก 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ 96 ชั่วโมง และคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกหอยที่ระยะเวลาต่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้หลักการเดียวกันกับลูกหอยระยะลงพื้น

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

$$\text{อัตราการฟักไข่ (Hatching rate) (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวนฝักไข่เริ่มต้น} - \text{จำนวนฝักไข่ที่ฟัก}}{\text{จำนวนฝักไข่เริ่มต้น}}\right) \times 100$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (Final survival) (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวนลูกหอยเริ่มต้น} - \text{จำนวนลูกหอยสุดท้าย}}{\text{จำนวนลูกหอยเริ่มต้น}}\right) \times 100$$

3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลอัตราการฟักไข่และอัตราการรอดตายที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

- การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (p<0.05) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

- การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple regression) เพื่อศึกษาว่าตัวแปรตาม (การตาย) ขึ้นกับตัวแปรอิสระใดบ้าง (อุณหภูมิและความเค็ม) และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ โดยมีสมการความถดถอย ดังนี้

$$\text{Survival} = a_1 + b_1\text{Temperature} + b_2\,\text{Salinity}$$

- การวิเคราะห์ระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมของลูกหอยระยะต่างๆ โดยการสร้างกราฟ Response surface ด้วยโปรแกรม Sigma Plot Version 7.0 (Connor and Lawler, 2004)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาผลของอุณหภูมิ 3 ระดับ (25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส) และความเค็ม 3 ระดับ (27, 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) ต่อการฟักไข่และการรอดตายของลูกหอยหวาน (*Babylonia areolata*) และการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis asinina*) ระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น ภายในเวลา 96 ชั่วโมงในระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 หอยหวาน

4.1.1 การฟักไข่

การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อระยะเวลาการฟักไข่พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาการฟักไข่ของหอยหวานที่ทุกระดับความเค็ม กล่าวคือที่อุณหภูมิต่ำของการศึกษาครั้งนี้ (25 องศาเซลเซียส) ที่ทุกระดับความเค็ม ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนใช้ระยะเวลาในการฟักออกจากถุงไข่ 144 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสูง 35 องศาเซลเซียส ที่ทุกระดับความเค็ม ใช้ระยะเวลาในการฟักออกจากถุงไข่ 96 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเค็ม นอกจากนี้ยังพบว่า ความเค็มมีผลต่ออัตราการฟักไข่ของหอยหวาน โดยอัตราการฟักไข่จะเพิ่มขึ้นตามความเค็มที่สูงขึ้น (ตารางที่ 1 และตารางที่ 1 ภาคผนวก ก) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) พบว่าอัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่ทุกระดับอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกันที่ทุกระดับความเค็ม ($p < 0.05$) โดยไม่พบปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการฟักไข่ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1 ภาคผนวก ข) ซึ่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test พบว่ามีเพียงอัตราการฟักไข่ที่ความเค็ม 27 ส่วนในพันส่วนแตกต่างกับอัตราการฟักไข่ที่ 33 ส่วนในพันส่วน (ตารางที่ 2 ภาคผนวก ข) โดยอัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) ของการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำสุด (63.3 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน ทำให้อัตราการฟักไข่เพิ่มขึ้นเป็น 83.3 และ 86.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันอัตราการฟักไข่ที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) ของการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำ (76.7 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน ทำให้อัตราการฟักไข่เพิ่มขึ้นเป็น 83.3 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ระยะเวลาการฟักไข่และอัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 144 ชั่วโมง

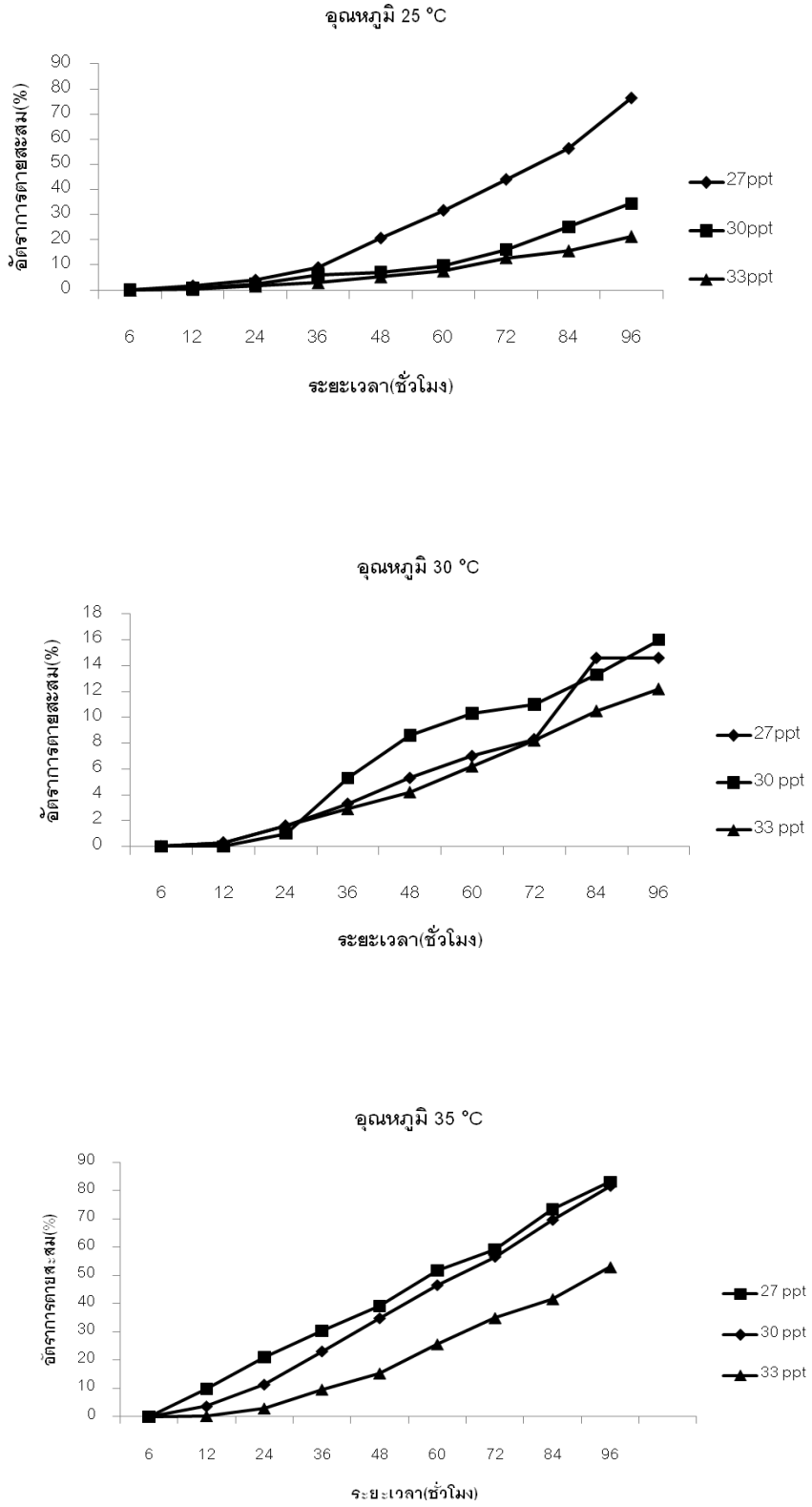
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	25°C			30°C			35°C		
	27 ppt	30 ppt	33 ppt	27 ppt	30 ppt	33 ppt	27 ppt	30 ppt	33 ppt
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	76.7±1.2	86.7±1.5	96.7±0.6	76.7±2.1	83.3±1.5	100.0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
132	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	63.3±2.5	83.3±1.5	86.7±1.0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 2 อัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อนุบาลเมื่อพิจารณาเฉพาะความเค็มต่างกัน

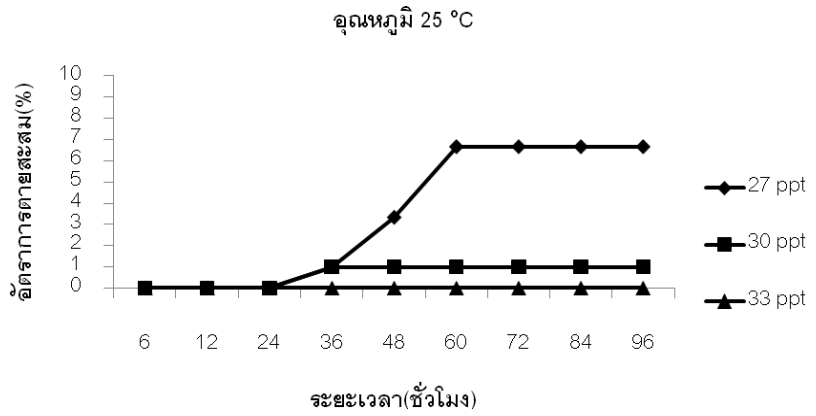
Salinity (ppt)	Hatching (%)
27 ppt	72.23 ± 7.7^{b}
30 ppt	84.43 ± 1.9^{ab}
33 ppt	94.46 ± 6.9^{a}

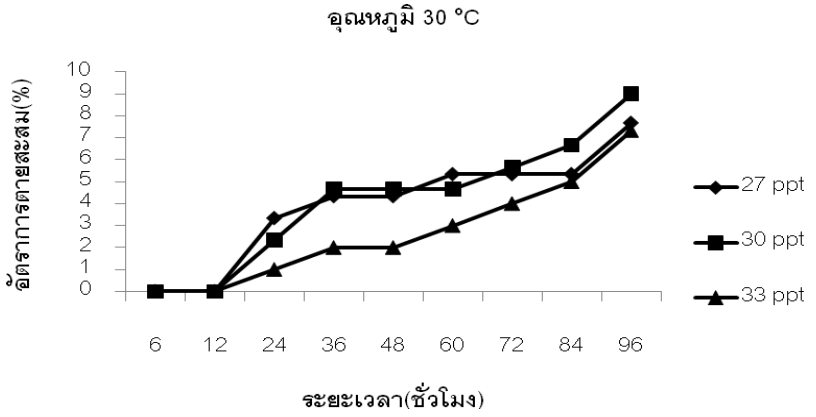
4.1.2 **อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะต่าง ๆ**

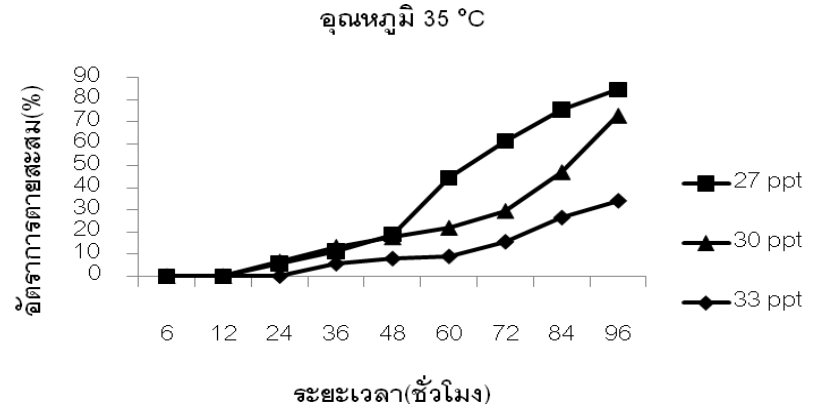
อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น ที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกันได้แสดงในภาพที่ 6 - 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Aanalysis of variance) พบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่นที่ 96 ชั่วโมงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และพบปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะต่างๆ โดยผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple rang test พบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมีความแตกต่างกับลูกหอยระยะลงพื้นและลูกหอยระยะวัยรุ่น แต่อัตราการรอดตายของลูกหอยระยะลงพื้นและลูกหอยระยะวัยรุ่นไม่แตกต่างกัน โดยอัตราการรอดตายที่อุณหภูมิและความเค็มทุกระดับมีความแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกัน



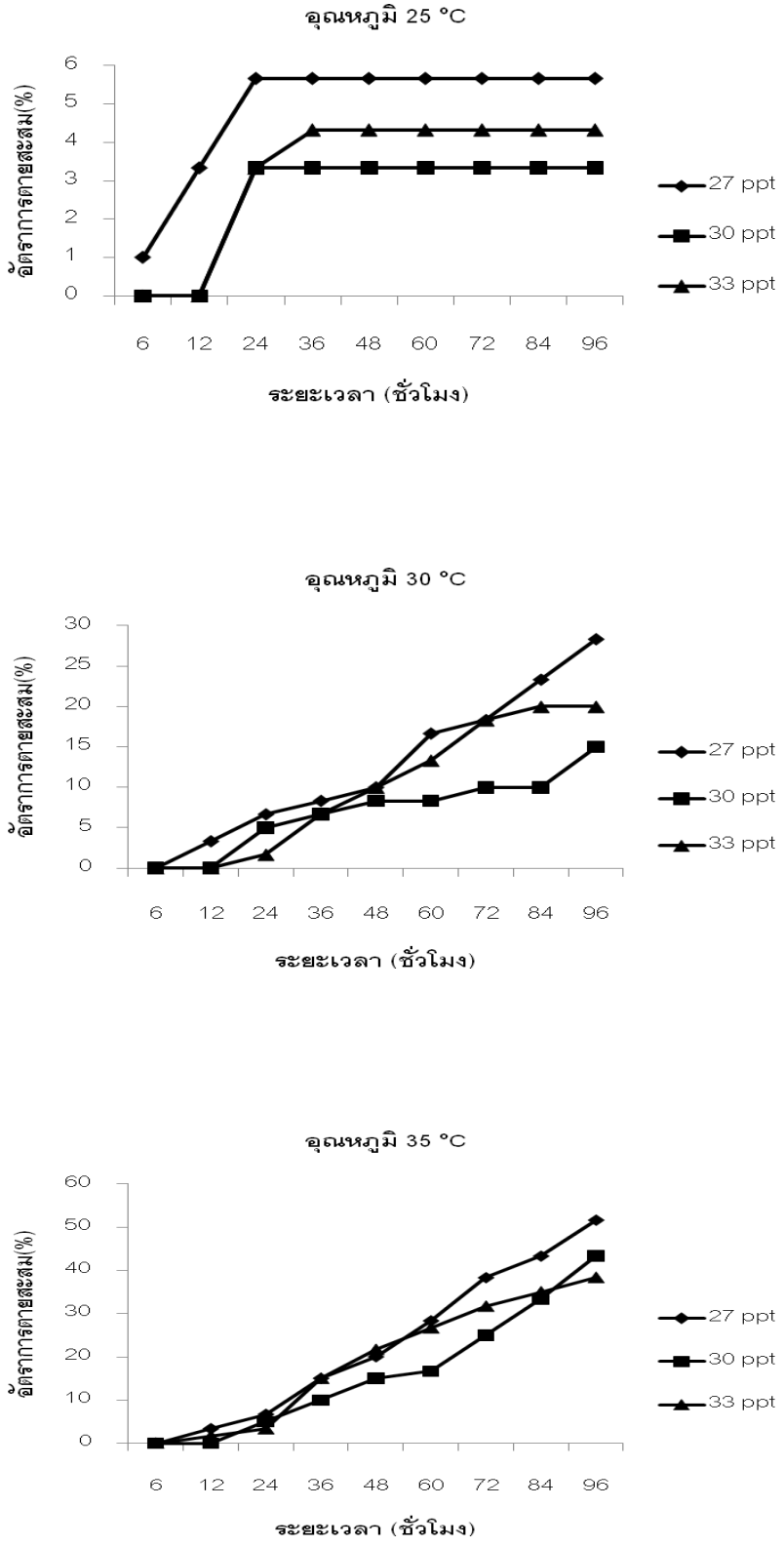
ภาพที่ 5 อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง







ภาพที่ 5 อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะลงพื้นที่ด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกัน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง



ภาพที่ 7 อัตราการตายสะสมของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (Veliger larvae)

การอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) ของการทดลองนี้มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (17.70 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 18.70 และ 47.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำ (23.30 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 65.70 และ 78.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple regression analysis) พบว่าอัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความเค็ม ($p<0.05$) และความเค็ม (ค่า Beta = 0.442) มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมากกว่าอุณหภูมิ (ค่า Beta = 0.409) โดยค่า Beta ของความเค็มมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ค่า Beta ของอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ แสดงว่า อุณหภูมิลดลงจะทำให้ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (ภาคผนวก ข) โดยมีสมการความถดถอยดังนี้

Survival = -11.333 - 2.811 Temperature + 5.056 Salinity

ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน คือ อุณหภูมิ 28.5 - 29.5 องศาเซลเซียส และ ความเค็ม 33 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 9)

ลูกหอยหวานระยะวัยลงพื้น (Early juveniles)

ลูกหอยหวานระยะลงพื้นที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (15.60 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 26.70 และ 65.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำ (93.30 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 98.90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ พบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความเค็ม ($p<0.05$) และอุณหภูมิ (ค่า Beta = 0.818) มี

ความสัมพันธ์ต่ออัตราการอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้นมากกว่าความเค็ม (ค่า Beta =0.251) โดยค่า Beta ของความเค็มมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ลูกหอยหวานระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ค่า Beta ของอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ แสดงว่า อุณหภูมิลดลงจะทำให้ลูกหอยหวานระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (ภาคผนวก ข) โดยมีสมการความถดถอยดังนี้

Survival = 165.176 - 6.148 Temperature +3.148 Salinity

ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะลงพื้นคือ อุณหภูมิ 25.0 - 28.5 องศาเซลเซียส และความเค็ม 31.5 - 33.0 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 10)

ลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น (Fully juveniles)

ลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (48.30 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 56.70 และ 61.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำ (94.40 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 96.70 และ 95.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ พบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความเค็ม ($p<0.05$) โดยอุณหภูมิ (ค่า Beta = 0.942) มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นมากกว่าความเค็ม (ค่า Beta =0.186) นอกจากนี้ค่า Beta ของความเค็มมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น และในทางตรงกันข้าม ค่า Beta ของอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ แสดงว่า อุณหภูมิลดลงจะทำให้ลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (ตารางที่ 8) โดยมีสมการความถดถอยดังนี้

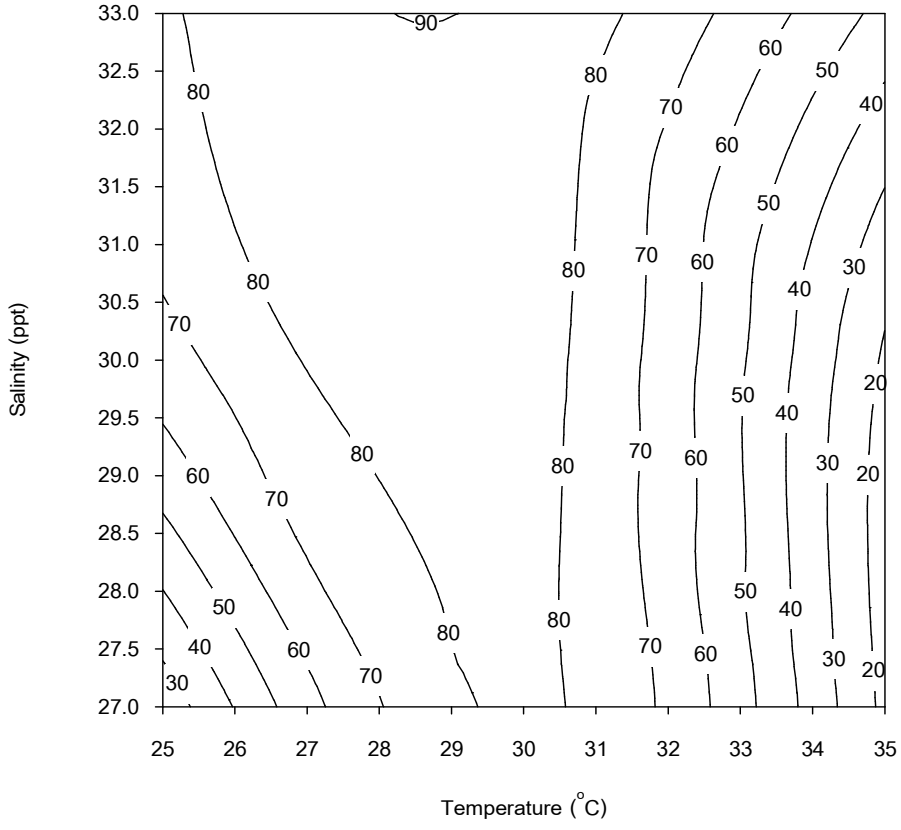
Survival = 155.861 - 3.944 Temperature +1.298 Salinity

ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น คือ อุณหภูมิ 25.5 - 28.0 องศาเซลเซียส และ ความเค็ม 30.0 – 33.0 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 11)

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ความเค็ม (ppt)		
	27	30	33
25 ^{0}C	23.3±1.5^{b}	65.7±2.1^{b}	78.7±1.5^{b}
30^{0}C	81.3±3.5^{a}	84. 0±3^{a}	87.7±1.5^{a}
35^{0}C	17.7±1.2^{c}	18.7±1.5^{c}	47.0±2.6^{c}

อักษรตัวยก (superscript) ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

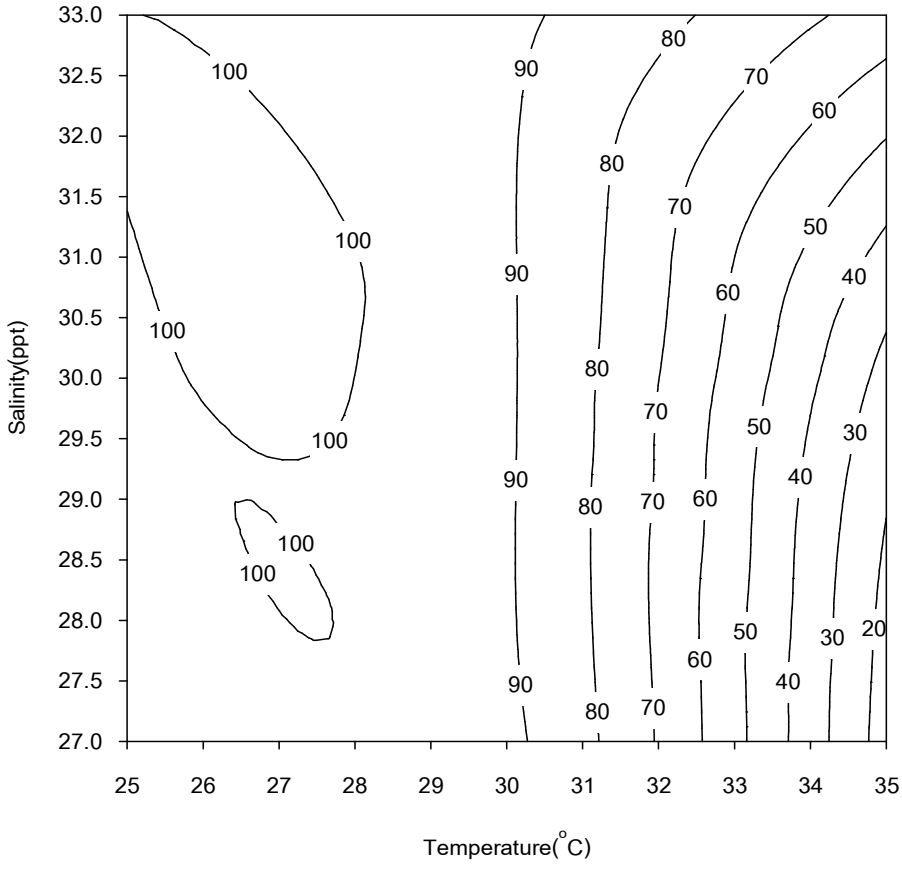


ภาพที่ 8 กราฟ Response surface แสดงระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ความเค็ม (ppt)		
	27	30	33
25 ^{0}C	93.3±0^{a}	98.9±0.5^{a}	100.0±0^{a}
30^{0}C	92.2±0.5^{b}	91.1±1.2^{b}	92.2±0.5^{b}
35^{0}C	15.6±1.5^{c}	26.7±1.7^{c}	65.6±2.3^{c}

อักษรตัวยก (superscript) ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

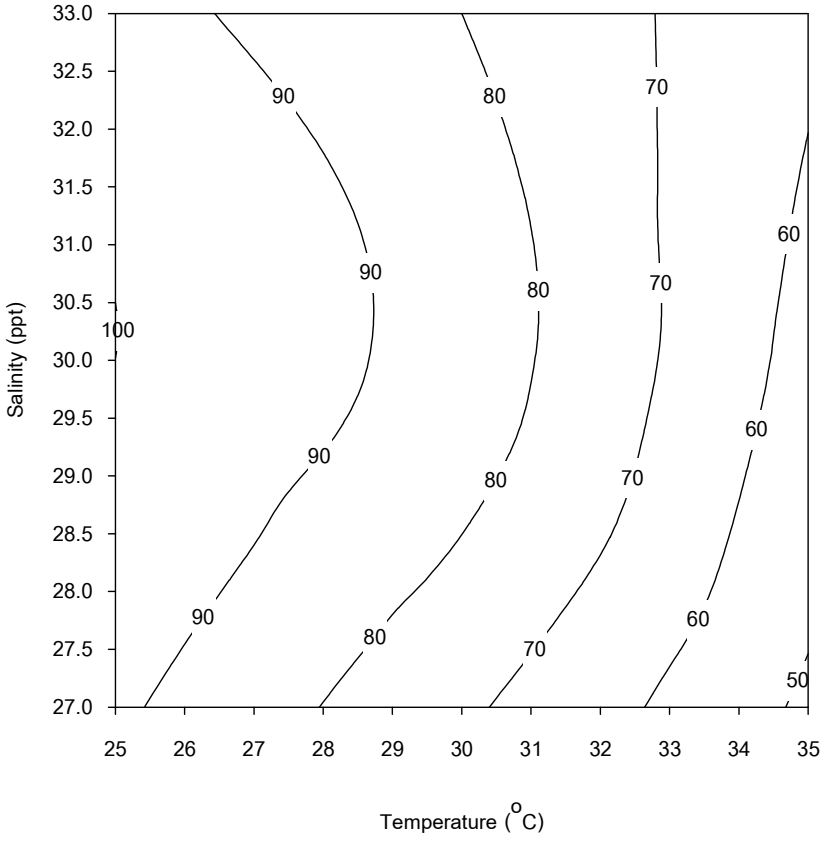


ภาพที่ 9 กราฟ Response surface แสดงระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะลงพื้น

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ความเค็ม (ppt)		
	27	30	33
25 ^{0}C	94.4±5.09^{a}	96.7±5.77^{a}	95.6±3.84^{a}
30^{0}C	71.7±2.35^{b}	85.0±2.35^{b}	80.0±0.0^{b}
35^{0}C	48.3±2.35^{c}	56.7±4.71^{c}	61.7±7.07^{c}

อักษรตัวยก (superscript) ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)



ภาพที่ 10 กราฟ Response surface แสดงช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น

4.2 หอยเป๋าฮื้อ

อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่นที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกันได้แสดงในภาพที่ 12 - 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) พบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น ที่ 96 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะต่างๆ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple rang test พบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ลูกหอยระยะลงพื้น และลูกหอยระยะวัยรุ่น มีความแตกต่างกัน อัตราการรอดตายในแต่ละอุณหภูมิทุกระดับมีความแตกต่างกัน และอัตราการรอดตายในแต่ละความเค็มมีความแตกต่างกันเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 10) นอกจากนี้อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่นที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มสูงขึ้นตามความเค็มที่สูงขึ้น ดังนี้

4.2.1 **ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน** (Newly – hatched veliger larvae)

ลูกหอยเป๋าฮื้อวัยอ่อนระยะแรกฟัก ที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (18.80 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 23.89 และ 41.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำ (29.94 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 50.09 และ 62.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 6) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple regression analysis) พบว่าอัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความเค็ม ($p<0.05$) และความเค็ม (ค่า Beta = 0.756) มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนมากกว่าอุณหภูมิ (ค่า Beta = 0.395) โดยค่า Beta ของความเค็มมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ความเค็มสูงขึ้นทำให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ค่า Beta ของอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ แสดงว่า อุณหภูมิลดลงทำให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (ภาคผนวก ข) โดยมีสมการความถดถอยดังนี้

Survival = -279.778 – 6.850 Temperature + 21.861 Salinity

ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนคือ อุณหภูมิ 25.0 - 29.5 องศาเซลเซียส และความเค็ม 30.5 – 33.0 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 15)

4.2.2 **ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น** (Early juveniles)

ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (10.50 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 24.12 และ 48.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำ (94.70 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 33 ส่วนในพันส่วน มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 97.30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ พบว่าอัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ($p = 0.000$) แต่ไม่สัมพันธ์กับความเค็ม ($p = 0.138$) และความเค็ม (ค่า Beta = 0.164) มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นน้อยกว่าอุณหภูมิ (ค่า Beta = 0.836) โดยค่า Beta ของความเค็มมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ค่า Beta ของอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ แสดงว่า อุณหภูมิลดลงจะทำให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (ตารางที่ 12) โดยมีสมการความถดถอยดังนี้

Survival = 104.815 – 3.400 Temperature + 1.111 Salinity

ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นคือ อุณหภูมิ 26.50 – 29.0 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27.0 – 32.0 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 16)

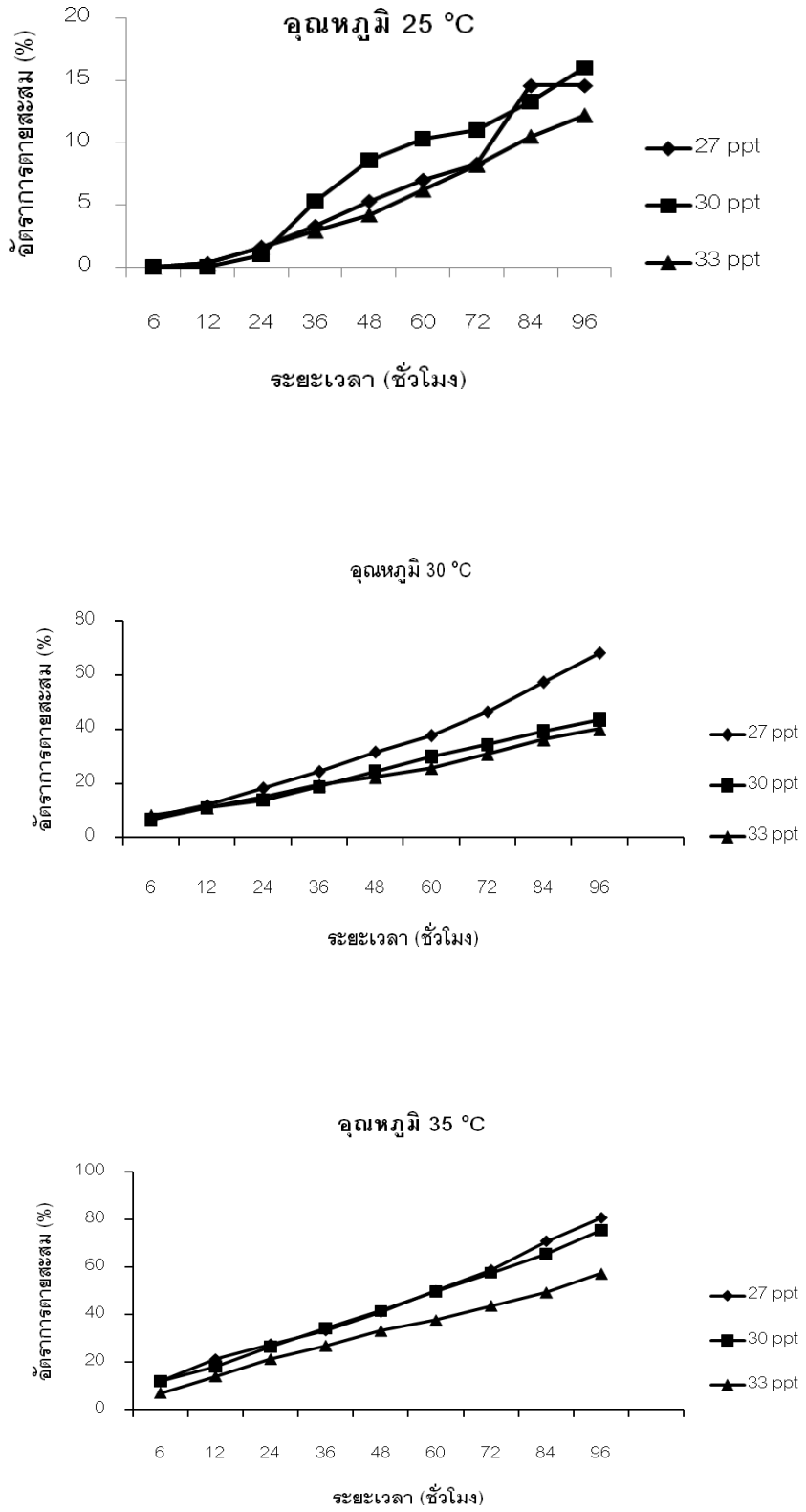
4.2.3 **ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น**(Fully juveniles)

ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นที่อุณหภูมิสูงสุด (35 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (1.11 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 12.22 และ 34.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่ำสุด (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มต่ำสุด (27 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายต่ำ (83.33 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 33 ส่วนในพันส่วน) มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเป็น 96.67 และ 98.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 8) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุพบว่า อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความเค็ม ($p<0.05$) โดยความเค็ม (ค่า Beta = 0.312) มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นน้อยกว่าอุณหภูมิ (ค่า Beta = -0.878) นอกจากนี้ค่า Beta ของความเค็มมีค่าเป็นบวกแสดงว่า ความเค็มสูงขึ้นทำให้ลูกหอย

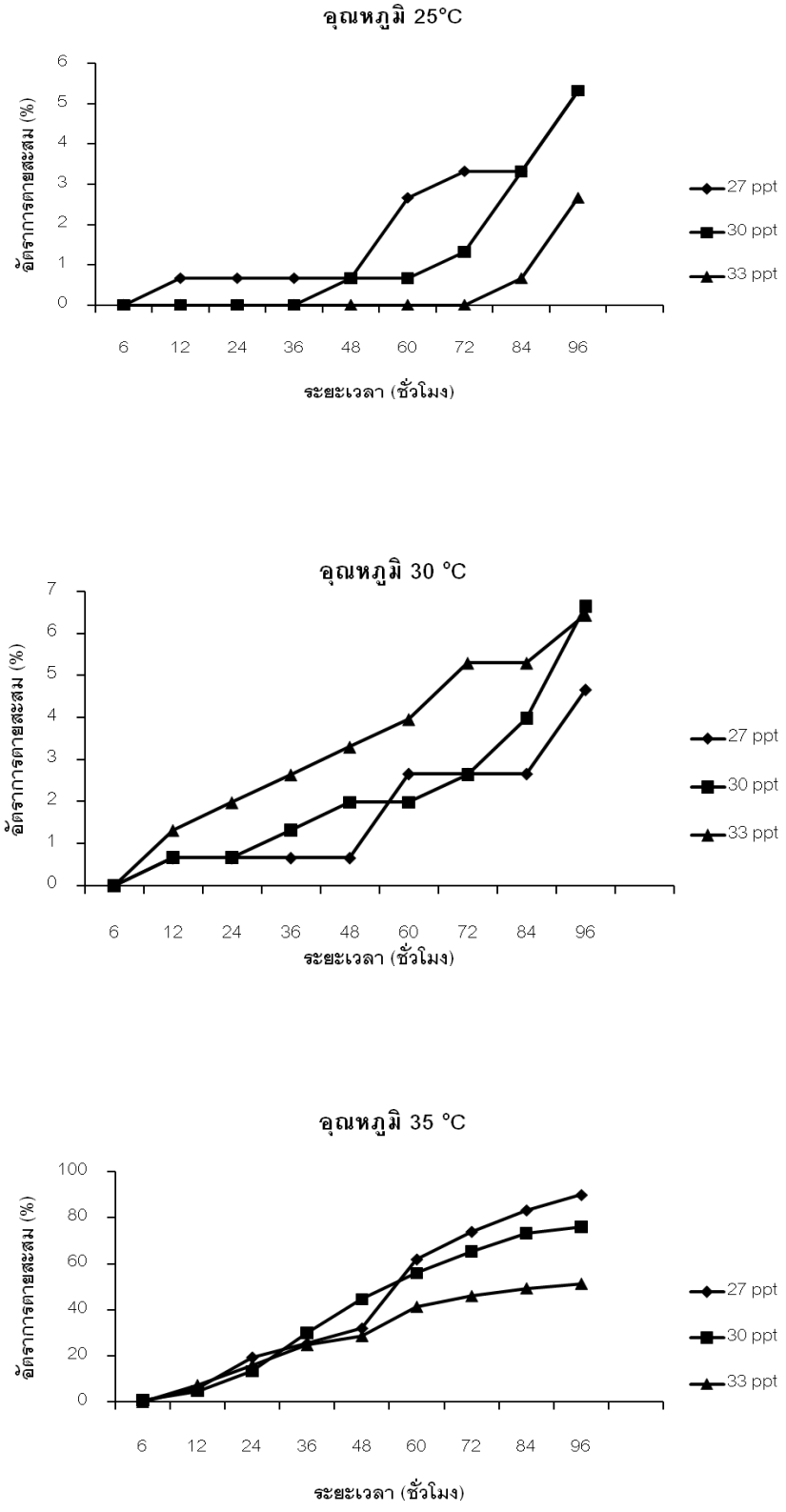
เป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น และในทางตรงกันข้าม ค่า Beta ของอุณหภูมิมีค่าเป็นลบแสดงว่า อุณหภูมิลดลงทำให้ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (ตารางที่ 13) โดยมีสมการความถดถอยดังนี้

Survival = 47.000 – 2.311 Temperature +1.370 Salinity

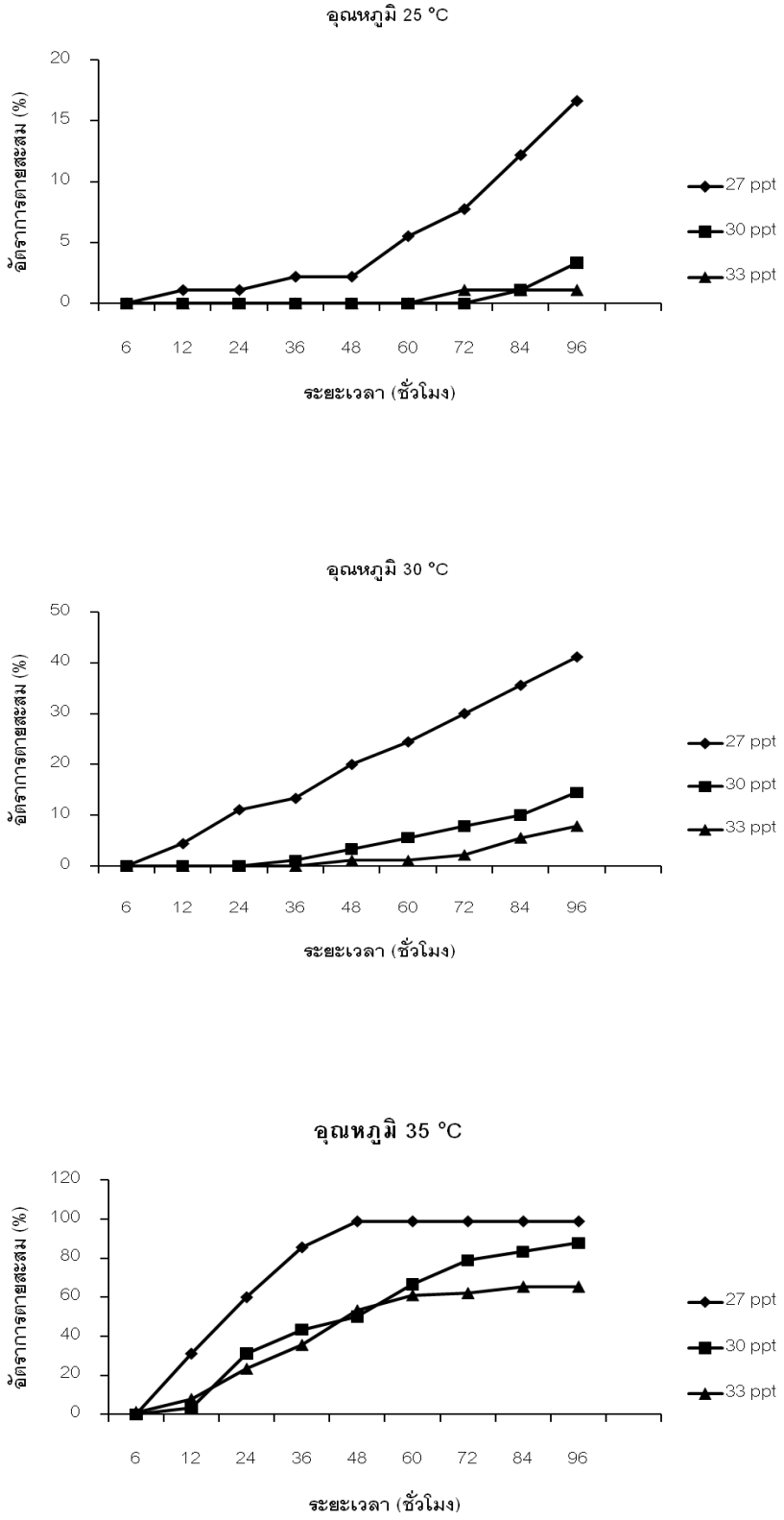
ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นคือ อุณหภูมิ 26.0 - 29.0 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27.0 – 33.0 ส่วนในพันส่วน (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 11 อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกัน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง



ภาพที่ 12 อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกัน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง

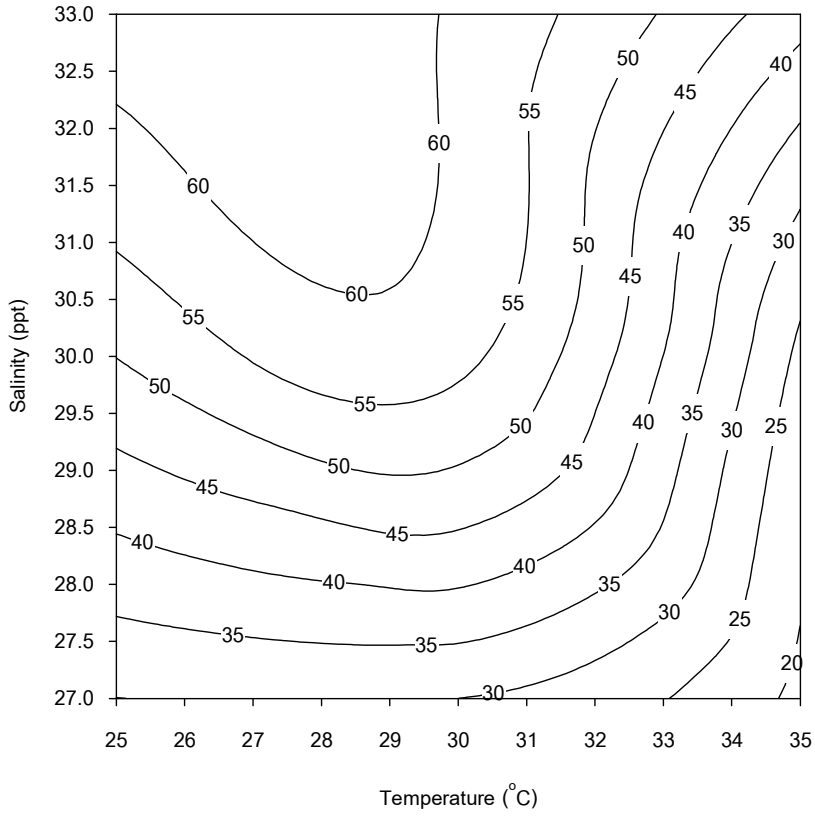


ภาพที่ 13 อัตราการตายสะสมของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ความเค็ม (ppt)		
	27	30	33
25 ^{0}C	29.94±3.33^{a}	50.09±8.59^{b}	62.20±2.90^{a}
30^{0}C	30.41±9.09^{a}	56.16±0.81^{a}	59.30±1.97^{b}
35^{0}C	18.81±1.40^{b}	23.89±2.89^{c}	41.94±3.12^{c}

อักษรตัวยก (superscript) ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

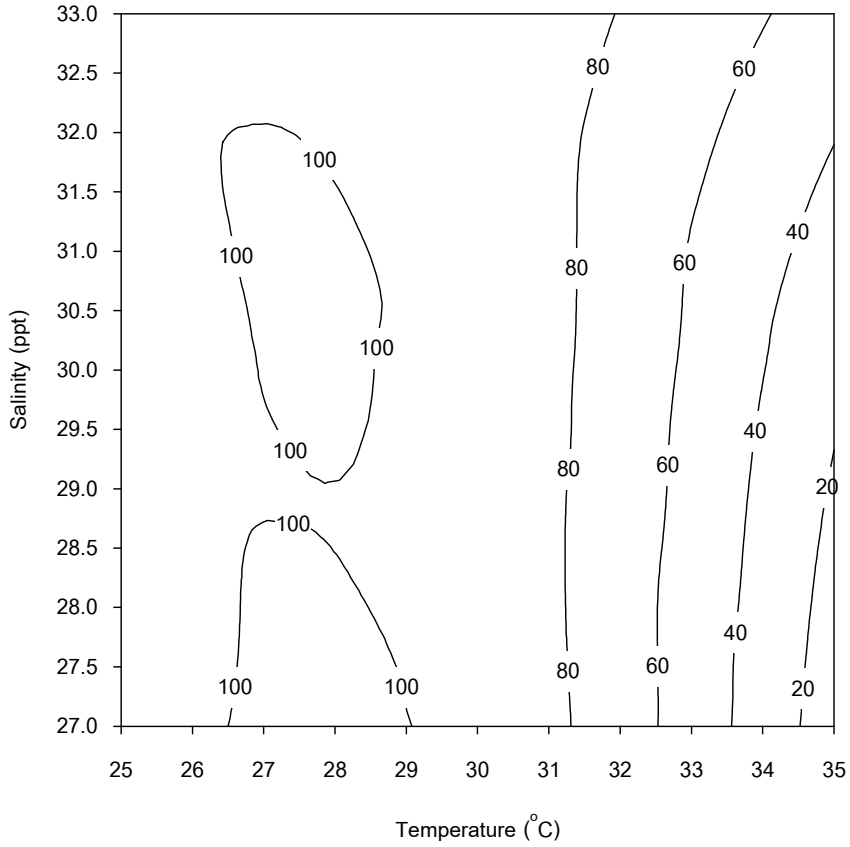


ภาพที่ 14 กราฟ Response surface แสดงระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ความเค็ม (ppt)		
	27	30	33
25 ^{0}C	94.7±1.15^{a}	94.7±1.15^{a}	97.3±1.15^{a}
30^{0}C	94.67±1.15^{a}	93.33±1.15^{b}	93.33±3.05^{b}
35^{0}C	10±5.29^{b}	24±12.16^{c}	48.67±4.16^{c}

อักษรตัวยก (superscript) ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

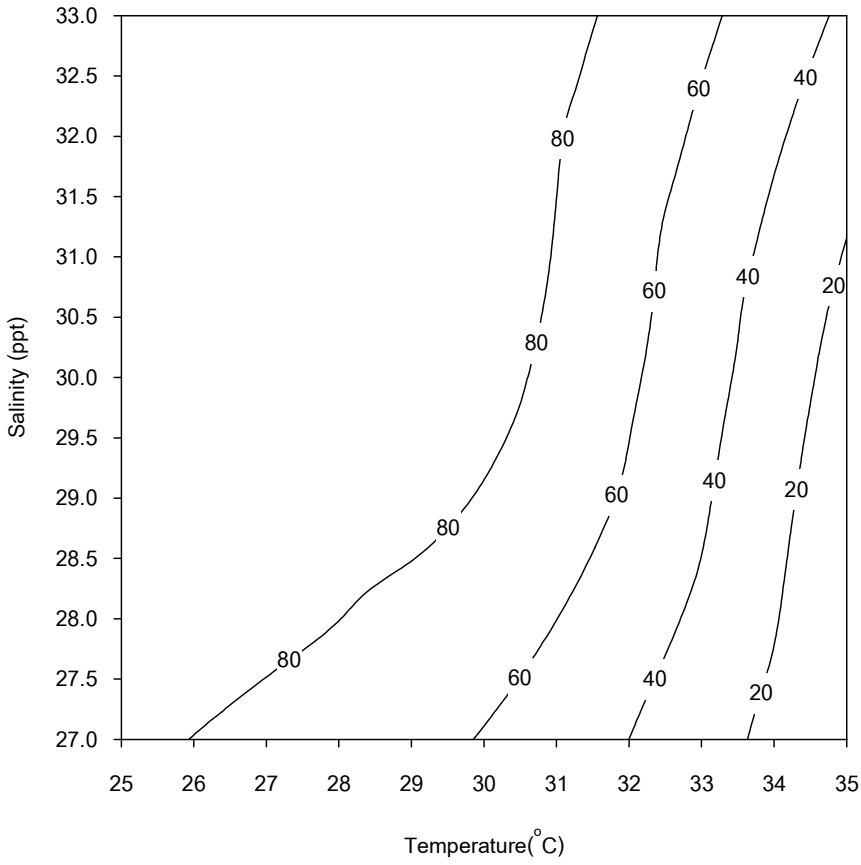


ภาพที่ 15 กราฟ Response surface แสดงระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

อุณหภูมิ	ความเค็ม (ppt)		
	27	30	33
25 ^{0}C	83.33±3.33^{a}	96.67±3.33^{a}	98.89±1.92^{a}
30^{0}C	58.89±7.70^{b}	85.56±3.85^{b}	92.22±1.92^{b}
35^{0}C	1.11±1.92^{c}	12.22±6.94^{c}	34.44±5.09^{c}

อักษรตัวยก (superscript) ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)



ภาพที่ 16 กราฟ Response surface แสดงระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาการฟักไข่ของหอยหวาน สำหรับความเค็มมีผลต่ออัตราการฟักไข่ของหอยหวาน โดยอัตราการฟักไข่สูงสุดพบที่อุณหภูมิต่ำสุด (25องศาเซลเซียส) กับความเค็มสูงสุด (33 ส่วนในพันส่วน) และอุณหภูมิสูงสุด (35องศาเซลเซียส) กับความเค็มสูงสุด (33 ส่วนในพันส่วน) นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ของหอยหวานคือ อุณหภูมิ 29.0 - 35.0 องศาเซลเซียส และความเค็ม 32.0-33.0 ส่วนในพันส่วน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nguyen *et al*. (2001) ที่รายงานว่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ของหอยหวาน (*B. areolata*) มีช่วงกว้าง คือ 30 - 35 ส่วนในพันส่วน แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่อระยะเวลาที่ใช้ในการฟักไข่ กล่าวคือ ที่อุณหภูมิสูง (35 องศาเซลเซียส) ทำให้การฝักไข่เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า นอกจากนี้การศึกษาในครั้งนี้พบว่า ทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกหอยหวานและหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะเต็ม ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของนิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์และศิรุษา กฤษณะพันธุ์ (2545) ที่รายงานว่า อุณหภูมิและความเค็มโดยทั่วไปที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่นในบ่อเลี้ยงคือ อุณหภูมิ 26-31 องศาเซลเซียส และความเค็ม 28- 32 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ Singhagriwan et al. (1992) รายงานว่าอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. asini*na) ระยะลงพื้นคือ อุณหภูมิ 27 - 31 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27.5 - 32.5 ส่วนในพันส่วน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในครั้งนี้ต่างกับการศึกษาของวราภรณ์และคณะ (2547) ที่รายงานว่าอัตราการรอดของลูกหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะลงพื้น มีอัตราการรอดสูงสุดที่อุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส และความเค็ม 15-30 ส่วนในพันส่วน และ Zue (2010) รายงานว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวาน *B. areolata* ระยะลงพื้นคือ อุณหภูมิ 26-30 องศาเซลเซียส และความเค็ม 26- 30 ส่วนในพันส่วน นอกจากนี้ทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อสายพันธุ์อื่นและหอยทะเลฝาเดียวชนิดอื่นได้แก่ ลูกหอย

เป๋าฮื้อ (*Haliotis diversicolor supertexta*) ลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. fulgens*) และลูกหอยสังข์ (*Strombus gigas*) โดยChen (1989) รายงานว่าลูกหอยเป๋าฮื้อ (*Haliotis diversicolor supertexta*) ระยะลงพื้นมีอัตรารอดตายสูงสุดที่อุณหภูมิ 24-30 องศาเซลเซียสและความเค็ม 32-35 ส่วนในพันส่วน Chen & Chen (2000) พบว่าอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. diversicolor supertexta*) ระยะวัยรุ่นคือ 20 องศาเซลเซียสและ 35 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ Lu *et al*. (2004) รายงานว่าลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. diversicolor supertexta*) ระยะลงพื้นที่อนุบาลที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสมีอัตราการเติบโตและอัตราการรอดสูงสุด Zaul *et al*. (2006) รายงานว่าอัตราการเติบโตของลูกหอยเป๋าฮื้อ (*H. fulgens*) ระยะลงพื้นมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอนุบาลต่ำกว่าในการศึกษาครั้งนี้ (20 องศาเซลเซียส) Romo et al. (2010) รายงานว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับลูกหอยเป๋าฮื้อ(*H. fulgens*) คือ 25 องศาเซลเซียส และความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วน และDavis (2000) รายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยสังข์ (*Strombus gigas*) คือ 24 องศาเซลเซียส) และ 35-40 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาในครั้งนี้กับผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อหอยทะเลสองฝาอาทิ ลูกหอยนางรม (*Pinctada margaritifera*) หอย *Mytilopsis leucophaeata* หอยเชลล์ (*Argopecten purpuratus*) หอยนางรม (*Pinctada imbricate*) หอยเชลล์ (*Argopecten irradians irradians*) และหอยนางรม *Saccostrea glomerata* พบว่าทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกหอยสองฝาระยะวัยอ่อนและระยะวัยรุ่นเช่นกัน โดย Dove & O'Oconner (2007) รายงานว่าความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกหอยนางรม *Saccostrea glomerata* ระยะวัยอ่อน (D – veliger karvae) อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อทั้งลูกหอยระยะวัยอ่อนและระยะลงเกาะ (pediveliger larvae) และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยระยะวัยอ่อน ขณะที่เพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยระยะวัยเกล็ด (spat) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการรอดตายของลูกหอยระยะวัยเกล็ดDoroudi et al. (1999) รายงานว่า อุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการรอดของลูกหอยนางรม (*Pinctada margaritifera*) ระยะวัยอ่อน คือ 26 - 29 องศาเซลเซียส และ 28 - 32 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับVerween et al. (2007) พบว่าทั้งอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอย *Mytilopsis leucophaeata* ระยะวัย

อ่อนคือ 22 องศาเซลเซียสและ 15 ส่วนในพันส่วนตามลำดับ Soria et al. (2007) รายงานว่า หอยเชลล์ (*Argopecten purpuratus*) ระยะลงพื้นมีอัตราการรอดสูงที่ความเค็มสูง และการศึกษาของ Connor & Lawler (2004) พบว่า อุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อหอยนางรม (*Pinctada imbricate*) ระยะวัยอ่อนคือ 14 องศาเซลเซียส และ 35 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ Tettelbach & และRhodes (1981) รายงานว่า ช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมของหอยเชลล์ (*Argopecten irradians irradians*) ระยะเอมบริโอและระยะวัยอ่อนคือ 20 - 25 องศาเซลเซียส และ 25 - 30 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ

นอกจากนี้การศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อสัตว์น้ำทะเลเศรษฐกิจชนิดอื่นอาทิ ลูกปูป่าชายเลน *Parasesarma catenaata* ปูทะเล *Scylla serrata* กุ้งขาววานาไม *Penaeus vannamei* กุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis* และกุ้ง (*Penaeus esculentus*) กล่าวคือทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกกุ้งและปูระยะวัยอ่อนและระยะวัยรุ่นเช่นกัน โดย Paula et al. (2003) รายงานว่าลูกปูป่าชายเลน *Parasesarma catenaata* ระยะวัยอ่อน (zoeal stages) มีอัตราการรอดตายสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วน แต่อัตราการรอดตายของลูกปูจะลดลงที่ความเค็มต่ำหรือสูงกว่า 35 ส่วนในพันส่วน Nurdiani & Zeng (2007) รายงานว่าอุณหภูมิและความเค็มรวมถึงปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของทั้งสองพารามิเตอร์มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูทะเล *Scylla serrata* ระยะวัยอ่อน (zoeal larvae) อย่งมีนัยสำคัญ โดยที่ความเค็มต่ำ ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและสูงจะมีผลต่อการตายจำนวนมาก (mass mortality) ของลูกปูทะเลระยะแรกฟัก (newly hatched larvae) ในขณะที่อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิต่ำ (25 องศาเซลเซียส) และความเค็มสูง (35 ส่วนในพันส่วน) ทำให้อัตราการรอดตายของลูกปูระยะ megalopal stage สูงสุด Palafox et al. (1997) รายงานว่าลูกกุ้งขาววานาไม *Penaeus vannamei* ระยะวัยรุ่นมีอัตราการรอดประมาณ 80 - 90% ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส และความเค็มต่ำกว่า 40 ส่วนในพันส่วน โดยที่อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้อัตราการรอดตายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ความเค็มสูงมีผลในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิสูง ซึ่งช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้งขาววานาไมคือ 28 - 30 องศาเซลเซียสและ 33 - 40 ส่วนในพันส่วน Zacharia & Kakati (2004) รายงานว่าความเค็มมีผลต่อการพัฒนาและการรอดตายของลูกกุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis* ระยะวัย

อ่อนมากกว่าอุณหภูมิ โดยอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการฟักและการรอดตายของลูกกุ้งแชบ๊วยคือ 33 องศาเซลเซียสและ 35 ส่วนในพันส่วน O'Brien (1994) พบว่าช่วงอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้ง (*Penaeus esculentus*) ระยะวัยอ่อน คือ อุณหภูมิ 15 - 30 องศาเซลเซียส และความเค็ม15 - 45 ส่วนในพันส่วน และ Jackson & Burford (2003) รายงานว่าความเค็มที่สูงกว่า 28 ส่วนในพันส่วนไม่ผลในทางลบต่อการรอดตายของลูกกุ้ง *Penaeus semisulcatus* ระยะวัยอ่อน

5.2 สรุปผลการวิจัย

1. ความเค็มเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลต่ออัตราการฟักไข่ ในขณะที่อุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราการฟักไข่ แต่อุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาในการฟักไข่ที่ทุกระดับความเค็ม โดยอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ของหอยหวาน คือ 29.0 - 35.0 องศาเซลเซียส และ 32.0 – 33.0 ส่วนในพันส่วน

2. ทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น โดยอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยหวานวัยอ่อน ระยะแรกฟัก ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น คือ 28.5 - 30.5 องศาเซลเซียส และ 33.0 ส่วนในพันส่วน, 25.0 - 30.5 องศาเซลเซียส และ 28.5 - 33 และ25.5 - 28.0 องศาเซลเซียส และ 30.0 - 33.0 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ

3. ทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น โดยอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกหอยเป๋าฮื้อวัยอ่อน ระยะแรกฟัก ระยะลงพื้น และระยะวัยรุ่น คือ 25.0 - 29.5 องศาเซลเซียสและ 30.5 – 33.0 ส่วนในพันส่วน, 26.5 – 29.0 องศาเซลเซียสและ 27.0 – 32.0 ส่วนในพันส่วน และ 26.0 - 29.0 องศาเซลเซียสและ 27.0 – 33.0 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มที่ต่ำกว่าและสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้กับหอยทั้งสองชนิด ทั้งนี้เพื่อให้ได้อุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมมากที่สุดในการอนุบาลลูกหอยทั้งสองชนิดให้มีการรอดตายและการเติบโตสูงสุด นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ต่อลูกหอยหวาน ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะต่างๆ รวมถึงหอยทะเลฝาเดียวชนิดอื่นๆ ในอนาคต

2. เนื่องการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็มแบบเฉียบพลัน (Acute change) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มแบบแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual change) เพื่อใช้ในการปรับปรุงการเพาะฟักและอนุบาลลูกหอยทั้งสองชนิด รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ต่อลูกหอยหวาน ลูกหอยเป๋าฮื้อระยะต่างๆ รวมถึงหอยทะเลฝาเดียวชนิดอื่นๆ ในอนาคต

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์สถิติด้วย SPSS for Windows. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

คเชนทร เฉลิมวัฒน์. การเพาะเลี้ยงหอย (MOLLUSK AQUACULTURE). พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รั้วเขียว, 2544.

ชุติมา ชัยสนิท. ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเติบโตของหอยเป๋าฮื้อไทยชนิด *Haliotis asinina*, Linnaeus 1785 ในระยะวัยเกล็ด, โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน หลักการ และแนวปฏิบัติ. หนังสือในโครงการจัดพิมพ์เผยแพร่รายงานวิจัย ลำดับที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์. ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกหอยนางรมวัยรุ่น *Crassostrea lugubris*. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2539.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ, 2529.

รุ่งทิวา ตะติชรา. ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันต่อการพัฒนาและการอยู่รอดของลูกหอยลาย *Paphia undulate*, Born, 1778. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ลือชัย ดรุณชู วิวรรธน์ สิงห์ทวีศักดิ์ และเจษฎา เจริญวัตน์. การเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link 1807) ในกระชังในบ่อดิน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548.

วราภรณ์ แก้วไทย สุภาพร แก้วอักษร และอุทัย รัตนอุบล. การเจริญเติบโตและการรอดตายของหอยหวาน (*Babylonia areorata* Link, 1807) ที่ความเค็มระดับต่างกัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, 2547.

วิรัช จิ๋วแหยม. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

หน่วยปฏิบัติการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะฟักและเลี้ยงหอยหวานเชิงพานิชย์แบบครบวงจร สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ชีววิทยาของหอยหวาน. [ออนไลน์], 2551. แหล่งที่มา: http://www.cubabylonia.com [2554, กรกฎาคม 19]

แหล่งการเรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหาร โรค อนุกรมวิธานสัตว์น้ำ ประมง ปลา กุ้ง หอย. ชีววิทยาของหอยเป๋าฮื้อ.[ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.aquatoyou.com [2554, สิงหาคม 1]

ภาษาอังกฤษ

Brown, S.D. & Bert, T.M. The effects of temperature and salinity on molting and survival of *menippe adina* and *M. mercenaria* (Crustacea, Decapode) postsettlement juveniles. Marine ecology progress series 99(1993): 41 – 49.

Chen, H.C. Recent innovations in cultivation of edible mollusks in Taiwan, with special reference to the small abalone *Haliotis diversicolor* and the hard clam *Meretrix lusoria*. Aquaculture 39(1984): 11-27.

Chen, J.C. and W.C. Chen. Salinity tolerance of *Haliotis diversicolor supertexta* at different salinity and temperature levels. Aquaculture 181(2000): 191-203.

Cheng, W., S.P. Yeh, C.S. Wang, and J. C. Chen. Osmotic and ionic changes in Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* at different salinity levels. Aquaculture 203 (2002): 349-357.

Davis M. The combined effects of temperature and salinity on growth, development, and survival for tropical gastropod veligers of *Strombus gigas*. Journal of Shellfish research19 (2000): 883-889.

Doroudi MS, Southgate PC and Mayer RJ. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera*. Aquaculture Research 30 (1999): 271-277.

Dove MC. and O'Oconner WA. Salinity and temperatures tolerance of Sydney rock oysters *Saccostrea glomerata* during early ontogeny. Journal of Shellfish Research 26 (2007): 939-947.

Laing, I. Effect of salinity on growth and survival of king scallop spat (*Pecten maximus*). Aquaculture 205 (2002): 171– 181.

Lu J, Lin Q, Sun Y, Sheng J and Chen Q. Effect of temperature on the early development of *Haliotis diversicolor* Reev. Journal of Shellfish research 23(2004): 963-966.

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

Mangold, K., S. von Boletzky and D. Frosch. Reproductive biology and embryonic development of *Eledone cirrosa* (Cephalopoda: Octopoda). Marine Biology 8(2) (1971): 109-117.

Manoj Nair R. & K.K. Appukuttan Effect of temperature on the development, growth,survival and settlement of green mussel Perna viridis(Linnaeus, 1758) Aquaculture Research 34(2003): 1037-1045

Ming Xue. The Combined Effects of Temperature and Salinity on Growth and Survival of Hatchery-Reared Juvenile Spotted Babylon, *Babylonia areolata* (Link 1807). JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY.41 S1 (2010):116-122

Morton, J.E. Molluscs. Hutchinson University. Library London. (1968): 244 pp.

Paul, J.D. Salinity-temperature relationships in the queen scallop *Chlamys opercularis*. Marine biology 56 (1980): 295 – 300.

Peterson, R. H., H. C. E. Spinney, and A. Sreedlaron. Development of Atlantic salmon (*Salmosalar*) egg and alevins under varied temperature regimes. J. Fish. Res. Board.Can. Vol. (34) (1977): 31-34.

Robert R, His E and Dinet A. Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the European flat oyster *Ostrea edulis*. Marine Biology 97 (1988): 95-100.

Rupp, G.S. & Parsons, G.J. Effecth of salinity and temperature on the survival and byssal attachment of the lion's paw scallop *Nodipecten nodosus* at its sourhern distribution limit. Journal of experimental marine biology and ecology 309 (2004): 173 – 198.

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

Suquet, M., Y. Normant, J.P. Gaignon, L. Quéméner and C. Fauvel. Effect of water temperature on individual reproductive activity of Pollack (*Pollachius pollachius*). Aquaculture 243 (2005): 113-120.

Sylvester, J. R. Biological Considerations on the use of thermal effluents for finish aquaculture. Aquaculture 6 (1975): 1-10.

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

Taylor JJ, Southgate PC and Rose RA. Effects of salinity on growth and survival of silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* spat. Journal of Shellfish research 23 (2004): 375-377.

Tettelbach, S.T. & Rhodes, E.W. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay Scallop *Argopecten irradians irradians*. Marine Biology 63 (1981): 249 – 256.

Wayne A. O'Connor and Norm F. Lawler Salinity and temperature tolerance of embryos and juveniles of the pearl oyster,*Pinctada imbricata Rooding*. Aquaculture 229 (2004): 493–506

Wuenschel, M.J., Jugovich, A.R. & Hare, J.A. Effects of temperature and salinity on the energetics of juvenile gray snapper (*Lutjanus griseus*): implications for nurery habitat value. Journal of experimental marine biology and ecology 312 (2004): 333 – 347.

Zheng H, Zhu J, Ke C, Zhou S and Li F. Effects of temperature and salinity on embryonic development of *Babylonia formosae habei* (Gastropoda: Buccinidae). Journal of Oceanography in Taiwan Strait 19 (2000): 1-5.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ 1 อัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 144 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	76.7±1.2	59.7±1.5	96.7±0.6	76.7±2.1	83.3±1.5	100.0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
132	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	63.3±2.5	83.3±1.5	86.7±0.5	0	0	0	0	0	0
อัตราการฟัก (%)	63.3±2.5	83.3±1.5	86.7±0.5	76.7±1.2	59.7±1.5	96.7±0.6	76.7±2.1	83.3±1.5	100.0

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.7	0.7	0.3	0.3	0.0	0.3	9.0	3.7	0.3
24	2.3	1.7	1.3	1.3	1.0	1.3	11.3	7.7	2.7
36	5.0	3.7	1.3	1.7	4.3	1.3	9.3	11.7	6.7
48	11.7	1.0	2.3	2.0	3.3	1.3	8.7	11.7	5.7
60	11.0	2.7	2.3	1.7	1.7	2.0	12.7	11.7	10.3
72	12.3	6.3	5.3	1.3	0.7	2.0	7.3	10.0	9.3
84	12.3	9.0	2.7	6.3	2.3	2.3	14.3	13.0	6.7
96	20.3	9.3	5.7	4.0	2.7	1.7	9.7	12.0	11.3
อัตราการรอดตาย (%)	23.3±1.5	65.7±2.1	78.7±1.5	81.3±3.5	84. 0±3	87.7±1.5	17.7±1.2	18.7±1.5	47.0±2.6

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	1.0	0.7	0.3	1.7	2.0	0.0
36	0.3	0.3	0.0	0.3	0.7	0.3	1.7	2.0	1.7
48	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	1.3	0.7
60	1.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	7.7	1.3	0.3
72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	5.0	2.3	2.0
84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	4.3	5.3	3.3
96	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7	2.7	7.7	2.3
อัตราการรอดตาย (%)	93.3±0	98.9±0.5	100.0±0	92.2±0.5	91.1±1.2	92.2±0.5	15.6±1.5	26.7±1.7	65.6±2.3

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5
24	0.7	1.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5
36	0.0	0.0	0.3	0.5	0.5	1.5	2.5	1.5	3.5
48	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.0	1.5	1.5	2.0
60	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	2.5	0.5	1.5
72	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.5	3.0	2.5	1.5
84	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.5	1.5	2.5	1.0
96	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	2.5	3.0	1.0
อัตราการรอดตาย (%)	94.4±5.1	96.7±5.7	95.6±3.8	71.7±2.3	85.0±2.3	80.0	48.3±2.3	56.7±4.7	61.7±7.0

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
1	5.2	4.8	3.6	3.4	3.1	3.7	6.0	6.0	2.7
6	3.6	4.6	3.3	4.2	3.6	4.4	6.0	6.1	4.5
12	6.2	3.5	3.9	4.5	4.5	3.0	9.3	6.2	7.2
24	5.1	3.7	3.8	6.4	2.8	4.2	6.3	8.4	7.3
36	6.3	5.1	3.6	6.3	5.0	4.4	5.9	7.8	5.8
48	7.4	5.9	5.1	7.1	5.6	3.0	7.9	7.4	6.5
60	8.0	5.9	4.3	6.1	5.5	3.4	8.8	8.1	4.6
72	9.5	10.5	3.3	9.8	4.5	5.3	8.8	8.0	6.2
84	9.1	8.4	3.1	11.0	5.0	5.4	12.2	8.0	5.6
96	9.6	9.0	3.9	10.5	4.2	3.8	9.8	10.2	8.0
อัตราการรอดตาย (%)	29.94±3.3	50.09±8.5	62.20±2.9	30.41±9.1	56.16±0.8	59.30±1.9	18.81±1.4	23.89±2.8	41.94±3.1

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
12	0.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.0	2.0	3.7
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.7	4.3	4.3
36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	3.0	8.3	4.3
48	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.3	3.3	7.3	2.0
60	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.3	15.0	5.7	6.3
72	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.7	6.0	4.7	2.3
84	0.0	1.0	0.3	0.0	0.7	0.0	4.7	4.0	1.7
96	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	3.3	1.3	1.0
อัตราการรอดตาย (%)	94.7±1.1	94.7±1.1	97.3±1.1	94.67±1.1	93.33±1.1	93.33±3.0	10±5.3	24±12.1	48.67±4.2

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นที่อนุบาลด้วยอุณหภูมิและความเค็มต่างกันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ชั่วโมงที่	อุณหภูมิ (เซลเซียส)								
	25			30			35		
	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)			ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)		
	27	30	33	27	30	33	27	30	33
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
12	0.3	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	9.3	1.0	2.0
24	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	8.7	8.3	4.7
36	0.3	0.0	0.0	0.7	0.3	0.0	7.7	3.7	3.7
48	0.0	0.0	0.0	2.0	0.7	0.3	4.0	2.0	5.3
60	1.0	0.0	0.0	1.3	0.7	0.0	0.0	5.0	2.3
72	0.7	0.0	0.3	1.7	0.7	0.3	0.0	3.7	0.3
84	1.3	0.3	0.0	1.7	0.7	1.0	0.0	1.3	1.0
96	1.3	0.7	0.0	1.7	1.3	0.7	0.0	1.3	0.0
อัตราการรอดตาย (%)	83.33±3.3	96.67±3.3	98.89±1.9	58.89±7.7	85.56±3.8	92.22±1.9	1.11±1.9	12.22±6.9	34.44±5.0

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 อัตราการฟักไข่ของหอยหวานที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: H

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2896.296[a]	8	362.037	1.657	.178
Intercept	189170.370	1	189170.370	865.695	.000
TEM	474.074	2	237.037	1.085	.359
SAL	2229.630	2	1114.815	5.102	.018
TEM * SAL	192.593	4	48.148	.220	.924
Error	3933.333	18	218.519		
Total	196000.000	27			
Corrected Total	6829.630	26			

a. R Squared = .424 (Adjusted R Squared = .168)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE

H

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1
25.00	9	77.7778
30.00	9	86.6667
35.00	9	86.6667
Sig.		.243

Means for groups in homogeneous subsets are displayed
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 218.519.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SALINITY

H

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2
27.00	9	72.2222	
30.00	9	84.4444	84.4444
33.00	9		94.4444
Sig.		.096	.168

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 218.519.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21141.333[a]	8	2642.667	548.862	.000
Intercept	84672.000	1	84672.000	17585.72	.000
TEM	14393.556	2	7196.778	1494.715	.000
SAL	4140.667	2	2070.333	429.992	.000
TEM * SAL	2607.111	4	651.778	135.369	.000
Error	86.667	18	4.815		
Total	105900.000	27			
Corrected Total	21228.000	26			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .994)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE

SUL

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	9	27.7778		
1.00	9		55.8889	
2.00	9			84.3333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.815.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SALINITY

SUL

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1.00	9	40.7778		
2.00	9		56.1111	
3.00	9			71.1111
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.815.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้นที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25018.147[a]	8	3127.268	195.903	.000
Intercept	152100.083	1	152100.083	9528.090	.000
TEM	20801.847	2	10400.923	651.551	.000
SAL	1715.820	2	857.910	53.743	.000
TEM * SAL	2500.480	4	625.120	39.160	.000
Error	287.340	18	15.963		
Total	177405.570	27			
Corrected Total	25305.487	26			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .984)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE

SUL

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	9	35.9333		
2.00	9		91.8333	
1.00	9			97.4000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 15.963.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SALINITY

SUL

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1.00	9	67.0222		
2.00	9		72.2222	
3.00	9			85.9222
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 15.963.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่นที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7813.520[a]	8	976.690	73.949	.000
Intercept	158695.400	1	158695.400	12015.37	.000
TEM	7259.935	2	3629.967	274.837	.000
SAL	364.398	2	182.199	13.795	.000
TEM * SAL	189.187	4	47.297	3.581	.026
Error	237.739	18	13.208		
Total	166746.659	27			
Corrected Total	8051.259	26			

a. R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .957)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE

SUL

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	9	55.5633		
2.00	9		78.8889	
1.00	9			95.5444
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 13.208.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SALINITY

SUL

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2
1.00	9	71.4744	
3.00	9		79.0778
2.00	9		79.4444
Sig.		1.000	.833

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 13.208.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อนที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6346.286[a]	8	793.286	71.126	.000
Intercept	46312.531	1	46312.531	4152.404	.000
TEM	2359.417	2	1179.709	105.773	.000
SAL	3603.016	2	1801.508	161.524	.000
TEM * SAL	383.853	4	95.963	8.604	.000
Error	200.757	18	11.153		
Total	52859.574	27			
Corrected Total	6547.043	26			

a. R Squared = .969 (Adjusted R Squared = .956)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE SALINITY

SUR

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1	Subset 2
3.00	9	28.2144	
1.00	9		47.4089
2.00	9		48.6244
Sig.		1.000	.450

Means for groups in homogeneous subsets are disp
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 11.153.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SUR

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1.00	9	26.3889		
2.00	9		43.3789	
3.00	9			54.4800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 11.153.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้นที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	29354.963[a]	8	3669.370	157.760	.000
Intercept	141122.370	1	141122.370	6067.363	.000
TEM	27037.630	2	13518.815	581.223	.000
SAL	835.852	2	417.926	17.968	.000
TEM * SAL	1481.481	4	370.370	15.924	.000
Error	418.667	18	23.259		
Total	170896.000	27			
Corrected Total	29773.630	26			

a. R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .980)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE

SUR

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1	Subset 2
3.00	9	27.5556	
2.00	9		93.7778
1.00	9		95.5556
Sig.		1.000	.444

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 23.259.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SALINITY

SUR

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2
1.00	9	66.4444	
2.00	9	70.6667	
3.00	9		79.7778
Sig.		.080	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 23.259.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นที่อุณหภูมิและความเค็มต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	34310.148[a]	8	4288.769	212.670	.000
Intercept	105773.971	1	105773.971	5245.095	.000
TEM	30290.331	2	15145.165	751.015	.000
SAL	3446.983	2	1723.491	85.464	.000
TEM * SAL	572.835	4	143.209	7.101	.001
Error	362.993	18	20.166		
Total	140447.111	27			
Corrected Total	34673.141	26			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .985)

Post Hoc Tests

TEMPERATURE SALINITY

SUR

Duncan[a,b]

TEM	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	9	15.9244		
2.00	9		78.8867	
1.00	9			92.9600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 20.166.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SUR

Duncan[a,b]

SAL	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1.00	9	47.7756		
2.00	9		64.8122	
3.00	9			75.1833
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 20.166.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุอัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.602[a]	.363	.309	23.745

a. Predictors: (Constant), Salinity, Temperature

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7696.556	2	3848.278	6.825	.005[a]
	Residual	13531.444	24	563.810		
	Total	21228.000	26			

a. Predictors: (Constant), Salinity, Temperature

b. Dependent Variable: Survival

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-11.333	65.428		-.173	.864
	Temperature	-2.811	1.119	-.409	-2.511	.019
	Salinity	5.056	1.866	.442	2.710	.012

a. Dependent Variable: Survival

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุอัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะลงพื้น

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.857[a]	.735	.713	5.014

a. Predictors: (Constant), Sanility, Tempersture

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1675.389	2	837.694	33.322	.000[a]
	Residual	603.352	24	25.140		
	Total	2278.741	26			

a. Predictors: (Constant), Sanility, Tempersture

b. Dependent Variable: Survival

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	49.519	13.816		3.584	.001
	Tempersture	-1.844	.236	-.820	-7.804	.000
	Sanility	.944	.394	.252	2.397	.025

a. Dependent Variable: Survival

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุอัตราการรอดตายของลูกหอยหวานระยะวัยรุ่น

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.962[a]	.926	.920	4.99128

a. Predictors: (Constant), TEM, SAL

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7453.350	2	3726.675	149.588	.000[a]
	Residual	597.909	24	24.913		
	Total	8051.259	26			

a. Predictors: (Constant), TEM, SAL

b. Dependent Variable: SUR

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	109.043	3.463		31.485	.000
	SAL	3.802	1.176	.180	3.231	.004
	TEM	-19.991	1.176	-.945	-16.992	.000

a. Dependent Variable: SUR

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุอัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยอ่อน

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.892[a]	.796	.779	7.46694

a. Predictors: (Constant), SAL, TEM

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5208.917	2	2604.459	46.712	.000[a]
	Residual	1338.126	24	55.755		
	Total	6547.043	26			

a. Predictors: (Constant), SAL, TEM

b. Dependent Variable: SUR

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	32.519	5.181		6.276	.000
	TEM	-9.597	1.760	-.503	-5.453	.000
	SAL	14.046	1.760	.736	7.981	.000

a. Dependent Variable: SUR

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุอัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะลงพื้น

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.852[a]	.726	.703	18.36269

a. Predictors: (Constant), SAL, TEM

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	21419.78	2	10709.889	31.762	.000[a]
	Residual	8092.519	24	337.188		
	Total	29512.30	26			

a. Predictors: (Constant), SAL, TEM

b. Dependent Variable: SUR

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	211.259	50.598		4.175	.000
	TEM	-6.778	.866	-.837	-7.830	.000
	SAL	2.148	1.443	.159	1.489	.150

a. Dependent Variable: SUR

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุอัตราการรอดตายของลูกหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่น

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.931[a]	.868	.857	13.82579

a. Predictors: (Constant), SAL, TEM

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	30085.48	2	15042.742	78.695	.000[a]
	Residual	4587.657	24	191.152		
	Total	34673.14	26			

a. Predictors: (Constant), SAL, TEM

b. Dependent Variable: SUR

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	112.218	9.594		11.697	.000
	TEM	-38.518	3.259	-.878	-11.820	.000
	SAL	13.704	3.259	.312	4.205	.000

a. Dependent Variable: SUR

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสิรินันท์ หนูนิ่ม เกิดเมื่อ 27 กรกฎาคม 2528 อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปีการศึกษา 2547 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจาก สาขาผลิตกรรมชีวภาพ คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตที่สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 โดยในระหว่างการศึกษาได้มีการนำเสนอผลงานดังนี้

- นำเสนอผลงานทางวิชาการ (Oral Presentation) เรื่อง อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเค็มต่อการฟักไข่และการรอดตายของลูกหอยหวาน(*Babylonia areolata*) ระยะวัยอ่อนและระยะลงพื้น ในการประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 7 “ก้าวสู่ทศวรรษที่ 3 : มุ่งมั่นงานวิจัยพัฒนาชาติไทยให้ยั่งยืน” ในวันเสาร์ที่ 30 กรกฎาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร