

ผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต ออสโมลาลิตีและลักษณะทาง
เนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยว

EFFECTS OF SALINITY ON MOULTING, GROWTH, OSMOLALITY AND
HISTOLOGY OF INDIVIDUAL-CULTURED FRESHWATER PRAWN
(*Macrobrachium rosenbergii* de Man)



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AG-M-001-051

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**ผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต ออสโมลาลิตีและลักษณะทาง
เนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยว**

**EFFECTS OF SALINITY ON MOULTING, GROWTH, OSMOLALITY AND
HISTOLOGY OF INDIVIDUAL-CULTURED FRESHWATER PRAWN**

(*Macrobrachium rosenbergii* de Man)



110548

ธนิกันต์ บัวจันทร์

TANIKAN BUACHAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **110548**
วัน,เดือน,ปี..... **- 4 พ.ย. 2553**

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AG-M-081-051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาสาระของเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECTS OF SALINITY ON MOULTING, GROWTH, OSMOLALITY AND
HISTOLOGY OF INDIVIDUAL-CULTURED FRESHWATER PRAWN**

(Macrobrachium rosenbergii de Man)



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

KMITL-2010-AG-M-081-051



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลือทั้งห้าเป็นให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

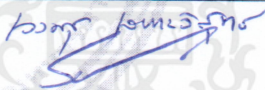


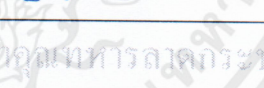

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต ออสโมลาลิตีและลักษณะทางเนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยว
Effects of Salinity on Moulting, Growth, Osmolality and Histology of Individual-cultured Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man)

นักศึกษา นางสาวณิกานต์ บัวจันทร์
รหัสประจำตัว 50065903
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นงนุช	เลาหะวิสุทธิ์	
ดร.สมศรี	งามวงศ์ชน	
รศ.ดร.สมชาย	หวังวิบูลย์กิจ	
ดร.จตุพร	บัณฑิต	
ผศ.ดร.อัจฉรี	เรืองเดช	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

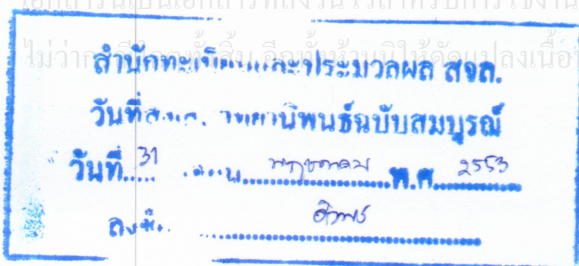
วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 7 พฤษภาคม 2553 เวลา 09.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม A 209 (ชั้น 2 อาคารเจ้าคุณทหาร)

คณบดีรับรองแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ ๒๖.. เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553



หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต ออสโมลาลิตี และลักษณะทางเนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยว
นักศึกษา	นางสาวธนิกานต์ บัวจันทร์
รหัสประจำตัว	50065903
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

บทคัดย่อ

การทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) แบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีต ที่ระดับความเค็มต่างๆ เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตรารอด ออสโมลาลิตี ลักษณะเนื้อเยื่อของตับ hepatopancreas และคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยการทดลองมีความเค็มเป็นปัจจัย แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ 0, 8, 16 และ 24 ppt แต่ละชุด การทดลองปล่อยกุ้งก้ามกรามขนาด 3.72-3.78 กรัม จำนวน 21 ตัว เลี้ยงแบบแยกเดี่ยวเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในความเค็ม 0 ppt มีจำนวนการลอกคราบมากที่สุด 2.45 ± 0.06 ครั้ง/ตัว แตกต่างจากที่ระดับความเค็ม 8, 16 และ 24 ppt ($P < 0.05$) การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามดีที่สุดที่ระดับความเค็ม 0 ppt โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 8.31 ± 0.50 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน 0.072 ± 0.006 กรัม/ตัว/วัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.32 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.62 ± 0.06 นอกจากนี้ยังมีอัตราการรอดสูงสุด 98.81 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์ ออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งมีค่า 456.87 ± 6.40 , 475.88 ± 5.86 , 505.81 ± 4.75 และ 607.31 ± 6.88 mOsm/kg ที่ระดับความเค็ม 0, 8, 16 และ 24 ppt ตามลำดับ เนื้อเยื่อของตับที่ความเค็ม 0 และ 8 ppt เป็นปกติ ส่วนที่ความเค็ม 16 และ 24 ppt จะทำให้เนื้อเยื่อชั้น epithelium หนาขึ้น hemolymph lacuna มีขนาดแคบลง septum ไม่ชัดเจน และพบ gill filament เชื่อมติดกันที่ความเค็ม 24 ppt ส่วน hepatopancreas ที่ความเค็มมากกว่า 16 ppt มีผลทำให้จำนวน R-cell ลดลง และจำนวน B-cell เพิ่มขึ้น ส่วนที่ความเค็ม 24 ppt ท่อ hepatopancreas มีลักษณะบางลง คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามโดยมีค่าอุณหภูมิ 27.4-30.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.00-7.75 การนำไฟฟ้า 0.27-45.20 mS/cm ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 6.41-7.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 71.3-117.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.05-0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ในไตรท์ 0.01-0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท 0.80-12.82 มิลลิกรัมต่อลิตร

Thesis	Effects of Salinity on Moulting, Growth, Osmolality and Histology of Individual-Cultured Freshwater Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> de Man)
Student	Miss Tanikan Buachan
Student ID.	50065903
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2010
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Somchai Wangwibulkit

ABSTRACT

The experiment was conducted in concrete tanks, contained with different water salinities. The experiment aimed to study the effects of salinity on molting, growth, survival, osmolality and histology of gills and hepatopancreas of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man). The water quality was also measured during 60-day culture period. The 21 giant freshwater prawn in average size from 3.72-3.78 g were cultured individually in 4 different salinities (treatments): 0 (freshwater), 8, 16 and 24 ppt. The result showed that molting frequency of freshwater prawn cultured in 0 ppt was 2.45 ± 0.06 times/prawn higher than that in other salinities ($P < 0.05$). The best growth was observed in 0 ppt, average final weight was 8.31 ± 0.50 g, daily weight gain was 0.072 ± 0.006 g/prawn/day, the percentage of specific growth rate was 1.32 ± 0.06 percent per day, feed conversion ratio was 1.62 ± 0.06 and survival rate $98.81 \pm 2.38\%$. Hemolymph osmolality were 456.87 ± 6.40 , 475.88 ± 5.86 , 505.81 ± 4.75 and 607.31 ± 6.88 mOsm/kg in 0, 8, 16 and 24 ppt, respectively. Histological appearance of gills at 0 and 8 ppt was normal. Epithelium thickness, decreased hemolymph lacuna width and pillar cell lacking and absence were observed at 16 and 24 ppt and gills filament tightly attached at 24 ppt. Numbers of R-cells in hepatopancreas tubules decreased at over 16 ppt, while B-cells were increased. Moreover, hepatopancreas tubules were thinner at 24 ppt. Water quality was shown in normal range throughout experimental period, with $27.4-30.0$ °C of temperature, 7.00-7.75 of pH, 0.27-45.20 mS/cm of conductivity, 6.41-7.38 mg/L of dissolved oxygen, 71.3-117.3 mg/L of alkalinity, 0.05-0.56 mg/L of ammonia, 0.01-0.44 mg/L of nitrite and 0.80-12.82 mg/L of nitrate.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาของ รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ซึ่งแนวทางแก้ปัญหาและอบรมสั่งสอน ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ และ ผศ.ดร.อัจฉรี เรืองเดช ที่ให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาลดลดการศึกษารวมทั้งการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สมศรี งามวงศ์ชน และ ดร.จตุพร บัณฑิต สำหรับคำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อสุชาติและคุณแม่สาคร บัวจันทร์ ที่ให้การอบรมสั่งสอน เป็นกำลังใจที่สำคัญและให้โอกาสทางการศึกษาแก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณคุณเทียมพงษ์ ชมสุวรรณ คุณกันขนา ดงศิริ คุณวรางคณา กาซั้ม คุณเพชรพร อ่างทอง คุณวันวิสาข์ บุญเรือง และคุณสุรภี ประชุมพล ที่ให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดีในขณะที่ทำการทดลอง ขอขอบคุณคุณบุปผา จงพัฒน์ คุณนภพล เผ่าพันธ์ และคุณชิตชนก สวัสดิ์ศรี ที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการสำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง เพื่อนๆ จุฬาราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช ที่ให้การช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจเสมอมา และขอบใจน้องๆ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงทุกคนที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในขณะที่ทำการทดลอง

ธนิกันต์ บัวจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	
2.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งก้ามกราม.....	3
2.2 การลอกคราบของกุ้งก้ามกราม.....	3
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลอกคราบ.....	4
2.3.1 ปัจจัยภายในที่เกี่ยวกับการลอกคราบ.....	4
2.3.2 ปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวกับการลอกคราบ.....	4
2.4 ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกราม.....	6
2.5 การรักษาสมดุลของน้ำและไอออนของกุ้งก้ามกราม.....	7
2.6 การเปลี่ยนแปลงของความเค็มที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกราม.....	7
2.6.1 เหงือก.....	7
2.6.2 hepatopancreas.....	10
2.7 คุณภาพน้ำกับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.....	12
2.7.1 อุณหภูมิ (temperature).....	12
2.7.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH).....	12
2.7.3 ความเป็นด่าง (alkalinity).....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังสื่ออื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolve oxygen).....	13
2.7.5 ไนโตรเจน (nitrogen).....	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	
3.1 สัตว์ทดลอง.....	15
3.2 อุปกรณ์และสารเคมี.....	15
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง.....	16
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	19
3.5 สถานที่ทำการวิจัย.....	19
3.6 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	
4.1 ผลของความเค็มต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกราม.....	20
4.2 ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกราม.....	21
4.2.1 การเจริญเติบโต.....	21
4.2.1.1 น้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น.....	21
4.2.1.2 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน.....	23
4.2.1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ.....	24
4.2.1.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ.....	25
4.2.2 อัตราการรอด.....	25
4.3 ผลของความเค็มต่อออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งก้ามกราม.....	26
4.4 ผลของความเค็มต่อลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกราม.....	28
4.4.1 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก.....	28
4.4.2 ลักษณะเนื้อเยื่อ hepatopancreas.....	34
4.5 คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ.....	39
4.5.1 อุณหภูมิ.....	39
4.5.2 ความเป็นกรด-ด่าง.....	41
4.5.3 การนำไฟฟ้า.....	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ.....	42
4.5.5 ความเป็นค่า.....	43
4.5.6 แอมโมเนีย.....	44
4.5.7 ไนไตรท์.....	44
4.5.8 ไนเตรท.....	45
บทที่ 5 วิจัยผลการทดลอง.....	46
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	53
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก.....	61
ประวัติผู้เขียน.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
4.1	เปรียบเทียบจำนวนการลอกคราบและอัตราการลอกคราบเฉลี่ยของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	20
4.2	เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	22
4.3	เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	23
4.4	เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	24
4.5	เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	24
4.6	เปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	25
4.7	เปรียบเทียบอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	25
4.8	เปรียบเทียบค่าออสโมลาลิตีในเลือดและน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	26
4.9	คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	40
4.10	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	40
5.1	เปรียบเทียบความเค็มในการรักษาสมดุลงน้ำและไอออนของกุ้งก้ามกราม (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) ระยะต่างๆ.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะเหงือกกุ้ง (<i>Macrobrachium olferii</i>) ที่อยู่ในความเค็ม 0 ppt (ภาพ A) และ ในความเค็ม 28 ppt (ภาพ B) perikary (p) flages (f) haemolymph space (h) และ hemocyte (*) ขนาด 10 μm	8
2.2 ลักษณะเหงือกปู <i>Uca uruguayensis</i> ที่อยู่ในความเค็ม 2.5 ppt basal lamina (Bl) basolateral membrane (B) mitochondrion (M) large septate desmosome (Sd) band desmosome (D) apical membrane (A) paracellular space (P) และ cuticle (C) (ภาพ A กำลังขยาย 13,000 เท่า และ ภาพ B กำลังขยาย 45,000 เท่า).....	9
2.3 ลักษณะเหงือกปู <i>Uca uruguayensis</i> ที่อยู่ในความเค็ม 44 ppt basolateral membrane (B) mitochondrion (M) large septate desmosome (Sd) band desmosome (D) apical membrane (A) paracellular space (P) subcuticular space (Sc) และ cuticle (C) (ภาพ A กำลังขยาย 24,000 เท่า และ ภาพ B กำลังขยาย 69,000 เท่า).....	9
2.4 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้ง <i>Macrobrachium malcolmsonii</i> ขนาด 10 μm E-cells (E) B-cells (B) R-cells (R) F-cells (F) และ interstitial sinuses (IS).....	10
2.5 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้ง <i>Litopenaeus vannamei</i> ที่ระดับความเค็มต่างๆ (a, b) ระดับความเค็ม 3 ppt (c, d) ระดับความเค็ม 17 ppt (e, f) ระดับความเค็ม 32 ppt E-cells (E) B-cells (B) R-cells (R) และ F-cells (F) (ภาพ a, c และ e กำลังขยาย 200 เท่า ภาพ b, d และ f กำลังขยาย 1000 เท่า).....	11
2.6 ลักษณะปกติของเหงือกปู <i>Portunus pelagicus</i> โดยประกอบด้วย pillar cells (PC) และ occasional haemocyte (HAE) (ภาพ A กำลังขยาย 20 เท่า และ ภาพ B กำลังขยาย 40 เท่า).....	14
2.7 ลักษณะผิดปกติของเหงือกปู <i>Portunus pelagicus</i> ที่เลี้ยงในไนโตรเจน 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 20 วัน epithelial lifting (EL) disrupted pillar cells (DPC) haemocyte (HAE) (ภาพ A กำลังขยาย 20 เท่า และภาพ B กำลังขยาย 40 เท่า)	14
3.1 กระชังเลี้ยงกุ้งก้ามกรามลอยในบ่อคอนกรีต.....	17
4.1 กุ้งก้ามกรามหลังจากการลอกคราบจะพบคราบในกระชัง.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ซ้ำหรือจัดพิมพ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
4.2	เปรียบเทียบจำนวนการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	21
4.3	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นและสุดท้ายของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	22
4.4	น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	23
4.5	ออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ.....	27
4.6	ผลต่างออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งก้ามกรามกับน้ำภายนอกที่ระดับความเค็มต่างๆ.....	28
4.7	ลักษณะเหงือกกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ประกอบด้วย central axis (Cen) และ gill filament (Gf) กำลังขยาย 4 เท่า.....	29
4.8	ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ประกอบด้วย epithelium (E) interlamellar space (Ils) hemolymph lacuna (HI) และมี septum (S) กั้นกลางระหว่าง epithelium (กำลังขยาย 40 เท่า).....	29
4.9	ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 8 ppt ประกอบด้วย epithelium (E) interlamellar space (Ils) hemolymph lacuna (HI) และ septum (S) กั้นกลางระหว่าง epithelium (กำลังขยาย 40 เท่า).....	30
4.10	ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) บางส่วนถูกทำลาย (กำลังขยาย 20 เท่า).....	30
4.11	ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 40 เท่า).....	31
4.12	ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 10 เท่า).....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลงและ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 20 เท่า).....	32
4.14 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 40 เท่า).....	33
4.15 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะโครงสร้างเหงือกผิดปกติ โดยมีการเชื่อมต่อกันของชั้น cuticle และ epithelium (E) hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum ถูกทำลาย (กำลังขยาย 20 เท่า).	33
4.16 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะโครงสร้างเหงือกผิดปกติ โดยมีการเชื่อมต่อกันของชั้น cuticle และ epithelium (E) hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum ถูกทำลาย (กำลังขยาย 10 เท่า).	34
4.17 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt (กำลังขยาย 20 เท่า).....	35
4.18 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt โดยมี F (F-cell) R (R-cell) และ B (B-cell) (กำลังขยาย 40 เท่า).....	35
4.19 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 8 ppt โดยมี F (F-cell) R (R-cell) และ B (B-cell) (กำลังขยาย 40 เท่า).....	36
4.20 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดยจำนวน R-cell ลดลง จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (กำลังขยาย 20 เท่า).....	36
4.21 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดยจำนวน R-cell ลดลง จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (กำลังขยาย 40 เท่า).....	37
4.22 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดยจำนวน R-cell ลดลง จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (กำลังขยาย 40 เท่า).....	38

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.23 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามชนิดปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะช่องว่างกลางท่อขยายใหญ่ ึ่งประกอบของเซลล์ต่างๆมีขนาดเล็กลง (กำลังขยาย 20 เท่า).....	38
4.24 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามชนิดปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะช่องว่างกลางท่อขยายใหญ่ ึ่งประกอบของเซลล์ต่างๆมีขนาดเล็กลง (กำลังขยาย 40 เท่า).....	39
4.25 อุณหภูมิในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	41
4.26 ความเป็นกรด-ด่างในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	41
4.27 การนำไฟฟ้าในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน...	42
4.28 ออกซิเจนที่ละลายในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	43
4.29 ความเป็นด่างในน้ำในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	43
4.30 แอมโมเนียในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน....	44
4.31 ไนโตรทในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	45
4.32 ไนเตรทในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีราคาแพงและเนื้ออร่อยรสชาติดี โดยตลาดกุ้งก้ามกรามมีทั้งภายในและภายนอกประเทศ ปัจจุบันความต้องการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณกุ้งก้ามกรามในแหล่งน้ำธรรมชาติกลับมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคและชดเชยปริมาณกุ้งก้ามกรามในธรรมชาติที่ลดลง การผลิตกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังจะเห็นได้จากผลผลิตในปี พ.ศ. 2547 มีปริมาณ 32,600 ตัน ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น 16.01 เปอร์เซ็นต์ จากปี พ.ศ. 2546 (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2549) และการส่งออกกุ้งก้ามกรามปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณ 1,837.26 ตัน คิดเป็นมูลค่า 392.08 ล้านบาท ซึ่งการส่งออกพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นในกลุ่มประเทศทวีปเอเชีย เช่น ปี พ.ศ. 2550 ส่งออกไปยังประเทศฮ่องกง ปริมาณ 44.24 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11.64 ล้านบาท และในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณส่งออกเพิ่มขึ้นเป็น 135.72 ตัน คิดเป็นมูลค่า 33.18 ล้านบาท (กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ. 2552) ทำให้มีการพัฒนาวิธีการเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำและอพยพไปยังบริเวณปากแม่น้ำที่เป็นน้ำกร่อยเพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการวางไข่ หลังจากนั้นตัวอ่อนจะมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปร่างจนสมบูรณ์เหมือนพ่อแม่กุ้งก้ามกรามและดำรงชีวิตอยู่ในน้ำกร่อยช่วงระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงอพยพกลับสู่บริเวณพื้นที่น้ำจืดเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยและกลับสู่พื้นที่น้ำกร่อยอีกครั้งเพื่อวางไข่ในครั้งต่อไป (New and Singholka. 1985) การอพยพของกุ้งก้ามกรามจะมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ซึ่งต้องปรับสรีระภายในร่างกายเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้โดยอาศัยกระบวนการรักษาสมดุลของน้ำและไอออน (osmoregulation) ภายในตัวกับสิ่งแวดล้อม การปรับสมดุลดังกล่าวกุ้งจะใช้เหงือกเป็นอวัยวะสำคัญในการทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของน้ำและไอออน อีกทั้งยังพบว่า hepatopancreas เป็นต่อมย่อยอาหารที่ช่วยรักษาสมดุลของกุ้งเมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงความเค็ม (Li *et al.* 2008) และในปัจจุบันมีการปล่อยกุ้งก้ามกรามเลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ (นิตี ชูเชิดและคณะ. 2552) ซึ่งกุ้งก้ามกรามต้องปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ความเค็มยังส่งผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตและอัตราการรอดเนื่องจากกุ้งก้ามกรามมีพฤติกรรมกินกันเองในขณะที่กำลังลอกคราบ (Nair *et al.* 1996)

ดังนั้น การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จึงได้ศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตรารอด ออสโมลาลิตี ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบ

แยกเดี่ยว คาดว่าจะทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่ออาการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตรารอด ออสโมลาลิตี ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกราม เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในพื้นที่น้ำความเค็มหรือปล่อยเลี้ยงร่วมกับ กุ้งขาวแวนนาไมเพื่อเพิ่มผลผลิตการเลี้ยงให้เพิ่มขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีต
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีต
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อการรักษาสมดุลของน้ำและไอออนของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีต
- 1.2.4 เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีต
- 1.2.5 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถทราบระดับความเค็มที่ส่งผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตรารอด การเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี และลักษณะของเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกราม นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางทำให้ทราบระดับความเค็มที่เหมาะสมในการนำกุ้งก้ามกรามไปเลี้ยงในพื้นที่ที่มีความเค็ม

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกราม (giant freshwater prawn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Macrobrachium rosenbergii* de Man หรือเรียกว่า กุ้งหลวง กุ้งนาง กุ้งก้ามเกลี้ยง กุ้งแห กุ้งใหญ่ แม่กุ้ง แตกต่างกันไปแต่ท้องถิ่น เป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรือเอเชียใต้ ได้แก่ ประเทศพม่า ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย กัมพูชา เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และบังกลาเทศ (New, 2002) สำหรับในประเทศไทยพบแพร่กระจายอยู่เกือบทุกภูมิภาค เช่น บริเวณภาคกลางในกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง ส่วนทางภาคใต้บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ลักษณะของกุ้งก้ามกรามมีเปลือกหุ้มอยู่ภายนอก รูปร่างของลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนลำตัวและส่วนหาง ส่วนหัวประกอบด้วยขาเดิน 5 คู่ ปลายของขาเดินคู่ที่ 1 และ 2 จะมีลักษณะเป็นก้ามซึ่งบริเวณขาเดินคู่ที่ 2 จะเป็นก้ามที่มีขนาดใหญ่และยาวมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกุ้งเพศผู้ ส่วนคู่ที่ 3, 4 และ 5 มีลักษณะเป็นปลายแหลม กริมมีลักษณะแบนด้านข้าง กลางกริมโค้งที่สันกริมมีลักษณะคล้ายฟันเลื่อยสันกริมด้านล่างมีหนาม 8-14 ซี่ ด้านบนมี 12-15 ซี่ ลักษณะของตาเป็นก้านยื่นออกมาสามารถเคลื่อนไหวได้ ส่วนลำตัวแบ่งออกเป็นปล้อง 6 ปล้อง ทางด้านล่างมีขาว่ายน้ำ 5 คู่ อยู่ระหว่างปล้องที่ 1 ถึง 5 ส่วนหางประกอบด้วยแพนหางสองข้างตรงกลางมีปลายแหลม โดยทั่วไปกุ้งก้ามกรามจะมีสีน้ำเงินเข้มทั้งตัว โดยเฉพาะขาเดินคู่ที่เป็นก้ามและลำตัวจะมีลักษณะเป็นสีน้ำเงินเข้ม ปลายขอบขาเดินคู่ที่มีสีชมพูอมแดง แพนหางตอนปลายทั้งด้านบนและด้านล่างมีสีชมพูอมแดง (New *et al.* 2009) กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งน้ำจืดอาศัยอยู่ในแม่น้ำที่เชื่อมต่อกับทะเลกุ้งก้ามกรามจะอพยพจากน้ำจืด ไปยังบริเวณปากแม่น้ำหรือพื้นที่น้ำกร่อย เพื่อวางไข่ และพัฒนาระยะตัวอ่อน โดยดำรงชีวิตอยู่ในน้ำกร่อยช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะเคลื่อนย้ายเข้ามาอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่น้ำจืดจนเจริญเติบโตเต็มวัย (Ling, 1969) กุ้งก้ามกรามมีนิสัยหาอาหารอยู่ตามหน้าดินที่มีน้ำไหลและสะอาด สามารถกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ ปกติจะออกหาอาหารในเวลากลางคืน ส่วนกลางวันจะหลบซ่อน (Nair *et al.* 1996) การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามต้องมีการลอกคราบเพื่อเพิ่มขนาดรูปร่าง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของกุ้งก้ามกราม

2.2 การลอกคราบของกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามเป็นกลุ่มครัสเตเชียมีกระบวนการลอกคราบ (ecdysis) ในการเพิ่มขนาดเพื่อการเจริญเติบโตซ่อมแซมส่วนที่สูญเสียไป และเพื่อให้ลักษณะทางเพศสมบูรณ์ (molt of puberty)

เนื่องจากกุ้งจะผสมพันธุ์หลังจากตัวเมียลอกคราบและเปลือกยังมีลักษณะนิ่มอยู่ (Chang. 1995) ซึ่งการลอกคราบเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นตลอดเวลา เริ่มจากการสะสมอาหารที่จำเป็นไว้ใน hepatopancreas และการสะสมแคลเซียมในเลือดจะสูงกว่าปกติเพื่อคั่งไปใช้ในการสร้างเปลือกใหม่ (Brown *et al.* 1991) เมื่อมีการสลัดเปลือกเก่าทิ้ง กุ้งจะเพิ่มขนาดตัวโดยการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุเข้าสู่ร่างกาย หลังจากนั้นปริมาณน้ำในตัวจะค่อยๆลดลงและถูกแทนที่ด้วยเนื้อเยื่อใหม่ซึ่งเกิดจากการขยายขนาดของเซลล์เดิมและการสร้างเซลล์ใหม่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวทำให้โปรตีนในร่างกายเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ร่างกายเจริญเติบโต (Chang. 1995) ในช่วงหลังจากการลอกคราบกุ้งก้ามกรามจะอ่อนแอ เนื่องจากเปลือกจะนิ่มและเคลือบที่ไคซีนอาจจะทำให้ถูกกุ้งที่ไม่ได้ลอกคราบหรือสัตว์น้ำชนิดอื่นจับกินได้ การแก้ปัญหากุ้งก้ามกรามกินกันเองในระบบการเลี้ยงอาจจะทำได้หลายข้อ เช่น ใส่ท่อพีวีซีตัดเป็นท่อนสั้นๆเพื่อให้เป็นที่หลบภัยกับกุ้ง (Balasundaram *et al.* 2004) การลอกคราบของกุ้งจะสมบูรณ์ต้องอาศัยปัจจัยภายในและภายนอกร่างกาย

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลอกคราบ

2.3.1 ปัจจัยภายในที่เกี่ยวกับการลอกคราบ

การลอกคราบของกุ้งเกี่ยวข้องกับฮอร์โมน 2 ชนิด คือ ฮอร์โมนยับยั้งการลอกคราบ (molt inhibiting hormone) และฮอร์โมนลอกคราบ (molt hormone) โดยระบบประสาทส่วนกลางจะเป็นตัวกระตุ้นการลอกคราบซึ่งขึ้นอยู่กับ การสะสมอาหารใน hepatopancreas ถ้ามีปริมาณอาหารเพียงพอ ก็จะกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบ แต่ถ้ากุ้งขาดอาหาร การลอกคราบจะถูกยับยั้ง (Kibria. 1993) และยังพบว่าขนาดของกุ้งเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อความถี่ในการลอกคราบ เช่น กุ้งก้ามกรามขนาด 2.0-5.8 กรัม มีช่วงระยะเวลาของการลอกคราบ 9 วัน กุ้งขนาด 6.0-15.0 กรัม ช่วงระยะเวลาของการลอกคราบ 13-17 วัน กุ้งขนาด 16.0-25.0 กรัม ช่วงระยะเวลาของการลอกคราบ 18-20 วัน และกุ้งขนาด 26.0-60.0 กรัม ช่วงระยะเวลาของการลอกคราบ 22-42 วัน (Ling. 1969) และในกุ้ง *Penaeus monodon* เมื่อมีขนาดเพิ่มขึ้นความถี่ในการลอกคราบจะลดลง (Kibria. 1993) นอกจากนี้การสูญเสียร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งของกุ้งจะเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบเร็วขึ้น (Weis. 1976) เช่น กุ้ง *Palaemonetes kadiakensis* (Stoffel and Hubschman. 1974) ที่สูญเสียขาเดินจำนวน 4 ข้าง จะส่งผลกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบเร็วขึ้น ส่วนช่วงฤดูผสมพันธุ์ กุ้งเพศเมียจำเป็นต้องนำอาหารไปในการพัฒนารังไข่ และเมื่อกุ้งเพศเมียปล่อยไข่มาติดอยู่ที่ท้องจะทำให้กุ้งเพศเมียหยุดการลอกคราบ (Mente. 2008)

2.3.2 ปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวกับการลอกคราบ

2.3.2.1 แสงมีอิทธิพลต่อการลอกคราบเนื่องจากกุ้งที่อาศัยอยู่ในที่มีมืดก่อนการลอกคราบ เมื่อได้รับแสงสว่างทันทีติดต่อกันจะทำให้การลอกคราบหยุดชะงัก และกุ้งบางชนิดที่อาศัยอยู่ในที่

มีดตลอดเวลาจะทำให้กุ้ง *Procambarus clarkia* ไม่มีการลอกคราบ แต่เมื่อได้รับแสง 16L:8D จะส่งผลให้มีการลอกคราบเพิ่มมากขึ้นและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Yue *et al.* 2009) เนื่องจากปริมาณแสงเพิ่มขึ้นจะทำให้การกินอาหารของกุ้งลดลงและยังส่งผลทำให้ความถี่ในการลอกคราบลดลงและอัตราการเจริญเติบโตช้า (Castanon-Cervantes *et al.* 1995) แต่ในกุ้ง *Penaeus indicus* พบว่าแสงไม่มีอิทธิพลต่อการลอกคราบและการเจริญเติบโต (Vijayan and Diwan. 1995)

2.3.2.2 อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมและการกินอาหารของกุ้งทำให้ส่งผลต่อการลอกคราบอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความถี่ของการลอกคราบเพิ่มขึ้น แต่การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิกอยู่ในระดับที่เหมาะสม Vijayan and Diwan (1995) ได้ศึกษาความถี่ในการลอกคราบของกุ้ง *Penaeus indicus* ที่ระดับอุณหภูมิ 26, 31, 32.5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าจะเกิดการลอกคราบเร็วขึ้นที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นระดับอุณหภูมิที่มีการกินอาหารได้ดีและสามารถสะสมอาหารได้เพียงพอสำหรับใช้ในการลอกคราบจึงทำให้เกิดการลอกคราบมากขึ้น

2.3.2.3 ปริมาณสารในอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามสำหรับกุ้งที่ได้รับปริมาณสารอาหารเพียงพอจะทำให้เกิดการสะสมสารอาหารบริเวณ hepatopancreas และส่งผลไปกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางทำให้เกิดการลอกคราบเร็วขึ้น (Chang. 1995)

2.3.2.4 ความเค็มของน้ำเนื่องจากกุ้งก้ามกรามอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันในช่วงวงจรชีวิต (New and Singholka. 1985) โดยในช่วงการเปลี่ยนรูปร่างของกุ้งก้ามกรามระยะวัยอ่อนจะอาศัยอยู่ที่ความเค็มประมาณ 12 ppt และกุ้งก้ามกรามระยะ โปสลาจารย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความเค็ม 0 และ 2 ppt (Wickins. 1972; Perdue and Nakamura. 1976) เนื่องจากเป็นความเค็มที่กุ้งก้ามกรามไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการรักษาสมดุลของน้ำและไอออนซึ่งสามารถนำพลังงานไปใช้สำหรับการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตได้เต็มที่ นอกจากนี้ในระหว่างที่ลอกคราบในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำจืดหรือน้ำกร่อยกุ้งสามารถดึงน้ำเข้าสู่ร่างกายเพื่อเพิ่มขนาดได้ดีกว่าในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำเค็ม เนื่องจากในสภาพแวดล้อมของน้ำที่มีความเค็มสูงน้ำจากตัวกุ้งจะแพร่ออกสู่ภายนอกตลอดเวลา ในช่วงที่กุ้งอยู่ในระยะก่อนลอกคราบกุ้งจะดึงน้ำเข้าสู่ร่างกายทำให้เปลือกเค็มมีการขยายตัวเพื่อช่วยในการลอกคราบ แต่ในสภาวะที่ความเค็มน้ำสูงกุ้งจะสูญเสียน้ำตลอดเวลา ส่งผลให้กุ้งตายคาคราบหรือลอกคราบไม่ออก (Singh. 1980) จากการศึกษาในกุ้ง *Penaeus indicus* พบว่าลอกคราบได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 15 ppt เนื่องจากสภาพความเค็มจะส่งผลต่อการกินอาหารและความสามารถในการดึงอาหารไปใช้ในกระบวนการลอกคราบและการสร้างกล้ามเนื้อและเป็นความเค็มที่สภาพแวดล้อมมีความเข้มข้นของไอออนเท่ากับความเข้มข้นในตัวทำให้สูญเสียพลังงานในการรักษาสมดุลน้อย พลังงานที่เหลือสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในกรณีที่มี

สภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นมากกว่าหรือน้อยกว่าความเข้มข้นในตัวกุ้ง (Vijayan and Diwan, 1995)

2.4 ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกราม

เนื่องจากกุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งน้ำจืดอาศัยอยู่ในแม่น้ำที่เชื่อมต่อกับทะเลกุ้งก้ามกรามจะอพยพจากน้ำจืดไปยังบริเวณปากแม่น้ำหรือพื้นที่น้ำกร่อย เพื่อวางไข่ และพัฒนาระยะตัวอ่อนโดยดำรงชีวิตอยู่ในน้ำกร่อยช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะเคลื่อนย้ายเข้ามาอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่น้ำจืดจนเจริญเติบโตเต็มวัย (Ling, 1969) ซึ่งจะเห็นว่ากุ้งก้ามกรามในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตต้องการความเค็มที่ต่างกัน จากการศึกษาของ Wickins (1972) เลี้ยงกุ้งก้ามกรามอายุหลังคว่ำ 9 วัน ในน้ำความเค็ม 15 ppt เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ แล้วนำไปเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 2 และ 15 ppt เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 2 ppt เพิ่มมากกว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt และจากการทดลองของสุมาลี แสนจันทร์ (2536) เลี้ยงกุ้งก้ามกรามขนาด 2 นิ้ว ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 10 ppt เป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.317 กรัม ซึ่งสูงกว่าที่เลี้ยงในน้ำความเค็มมากกว่า 5 ppt นอกจากนี้ Perdure and Nakamura (1976) นำกุ้งก้ามกรามอายุ 86 วัน มาเลี้ยงในน้ำจืดเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นปรับความเค็มเพิ่มขึ้นทีละน้อยจนถึงระดับความเค็ม 0, 2, 8.5 และ 15 ppt ระยะเวลาในการเลี้ยง 7 สัปดาห์พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 และ 2 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.58 และ 0.64 กรัม เนื่องจากกุ้งที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้กุ้งก้ามกรามต้องควบคุมปริมาณไอออนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งกุ้งก้ามกรามต้องใช้พลังงานในกระบวนการรักษาสมดุลภายในร่างกายทำให้การเจริญเติบโตช้ากว่ากุ้งที่อยู่ในความเค็มต่ำ (Mu *et al.* 2005)

ยอดชาย วรรณสูตร (2547) เลี้ยงกุ้งก้ามกรามอายุ 1 วัน ในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ppt เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ากุ้งก้ามกรามมีอัตราการรอดมากที่สุดระดับความเค็ม 15 ppt โดยมีการตายสะสม 37.5, 13.5, 10, 5.5, 7, 11.5 และ 36 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Sandifer *et al.* (1975) พบว่ากุ้งก้ามกรามระยะโพสลาเวร์ขนาด 8-10 มิลลิเมตร ที่เลี้ยงโดยมีการปรับความเค็มวันละ 2.5 ppt จนถึงระดับความเค็ม 20, 25, 30 และ 35 ppt เป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่ากุ้งก้ามกรามมีอัตราการตาย 0, 13.3, 60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูงจะมีลำตัวขาวขุ่นเคลื่อนที่ช้าและตายในที่สุด นอกจากนี้ น้ำที่มีความเค็มสูงกุ้งจะตายขณะลอกคราบเนื่องจากในสถานะที่น้ำมีความเค็มสูง กุ้งก้ามกรามจะสูญเสียน้ำขณะมีการลอกคราบหรือกุ้งก้ามกรามเสียความสามารถในการควบคุมสมดุลของน้ำและไอออน (Singh, 1980; Wilder *et al.* 1998)

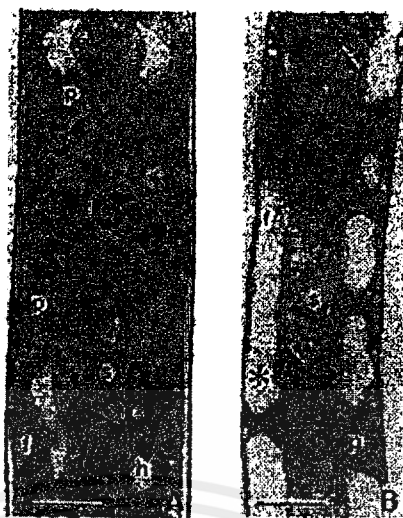
2.5 การรักษาสมดุลของน้ำและไอออนของกุ้งก้ามกราม

การรักษาสมดุลของน้ำและไอออน (osmoregulation) เป็นกระบวนการรักษาออสโมซิสภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมภายนอกเพื่อรักษาสมดุลไม่ให้เปลี่ยนแปลงเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงการรักษาสมดุลน้ำและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่บริเวณเหงือกของกุ้งก้ามกราม (Freire *et al.* 2007) การเปลี่ยนแปลงไอออนในเลือดของกุ้งก้ามกรามมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความเต็มภาวนอกร่างกายเพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับไอออนในเลือดเพิ่มขึ้น (Wilder *et al.* 1998) โดย Singh (1980) พบว่าที่ระดับความเต็ม 0 และ 2 ppt ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่ระดับความเข้มข้นของเหลวภายในร่างกายกุ้งก้ามกรามมีค่ามากกว่าสิ่งแวดล้อม และสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mu *et al.* (2005) เนื่องจากกุ้งก้ามกรามมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเข้าสู่ร่างกายและรักษาไอออนภายในตัวได้ดีกว่าที่ระดับความเต็มสูงและจะสูญเสียพลังงานที่ใช้ในการรักษาสมดุลของน้ำและไอออนน้อยส่งผลให้มีพลังงานที่เหลือไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงความเต็มมีผลต่อเอนไซม์ Na^+ , K^+ -ATPase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการดึงไอออนเข้าสู่ร่างกาย (Lima *et al.* 1997) มีการศึกษาในปู *Carcinus maenas* ที่เปลี่ยนความเต็ม 35 ppt ไปเป็น 12 ppt (Compere *et al.* 1989) และปู *Chasmagnathus granulatus* ที่เปลี่ยนจากความเต็ม 30 ppt ไปเป็น 10 ppt (Genovese *et al.* 2004) ที่บริเวณ posterior gills มีปริมาณของ Na^+ , K^+ -ATPase เพิ่มขึ้น

2.6 การเปลี่ยนแปลงของความเต็มที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อเยื่อกุ้งก้ามกราม

2.6.1 เหงือก

เหงือกของกุ้งก้ามกรามทำหน้าที่ในการหายใจ ขับของเสีย และแลกเปลี่ยนไอออน เนื่องจากเป็นบริเวณที่น้ำมีการซึมผ่านมากที่สุด เหงือกเป็นอวัยวะที่สำคัญที่เป็นตัวควบคุมไอออนระหว่างภายในและภายนอกตัวของกุ้ง ในกุ้งที่อาศัยอยู่ในพื้นที่น้ำจืดหรือน้ำกร่อยเหงือกมีหน้าที่ในการดึงโซเดียมคลอไรด์เข้าภายในตัวพร้อมกับการขับน้ำออก ในทางตรงกันข้ามกุ้งที่อาศัยอยู่ในทะเลเหงือกทำหน้าที่ในการดึงน้ำเข้าภายในตัวพร้อมกับการขับโซเดียมคลอไรด์ออก (Freire *et al.* 2007) จากการศึกษาของ Freire and McNamara. (1995) ที่เลี้ยงกุ้ง *Macrobrachium olfersii* ขนาดความยาว 4-5 เซนติเมตร ในระดับความเต็ม 0, 21 และ 28 ppt เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าที่ระดับความเต็ม 21 และ 28 ppt ส่งผลให้บริเวณเหงือกของกุ้งมี mitochondrial ขนาดใหญ่ขึ้น microvilli ที่บริเวณ pillar cell มีขนาดบางลง ทำให้ความหนา pillar cell ลดลง เนื่องจากต้องลดการนำไอออนเข้าสู่ร่างกาย (McNamara and Lima. 1997) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะเหงือกกุ้ง (*Macrobrachium olferii*) ที่อยู่ในความเค็ม 0 ppt (ภาพ A) และในความเค็ม 28 ppt (ภาพ B) perikary (p) flages (f) haemolymph space (h) และ hemocyte (*) ขนาด 10 μm

ที่มา: McNamara and Lima. (1997)

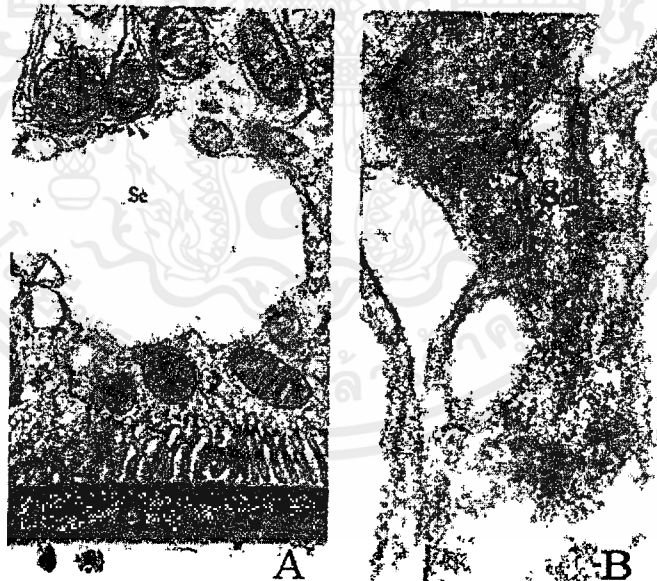
นอกจากนี้ยังพบว่าปู *Uca uruguayensis* ที่อยู่ในความเค็ม 2.5 ppt จะมี mitochondria ขนาดใหญ่ มี septate จะขยายยาว (Luquet *et al.* 1997) (ภาพที่ 2.2A และ 2.2B) แต่ปู *Uca uruguayensis* ที่อยู่ในความเค็ม 44 ppt พบว่ามี epithelium cell หนา mitochondria มีจำนวนมากและมีขนาดใหญ่ apical membrane ขยายใหญ่ มี subcuticular ขนาดใหญ่และ พบ septate น้อยมีลักษณะสั้นและขาดเป็นตอนๆ ไม่เชื่อมต่อกัน เนื่องจากทำให้เกิดการกีดขวางไม่ให้ไอออนสามารถซึมผ่าน ซึ่งเป็นการควบคุมปริมาณไอออนไม่ให้เข้ามาในตัวมากเกินไป (ภาพที่ 2.3A และ 2.3B) ลักษณะของ mitochondria ที่มีขนาดใหญ่ทั้งในความเค็มต่ำและสูงเนื่องจากเป็นแหล่งที่ต้องใช้ในการสร้างพลังงานเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งมีผลสอดคล้องกับการทดลองในปู *Chasmagnathus granulatus* ที่เปลี่ยนความเค็ม 34 ppt ไปเป็น 12 และ 44 ppt (Genovese *et al.* 2000) จากความเค็ม 34 ppt ไปเป็น 12 และ 45 ppt (Luquet *et al.* 2002) และจากความเค็ม 30 ppt ไปเป็น 10 และ 45 ppt (Genovese *et al.* 2004) พบว่า epithelium cell มีความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นบริเวณที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยการแพร่ของไอออนที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ลักษณะเหงือกปู *Uca uruguayensis* ที่อยู่ในความเค็ม 2.5 ppt basal lamina (Bl) basolateral membrane (B) mitochondrion (M) large septate desmosome (Sd) band desmosome (D) apical membrane (A) paracellular space (P) และ cuticle (C) (ภาพ A กำลังขยาย 13,000 เท่า และ ภาพ B กำลังขยาย 45,000 เท่า)

ที่มา: Luquet *et al.* (1997)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะเหงือกปู *Uca uruguayensis* ที่อยู่ในความเค็ม 44 ppt basolateral membrane (B)

mitochondrion (M) large septate desmosome (Sd) band desmosome (D)

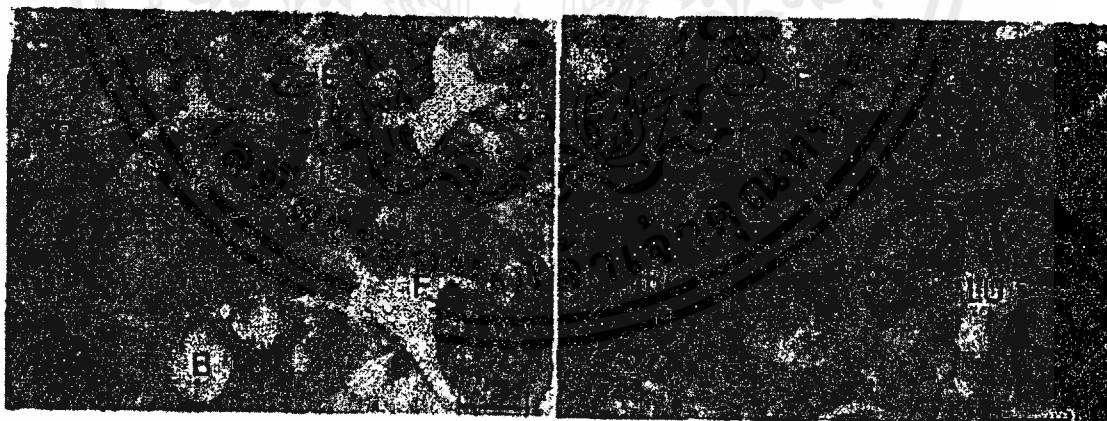
apical membrane (A) paracellular space (P) subcuticular space (Sc) และ cuticle (C)

(ภาพ A กำลังขยาย 24,000 เท่า และ ภาพ B กำลังขยาย 69,000 เท่า)

ที่มา: Luquet *et al.* (1997)

2.6.2 hepatopancreas

hepatopancreas เป็นอวัยวะที่มีต่อมผลิตเอนไซม์ใช้ในการย่อยอาหาร เกี่ยวข้องกับเมทาบอลิซึมต่างๆ รวมทั้งการลอกคราบ อนุตรา อัครจามร (2534) ศึกษาเนื้อเยื่อ hepatopancreas ปกติประกอบด้วยเซลล์ 4 ชนิด คือ E-cell (embronalzellen or embryonic cell) พบบริเวณปลายท่อเป็นเซลล์ที่เกิดในระยะเอ็มบริโอ เป็นเซลล์ที่ยังไม่พัฒนา F-cell (fibrillenzellen or fibrillar) ทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่งเอนไซม์ในการย่อยอาหาร R-cell (restzellen or resorption cell) ทำหน้าที่ดูดซึมจับ และสะสมสารอาหารประเภทไขมัน (Bhavan and Geraldine. 2000) และ B-cell (blasenzellen or blister-like cell) เชื่อว่าทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่งเอนไซม์ (Al-Mohanna and Nott.1989) (ภาพที่ 2.4) จากการศึกษาของ Li *et al.* (2008) เลี้ยงกุ้ง *Litopenaeus vanamei* ที่ระดับความเค็ม 0, 17 และ 32 ppt เป็นระยะเวลา 50 วัน พบว่ากุ้งที่เลี้ยงในความเค็ม 17 ppt มีจำนวน R-cell มากที่สุด ส่วนกุ้งที่เลี้ยงในความเค็ม 3 ppt มีจำนวน B-cell มากที่สุด และมีขนาดเพิ่มขึ้นที่ความเค็ม 32 ppt (ภาพที่ 2.5) ในสภาวะปกติกุ้งไม่ต้องสูญเสียพลังงานไปใช้ในกระบวนการรักษาสมดุลของน้ำและไอออนกุ้งสามารถดูดซึมสารอาหารเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ทำให้มี R-cell จำนวนมาก (Al-Mohanna and Nott. 1987) ส่วนในสภาวะที่ความเค็มต่ำหรือสูงกว่าปกติกุ้งต้องปรับตัวตามสภาพแวดล้อมมีการสังเคราะห์และหลั่งเอนไซม์ในการย่อยอาหารเพื่อให้ได้สารอาหารที่มากพอในการนำไปสร้างพลังงานในการควบคุมสมดุลน้ำและไอออนมากขึ้น ส่งผลให้จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (Al-Mohanna and Nott. 1989)

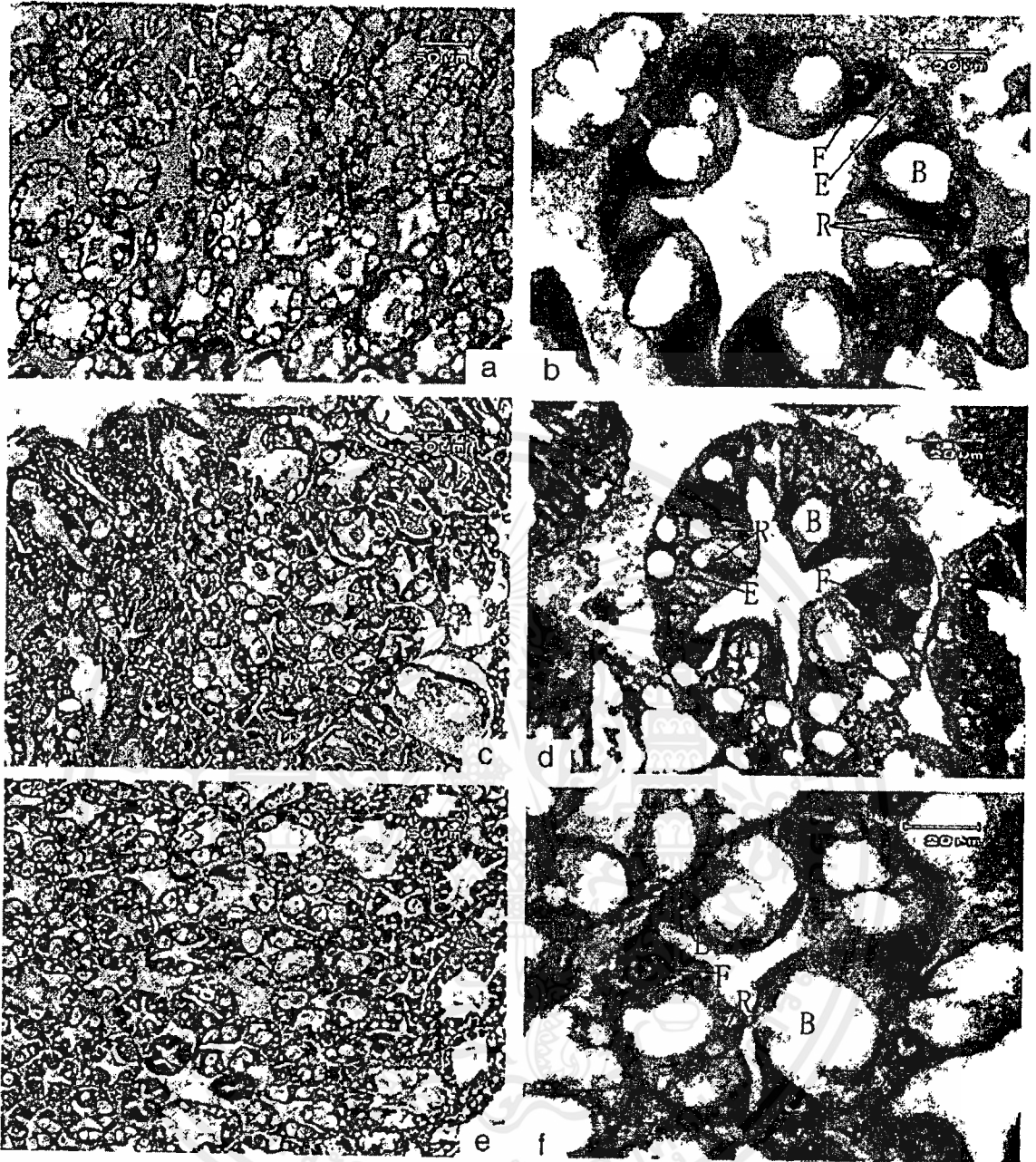


ภาพที่ 2.4 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้ง *Macrobrachium malcolmsonii* ขนาด 10 μm

E-cells (E) B-cells (B) R-cells (R) F-cells (F) และ interstitial sinuses (IS)

ที่มา: Bhavan and Geraldine (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้ง *Litopenaeus vannamei* ที่ระดับความเต็มต่างๆ (a, b) ระดับความเต็ม 3 ppt (c, d) ระดับความเต็ม 17 ppt (e, f) ระดับความเต็ม 32 ppt E-cells(E) B-cells(B) R-cells (R) และ F-cells (F) (ภาพ a, c และ e กำลังขยาย 200 เท่า ภาพ b, d และ f กำลังขยาย 1000 เท่า)

ที่มา: Li *et al.* (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 คุณภาพน้ำกับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ปัจจัยคุณภาพน้ำที่สำคัญต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ได้แก่

2.7.1 อุณหภูมิ (temperature)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเกิดขึ้นตามสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมอุณหภูมิส่งผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของกุ้ง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลงและส่งผลต่อการกินอาหาร การว่ายน้ำ การย่อยอาหารและการขับถ่ายของเสีย ซึ่งมีผลเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำต่ำลง (Chen and Kou. 1996) โดยทั่วไปกุ้งก้ามกรามสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 26-31 องศาเซลเซียส (New and Singholka. 1985) แต่ Niu *et al.* (2003) ศึกษาโดยการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามระยะ โปสลาจารย์พบว่าที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส กุ้งก้ามกรามสามารถกินอาหารและบริโภคออกซิเจนได้ดีกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 23 และ 28 องศาเซลเซียส และ Tidwell *et al.* (2005) รายงานว่ากุ้งก้ามกรามสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากกุ้งก้ามกรามสามารถนำออกซิเจนที่ละลายไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมได้ดี (New and Valenti. 2000)

2.7.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามคุณภาพน้ำควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-8.5 (New and Singholka. 1985) จากการศึกษาของ Chen and Chen (2003) โดยเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีน้ำหนัก 2.65 ± 0.01 กรัม ในน้ำที่มีระดับ pH 8.2, 7.4, 6.2 และ 5.6 เป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่า มีอัตราการรอด 100, 88.9, 94.4, 94.4 และ 94.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับ pH 8.2 มีการเจริญเติบโตสูงสุดและความถี่ของการลอกคราบและการกินอาหารจะลดลงเมื่อระดับ pH ต่ำลง เนื่องจากระดับ pH ส่งผลต่อกระบวนการแลกเปลี่ยน Cl^- และ Na^+ ซึ่งโดยทั่วไป Cl^- จะแลกเปลี่ยนกับ HCO_3^- และ Na^+ จะแลกเปลี่ยนกับ H^+ หรือ NH_4^+ ซึ่งในสภาวะที่เป็นกรดนั้นหมายความว่าสิ่งแวดล้อมมีปริมาณ H^+ มากและ HCO_3^- น้อยทำให้เพิ่มการจับ Na^+ และ H^+ เข้าสู่ภายในส่งผลให้เลือดเป็นกรดและทำให้กุ้งตาย

2.7.3 ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่างมีความสำคัญต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมากในกระบวนการลอกคราบ โดยกุ้งก้ามกรามสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อน้ำมีค่าความเป็นด่าง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Adhikari *et al.* 2007) เนื่องจากความเป็นด่างสามารถช่วยให้เปลือกใหม่หลังจากการลอกคราบแข็งตัวเร็วขึ้น ในน้ำที่มีความเป็นด่างน้อยจะทำให้เปลือกใหม่ของกุ้งหลังการลอกคราบใช้เวลานานในการแข็งตัว

2.7.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolve oxygen)

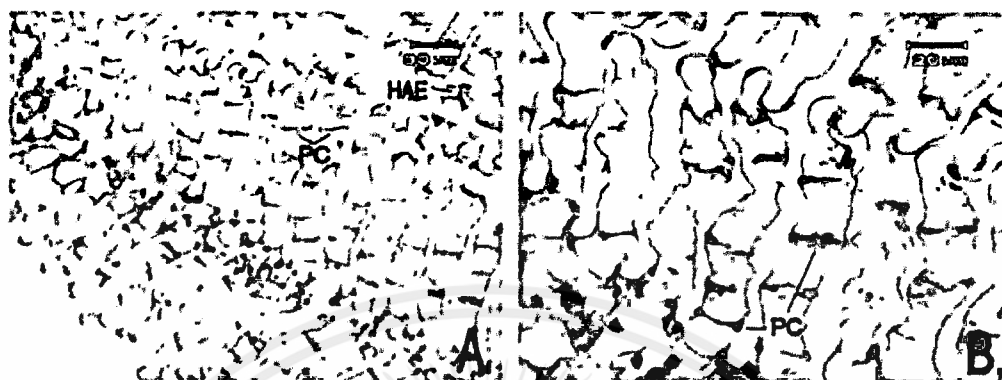
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความจำเป็นต่อกระบวนการหายใจและการหมุนเวียนของเลือด กุ้งก้ามกรามและมีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมในร่างกาย ความต้องการออกซิเจนของกุ้งก้ามกรามขึ้นอยู่กับขนาด การใช้งานในกิจกรรมต่างๆ อุณหภูมิของน้ำ รวมทั้งปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามควรอยู่ระหว่าง 3-7 มิลลิกรัมต่อลิตร (New and Valenti. 2000) จากการศึกษาของ Cheng *et al.* (2003) พบว่าน้ำที่มีออกซิเจนอยู่ 1.75 และ 2.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กุ้งก้ามกรามมีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าสภาวะปกติ ซึ่งสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยทำให้สรีรวิทยาของกุ้งก้ามกรามผิดปกติ เช่น ความถี่ของการลอกคราบ ลดลง การเจริญเติบโตลดลง ปริมาณการแลกเปลี่ยน Cl^- , Na^+ และ K^+ ลดลง ส่งผลให้กุ้งก้ามกรามมีเลือดเป็นด่างทำให้กุ้งตายในที่สุด

2.7.5 ไนโตรเจน (nitrogen)

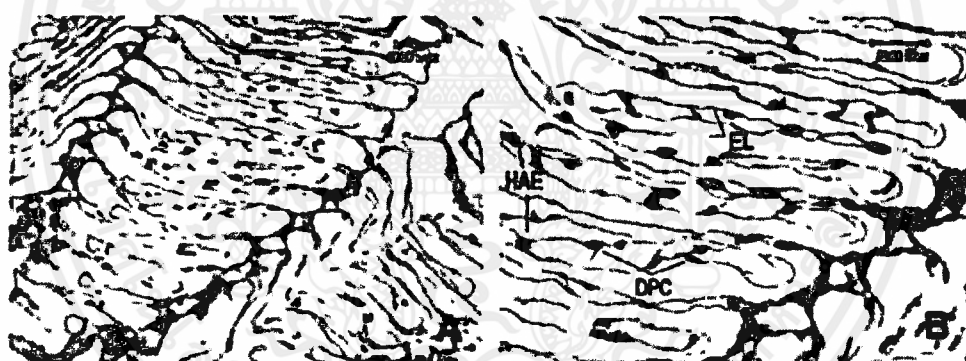
ไนโตรเจนในแหล่งน้ำประกอบด้วย แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ไนเตรทโดยทั่วไปจะพบแอมโมเนียในแหล่งน้ำสองรูปแบบคือ un-ionized form (NH_3) และ ionized form (NH_4^+) ซึ่ง un-ionized form จะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำควรีไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งความเป็นพิษของแอมโมเนียจะมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของแหล่งน้ำ ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นไปจะมีปริมาณ un-ionized form เพิ่มขึ้นเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลงส่งผลให้มีปริมาณ ionized form เพิ่มขึ้นเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามระยะ juvenile น้ำที่มีแอมโมเนีย 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กุ้งก้ามกราม มีอัตราการรอดและการเจริญเติบโตน้อย (Naqvi *et al.* 2007) นอกจากนี้ สุริยะ จันท์แก้ว (2540) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียทำให้ระยะเวลาการลอกคราบจากคราบที่ 1 ไปยังคราบที่ 2 สั้นลง การเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียในน้ำส่งผลให้เกิดการเสียสมดุลของการแลกเปลี่ยนไอออนเนื่องจาก NH_4^+ จะยับยั้งการเข้าสู่เลือดของ Na^+ ทำให้ปริมาณ Na^+ ลดลงและ NH_4^+ เพิ่มมากขึ้น และยังทำให้เลือดมีความเป็นกรด-ด่างลดลง

Mallassen and Valenti (2006) ศึกษาเลี้ยงกุ้งก้ามกรามระยะวัยอ่อนในน้ำที่มีไนไตรท์ระดับความเข้มข้นคือ 0, 2, 4, 8 และ 16 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ากุ้งมีการพัฒนาระยะช้าลง การเจริญเติบโตลดลง อัตราการรอดลดลง เมื่อปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นและทำให้กุ้งก้ามกรามตายที่ระดับไนไตรท์ 16 มิลลิกรัมต่อลิตร การเพิ่มขึ้นของปริมาณไนไตรท์ในแหล่งน้ำทำให้ความสามารถในจับออกซิเจนของเลือดลดลง เลือดจับกับไนไตรท์แทนและส่งผลให้เลือดมีสภาวะเป็นกรด นอกจากนี้ความเป็นพิษของไนไตรท์จะลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการและเปลี่ยน Cl^- จะเกิดขึ้นกับ HCO_3^- หรือ Cl^- กับ NO_2^- เมื่อในน้ำมีปริมาณ Cl^- มากจะสามารถเข้าสู่เลือดได้ดีกว่า NO_2^- (Chen and Lee. 1997) นอกจากนี้ Romano and Zeng. (2009) พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนไตรท์ในระหว่างการเลี้ยงปู

Portunus pelagicus ทำให้เกิดการผิดปกติของเซลล์บริเวณเหงือกคือ epithelial ยกขึ้น pillar cells แยกออก และปริมาณ haemocytes เพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 2.6-2.7)



ภาพที่ 2.6 ลักษณะปกติของเหงือกปู *Portunus pelagicus* โดยประกอบด้วย pillar cells (PC) และ occasional haemocyte (HAE) (ภาพ A กำลังขยาย 20 เท่า และ ภาพ B กำลังขยาย 40 เท่า)
ที่มา: Romano and Zeng. (2009)



ภาพที่ 2.7 ลักษณะผิดปกติของเหงือกปู *Portunus pelagicus* ที่เลี้ยงในไนไตรท์ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 20 วัน epithelial lifting (EL) disrupted pillar cells (DPC) haemocyte (HAE) (ภาพ A กำลังขยาย 20 เท่า และภาพ B กำลังขยาย 40 เท่า)
ที่มา: Romano and Zeng. (2009)

นอกจากนี้ไนเตรทในน้ำมีผลต่อความสามารถในการรับออกซิเจนในเลือดของกุ้งก้ามกราม ไนเตรทจะมีความเป็นพิษเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณไนเตรทในสิ่งแวดล้อมมีมากและสะสมเป็นเวลานาน ความเป็นพิษของไนเตรทจะลดลงเมื่อกุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้น และความเค็มในน้ำเพิ่มขึ้น (Camargo *et al.* 2005) ให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลอง

นำกุ้งก้ามกรามจากฟาร์มเกษตรกร ในอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีน้ำหนักประมาณ 2 กรัม มาอนุบาลในบ่อคอนกรีตที่ความเค็ม 0 ppt อนุบาลกุ้งก้ามกรามจนได้น้ำหนัก 3-4 กรัม จึงนำไปทำการทดลอง

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 บ่อคอนกรีตขนาด 1.2x1.5x1.2 เมตร ที่มีปริมาตรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 16 บ่อ

3.2.2 กระจกขนาด 45x105x15 เซนติเมตร กั้นแยกเป็นช่อง 21 ช่อง ขนาด 15x15x15

เซนติเมตร จำนวน 16 กระจก

3.2.3 อาหารกุ้งสำเร็จรูปมีปริมาณ โปรตีน 33% ความชื้น 11% ไขมัน 5% และ กาก 4%

3.2.4 ชุดเครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์น้ำ เช่น หลอดทดลอง ปีกเกอร์ กระจกบอควง ขวดรูปชมพู่

3.2.5 อุปกรณ์ผ่าตัด ได้แก่ ไขมีดผ่าตัด ปากคีบ และกรรไกร

3.2.6 คลิปใส่ชิ้นเนื้อ

3.2.7 microtube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

3.2.8 micropipette ขนาด 10-100 μ l และ 100-1000 μ l

3.2.9 เครื่องวัดความเค็ม (refractometer) ยี่ห้อ ATAGO

3.2.10 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น ARC 1200

3.2.11 เครื่อง DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 550A

3.2.12 เครื่อง pH meter ยี่ห้อ cyberscan รุ่น PC510

3.2.13 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity meter) ยี่ห้อ cyberscan รุ่น PC510

3.2.14 เครื่องวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Milton Roy รุ่น Spectronic 401

3.2.15 เครื่องเตรียมเนื้อเยื่อ (tissue processor) ยี่ห้อ Leica รุ่น TP1020

3.2.16 หม้อต้มพาราฟิน (paraffin bath) ยี่ห้อ Medax รุ่น KV-8372

3.2.17 แท่นทำความเย็น (cold plate) ยี่ห้อ Bio Optica รุ่น PF 100ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3.2.18 เครื่องตัดชิ้นเนื้อเยื่อ (microtome) ยี่ห้อ Microm รุ่น HM 335E ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.19 อ่างลอยชิ้นเนื้อชนิดควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Bio Optica รุ่น Model 17-2000

3.2.20 เครื่องอุ่นสไลด์ (slide warmer) ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น Model 77

- 3.2.21 ชุดอุปกรณ์สำหรับข้อมสไลด์
- 3.2.22 กล้องจุลทรรศน์พร้อมชุดถ่ายภาพดิจิทัล ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น BX51
- 3.2.23 เครื่องวัดค่าออสโมลาลิตี (osmolality meter) ยี่ห้อ gonotec รุ่น osmomat 030
- 3.2.24 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำปิ้งจืดต่างๆ
- 3.2.25 สารละลาย 10% buffer formalin
- 3.2.26 สารละลาย Davison's fixative
- 3.2.27 แอลกอฮอล์ 50%
- 3.2.28 สารเคมีสำหรับกระบวนการคั่งน้ำออกจากชิ้นเนื้อ
- 3.2.29 สารเคมีสำหรับข้อมสไลด์

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตรารอด ออสโมลาลิตีและลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามในระบบการเลี้ยงแบบแยกเดี่ยว

3.3.1.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็ม 0 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็ม 8 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็ม 16 ppt

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็ม 24 ppt

แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ

3.3.1.2 เตรียมกระชังขนาด 45x105x15 เซนติเมตร กั้นแยกเป็นช่องจำนวน 21 ช่องที่มีขนาด 15x15x15 เซนติเมตร นำกระชังไปลอยในบ่อคอนกรีตขนาด 1.2x1.5x1.2 เมตร ซึ่งมีปริมาตรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ภายในบ่อติดตั้งระบบกรองเพื่อลดปริมาณตะกอนในบ่อเลี้ยง ดังภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 กระจกเลี้ยงกึ่งก้ามกรามลอยในบ่อคอนกรีต

3.3.1.3 สุ่มกึ่งก้ามกรามที่มีน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 3-4 กรัม จำนวน 21 ตัวต่อกระจก ซึ่งน้ำหนักกึ่งเริ่มต้น และปล่อยกึ่งช่องละ 1 ตัว ให้อากาศตลอดเวลาและให้อาหารกึ่งสำเร็จรูปวันละ 3 มื้อ เวลา 9.00, 13.00 และ 17.00 นาฬิกา เช็คร่างกายอาหารและปรับอาหารทุกมื้อ บันทึกปริมาณอาหารที่กึ่งกิน จากนั้นปรับความเค็มน้ำวันละ 2 ppt จนถึงระดับความเค็มที่กำหนด ในระหว่างการเลี้ยงเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุก 3 สัปดาห์ ซึ่งน้ำหนักกึ่งทุกๆ 10 วัน เป็นระยะเวลา 60 วัน นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในแต่ละชุดการทดลอง ตามวิธีของ สุภาพ แก้วละเอียดย และจิรัชศักดิ์ สมทรง (2550) ดังนี้

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} = (\text{น้ำหนักกึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักกึ่งเริ่มต้น})$$

(increasing weight; กรัม)

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} = \frac{(\text{น้ำหนักกึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักกึ่งเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลา}}$$

(daily weight gain; กรัม/ตัว/วัน)

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ} = \ln \frac{(\text{น้ำหนักกึ่งสุดท้าย} - \text{น้ำหนักกึ่งเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลา}} \times 100$$

(specific growth rate; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กึ่งกิน}}{\text{น้ำหนักกึ่งที่เพิ่มขึ้น}}$$

(feed conversion ratio: FCR)

3.3.1.4 ตรวจสอบการลอกคราบและการตายของกุ้งแต่ละชุดการทดลองทุกวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้คำนวณหาจำนวนการลอกคราบและเปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตามสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการรอด (survival rate; เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้น}}$$

3.3.1.5 เก็บตัวอย่างเลือดกุ้งก้ามกรามชุดการทดลองละ 12 ตัว หลังสิ้นสุดการทดลอง โดยเลือกกุ้งที่มีสภาพของเปลือกแข็งด้วยการใช้เข็มฉีดยาขนาด 0.6x25 มิลลิเมตร เจาะเลือดบริเวณท้องกลาง ลำตัวระหว่างขาเดินคู่สุดท้ายกับขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 ปริมาตร 50 μl และน้ำในบ่อเลี้ยงแต่ละชุดการทดลอง ปริมาตร 50 μl ใส่ microtube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร วัดค่าออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งและน้ำในบ่อเลี้ยง ด้วยเครื่องวัดค่าออสโมลาลิตี (osmolality meter) ยี่ห้อ gonotec รุ่น osmomat 030

3.3.1.6 เมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างกุ้งก้ามกรามทุกชุดการทดลองซ้ำละ 2 ตัว เพื่อศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อ โดยวิธีการดังนี้

(1) นำกุ้งที่สุ่มมาทำให้สลบด้วยน้ำแข็งหลังจากนั้นฉีดสารละลาย 10% buffer formalin เข้าบริเวณส่วนหัวและส่วนลำตัวปล้องที่ 5 ด้วยเข็มฉีดยาขนาด 0.6x25 มิลลิเมตร นำกุ้งไปแช่ในน้ำยา Davison's fixative เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อรักษาสภาพของเนื้อเยื่อ หลังจากนั้นเก็บรักษาดตัวอย่างในแอลกอฮอล์ 50 %

(2) เตรียมชิ้นเนื้อตัวอย่างโดยการตัดเฉพาะส่วนเหงือกและ hepatopancreas ให้มีขนาดไม่เกิน 4 มิลลิเมตร บรรจุลงในตลับใสเนื้อเยื่อ จากนั้นนำตัวอย่างชิ้นเนื้อผ่านกระบวนการคั่งน้ำออก (dehydration) ด้วยเครื่อง tissue processor โดยผ่านขั้นตอนตามวิธีมาตรฐานของ Humason (1979) (ดังตารางภาคผนวกที่ 4)

(3) นำชิ้นเนื้อตัวอย่างเข้าบล็อกพาราฟิน แล้วตัดตัวอย่างด้วยเครื่อง microtome ให้มีความหนา 4-5 ไมครอน นำชิ้นเนื้อที่ติดพาราฟินลอยในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส ซ้อนชิ้นเนื้อตัวอย่างที่ต้องการด้วยสไลด์ แล้ววางสไลด์บนเครื่องอุ่นสไลด์ (slide warmer) ไว้ข้ามคืนด้วยอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส

(4) นำเนื้อเยื่อมาย้อมสีตามขั้นตอนเทคนิคการย้อมสี hematoxylin & eosin (H&E) ตามวิธีของ Humason (1979) (ดังตารางภาคผนวกที่ 5) และทำสไลด์ถาวรด้วย permount

(5) นำสไลด์มาตรวจเช็คผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ขนาดกำลังขยาย 4, 20 และ 40 เท่า พร้อมทั้งบันทึกผลและถ่ายภาพ

3.3.1.7 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกๆ 5 วัน ตามวิธีการใน standard methods for the examination of water and wastewater (APHA. 2005) ได้แก่ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) โดยวิธี phenate methods ไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) โดยวิธี colorimetric method ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)

โดยวิธี cadmium reduction method และความเป็นด่าง (alkalinity) โดยวิธี titration method ด้วย sulfuric 0.02 N ส่วนอุณหภูมิ (temperature) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO) วัดด้วยเครื่อง DO meter ความเค็มวัดด้วยเครื่อง refractometer ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) วัดโดยเครื่อง pH meter

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ การลอกคราบ น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักเริ่มสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก อัตราอด ออกซิเจนโมลาลิตี ในเลือดกุ้งและน้ำในบ่อเลี้ยงและคุณภาพน้ำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิทยาศาสตรการประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6 ระยะเวลาในการทำวิจัย

เดือนตุลาคม 2552 – เดือนมีนาคม 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีตที่ระดับความเค็ม 0, 8, 16 และ 24 ppt เป็นระยะเวลา 60 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลของความเค็มต่อการลอกคราบของกุ้งก้ามกราม

ผลการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีจำนวนการลอกคราบมากที่สุด 2.45 ± 0.06 ครั้ง/ตัว โดยจำนวนการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามจะลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1-4.2) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามพบว่า ที่ระดับความเค็ม 0 ppt มีจำนวนการลอกคราบมากกว่าที่ระดับความเค็ม 8, 16 และ 24 ppt ($P < 0.05$) และกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 8 และ 16 ppt มีจำนวนการลอกคราบไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีจำนวนการลอกคราบน้อยที่สุด โดยมีระยะเวลาการลอกคราบน้อยสุดที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt 24.49 ± 0.61 วัน ซึ่งเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการลอกคราบมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามพบว่า ที่ระดับความเค็ม 0 ppt มีระยะเวลาการลอกคราบมากกว่าที่ระดับความเค็ม 8, 16 และ 24 ppt ($P < 0.05$) และกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 8 และ 16 ppt มีระยะเวลาการลอกคราบไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีระยะเวลาการลอกคราบมากที่สุด (ตารางที่ 4.1)

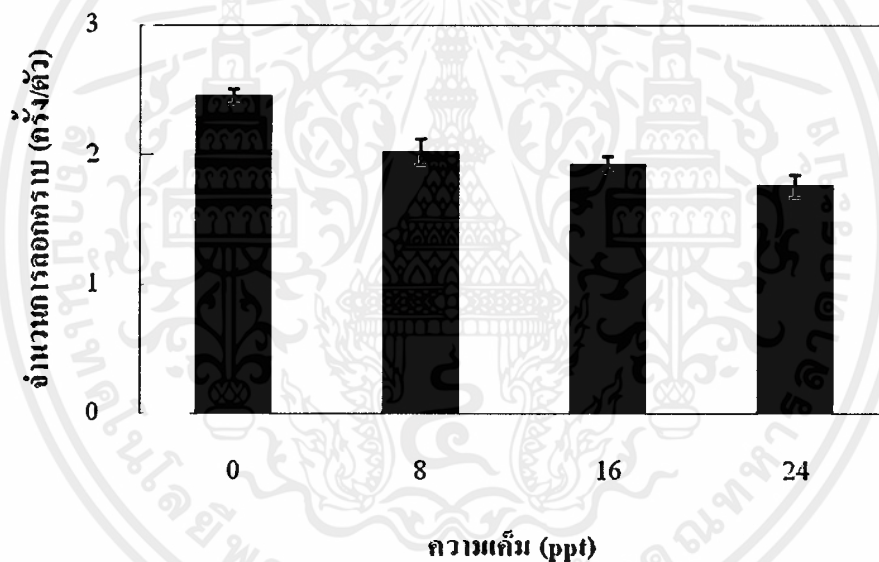
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบจำนวนการลอกคราบและอัตราการลอกคราบเฉลี่ยของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	จำนวนการลอกคราบ (ครั้ง/ตัว)	อัตราการลอกคราบเฉลี่ย (วัน)
0	2.45 ± 0.06^c	24.49 ± 0.61^a
8	2.02 ± 0.10^b	29.70 ± 1.45^b
16	1.93 ± 0.06^b	31.12 ± 0.99^b
24	1.76 ± 0.08^a	34.12 ± 1.68^c

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.1 กึ่งก้ามกรามหลังจากการลอกคราบจะพบคราบในกระซัง



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบจำนวนการลอกคราบของกึ่งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.2 ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกึ่งก้ามกราม

4.2.1 การเจริญเติบโต

4.2.1.1 น้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

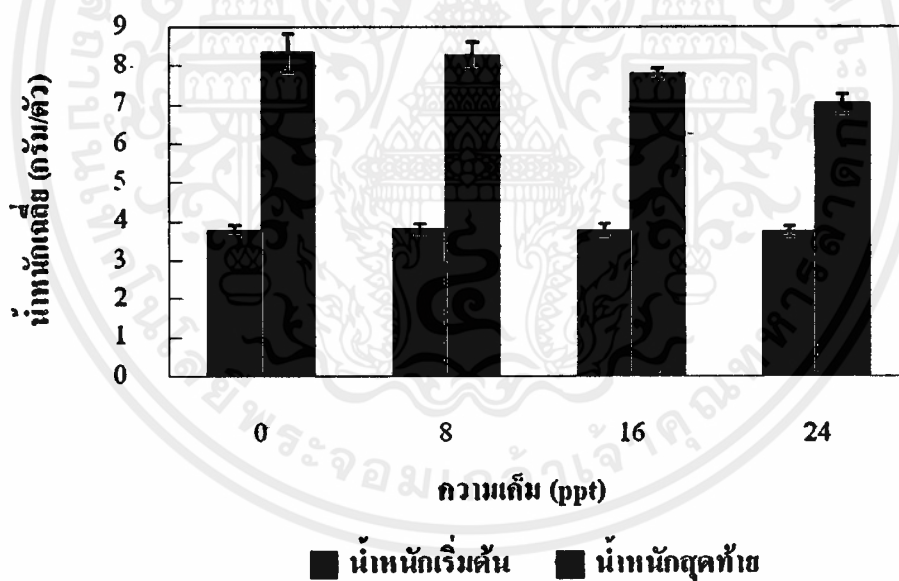
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ผลการทดลองเลี้ยงกึ่งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากึ่งก้ามกรามมีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ระดับความเค็ม 0 ppt โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 8.31 ± 0.50 กรัม และการเจริญเติบโตของ

กึ่งกำกรวมลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.3) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น พบว่ากึ่งกำกรวมที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0, 8 และ 16 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) มากกว่าที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกึ่งกำกรวมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)		
	เริ่มต้น	สุดท้าย	เพิ่มขึ้น
0	3.75±0.14 ^a	8.31±0.50 ^b	4.56±0.39 ^b
8	3.78±0.14 ^a	8.26±0.35 ^b	4.48±0.47 ^b
16	3.77±0.15 ^a	7.78±0.14 ^b	4.02±0.26 ^b
24	3.72±0.13 ^a	7.00±0.25 ^a	3.28±0.17 ^a

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.3 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นและสุดท้ายของกึ่งกำกรวมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

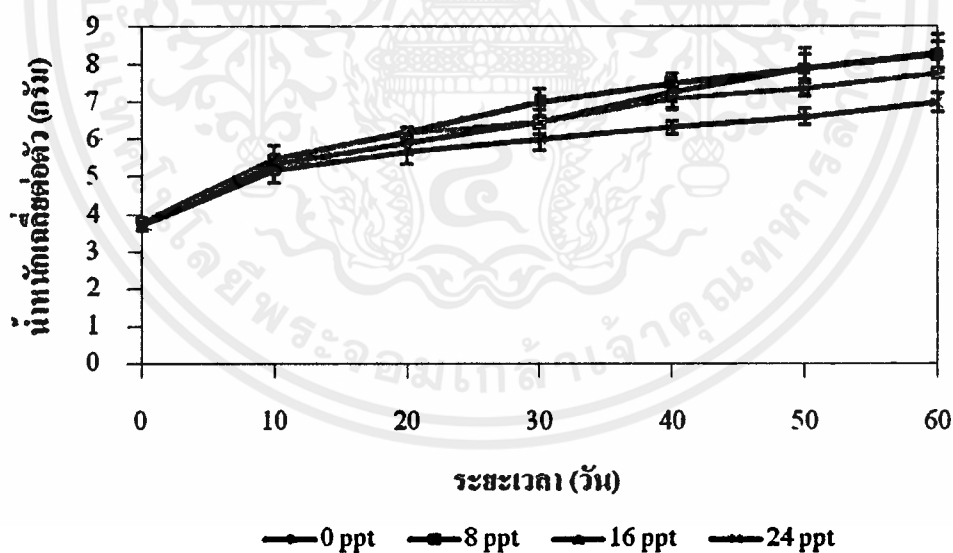
เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของกึ่งกำกรวมที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ ทุกๆ 10 วัน ตลอดการทดลอง 60 วัน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกึ่งกำกรวมที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0, 8 และ 16 ppt เพิ่มขึ้น ต่างจากระดับความเค็ม 24 ppt ($P<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของกึ่งกำกรวมที่

เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 8.31 ± 0.50 กรัม ใกล้เคียงกับที่ระดับความเค็ม 8 ppt ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 8.26 ± 0.35 กรัม (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ความเค็ม (ppt)			
	0	8	16	24
0	3.75 ± 0.14^a	3.78 ± 0.14^c	3.77 ± 0.15^a	3.72 ± 0.13^a
10	5.35 ± 0.25^a	5.49 ± 0.33^a	5.49 ± 0.35^a	5.18 ± 0.33^a
20	5.92 ± 0.29^{ab}	6.20 ± 0.13^b	6.18 ± 0.16^b	5.68 ± 0.35^a
30	6.48 ± 0.34^a	7.01 ± 0.35^b	6.47 ± 0.10^a	6.02 ± 0.30^a
40	7.28 ± 0.48^b	7.52 ± 0.26^b	7.12 ± 0.28^b	6.33 ± 0.19^a
50	7.92 ± 0.51^b	7.89 ± 0.38^b	7.38 ± 0.22^b	6.62 ± 0.20^a
60	8.31 ± 0.50^b	8.26 ± 0.35^b	7.78 ± 0.14^b	7.00 ± 0.25^a

อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.4 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.2.1.2 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ทำให้กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันสูงสุด 0.072 ± 0.006 กรัม/ตัว/วัน

และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันลดลง (ตารางที่ 4.4) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0, 8, และ 16 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันต่างกับกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)
0	0.072±0.006 ^b
8	0.071±0.007 ^b
16	0.064±0.004 ^b
24	0.053±0.009 ^a

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ทำให้กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด 1.32±0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ไม่ต่างกับที่ความเค็ม 8 และ 16 ppt ($P>0.05$) และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะลดลงทำให้กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในความเค็ม 0, 8 และ 16 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่างกับกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในความเค็ม 24 ppt ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)
0	1.32±0.06 ^b
8	1.30±0.12 ^b
16	1.21±0.09 ^b
24	1.05±0.10 ^a

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ไม่ว่าการฉีดยาทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อน้อยที่สุด 1.62 ± 0.06 และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ดังตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อน้อยที่สุดต่างจากความเค็ม 24 ppt ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
0	1.62 ± 0.06^a
8	1.71 ± 0.15^a
16	1.82 ± 0.15^{ab}
24	2.10 ± 0.25^b

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.2 อัตรารอด

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามจะลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีอัตราการรอดสูงสุด 98.81 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์ ต่างจากกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt ($P < 0.05$) มีอัตราการรอดต่ำสุด 94.05 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์ ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)
0	98.81 ± 2.38^b
8	97.62 ± 2.75^{ab}
16	96.43 ± 2.38^{ab}
24	94.05 ± 2.38^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น หากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม ขอสงวนสิทธิ์ในการนำไปใช้

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3 ผลของความเค็มต่อออสโมลาลิตีในเลือดกึ่งก้ำมกราม

ผลการทดลองเลี้ยงกึ่งก้ำมกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าค่าออสโมลาลิตีในเลือดของกึ่งก้ำมกรามมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 8, 16 และ 24 ppt กึ่งก้ำมกรามจะมีค่าออสโมลาลิตีในเลือดเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยออสโมลาลิตีในเลือดเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน ($P<0.05$) ตามตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.5

ผลการทดลองเลี้ยงกึ่งก้ำมกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าค่าออสโมลาลิตีน้ำในบ่อเลี้ยงกึ่งก้ำมกรามมีค่าน้อยที่สุดที่ความเค็ม 0 ppt และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 8, 16 และ 24 ppt น้ำในบ่อเลี้ยงกึ่งก้ำมกรามจะมีค่าออสโมลาลิตีเพิ่มขึ้น โดยน้ำในบ่อเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยออสโมลาลิตีเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน ($P<0.05$) ตามตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.5

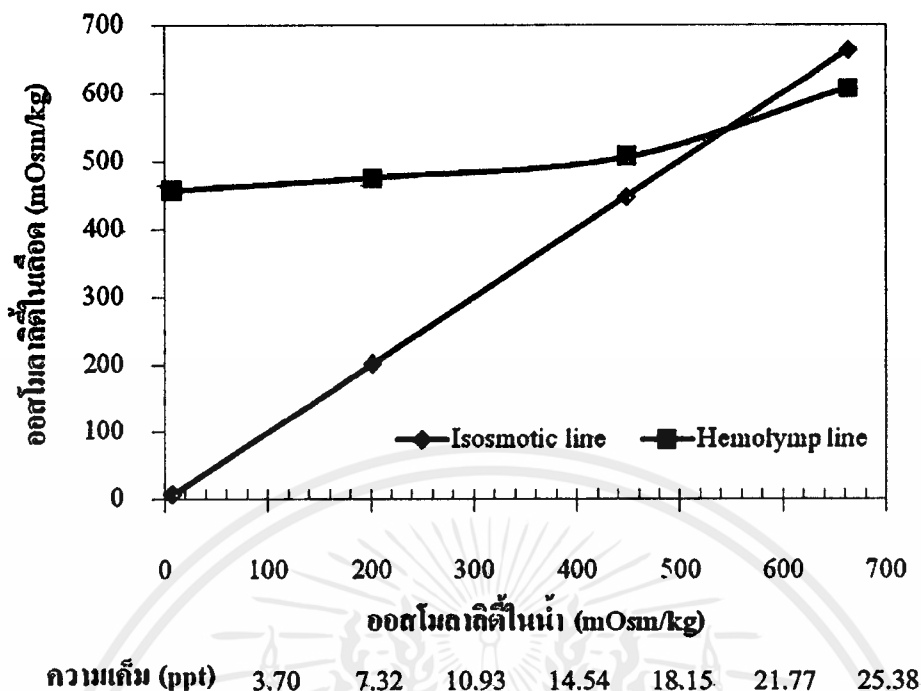
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าออสโมลาลิตีในเลือดและน้ำในบ่อเลี้ยงกึ่งก้ำมกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆเป็นระยะเวลา 60 วัน

ความเค็ม (ppt)	ออสโมลาลิตี (mOsm/kg)		
	ในเลือด	น้ำในบ่อเลี้ยง	ผลต่าง
0	456.87±6.40 ^a	5.94±0.21 ^a	449.83±25.82 ^d
8	475.88±5.86 ^b	204.00±6.06 ^b	274.88±23.82 ^c
16	505.81±4.75 ^c	447.19±4.75 ^c	57.94±19.38 ^b
24	607.31±6.88 ^d	663.31±0.73 ^d	-55.69±27.45 ^a

อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการทดลองยังพบว่าค่าออสโมลาลิตีในเลือดกึ่งก้ำมกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีค่า 456.87±6.40 mOsm/kg เป็นสภาวะ hyperosmolality มีค่าสูงกว่าน้ำภายนอกกึ่งก้ำมกราม เมื่อระดับความเค็มภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าออสโมลาลิตีเพิ่มขึ้นด้วย โดยกึ่งก้ำมกรามมีการปรับตัวให้มีค่าออสโมลาลิตีในเลือดเท่ากับออสโมลาลิตีน้ำภายนอกซึ่งมีค่าออสโมลาลิตีเท่ากับ 542 mOsm/kg ที่ระดับความเค็ม 19.50 ppt เป็นสภาวะ isosmolality และความเค็มที่มากกว่า 19.50 ppt จะทำให้น้ำภายนอกมีค่าออสโมลาลิตีมากกว่า 542 mOsm/kg ส่งผลให้ออสโมลาลิตีในเลือดมีค่าน้อยกว่าออสโมลาลิตีน้ำภายนอก สภาวะของกึ่งก้ำมกรามจะอยู่ในสภาวะ hypoosmolality (ภาพที่ 4.5)

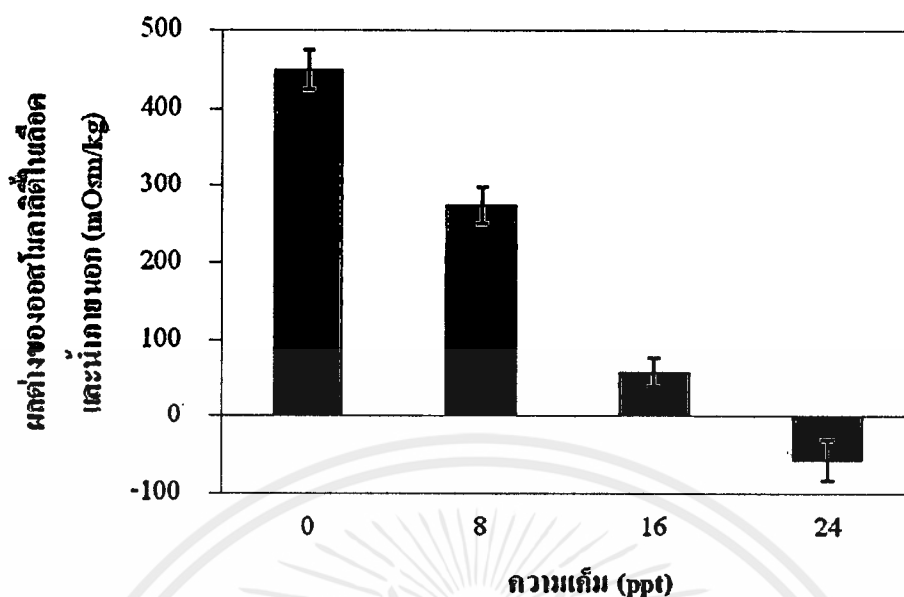
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ออสโมลาลิตีในเลือดกึ่งก้ำมกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบผลต่างค่าออสโมลาลิตีในเลือดกึ่งก้ำมกรามกับออสโมลาลิตีน้ำภายนอก พบว่าผลต่างที่ระดับความเค็ม 0, 8, 16 และ 24 ppt มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ซึ่งค่าผลต่างออสโมลาลิตีในเลือดกึ่งก้ำมกรามกับน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อเข้าใกล้จุด isosmotic ที่ความเค็ม 19.50 ppt เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลต่างระหว่างออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกมีค่าลดลงและติดลบเมื่อความเค็มมากกว่า 19.50 ppt ดังภาพที่ 4.6 ซึ่งที่ระดับความเค็ม 0, 8 และ 16 ppt ค่าออสโมลาลิตีในเลือดสูงกว่าในน้ำทำให้แรงดันออสโมติกภายในร่างกายสูงกว่าน้ำภายนอก ทำให้กึ่งต้องพยายามปรับสมดุลของน้ำในร่างกายโดยการขับน้ำส่วนเกินออกและรักษาระดับไอออนภายในร่างกายไว้และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นแรงดันออสโมติกในตัวจะมีค่าลดลง จนถึงระดับที่มีค่าออสโมลาลิตีในเลือดเท่ากับน้ำภายนอกทำให้แรงดันออสโมติกภายในตัวกับภายนอกมีค่าเท่ากันกึ่งต้องมีกลไกในการปรับสมดุลเพิ่มมากขึ้นและเมื่อผลต่างระหว่างออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกมีค่าติดลบกึ่งจะต้องมีกลไกในการปรับสมดุลเพิ่มมากขึ้นเช่นกันเพื่อรักษาน้ำในร่างกายไว้และขับ ไอออนออกจากร่างกายและเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นกึ่งไม่สามารถรักษาสมดุลน้ำและไอออนไว้ได้ ซึ่งการรักษาสมดุลดังกล่าวอาศัยกระบวนการการทำงานของ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump เกิดขึ้นที่บริเวณเหงือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



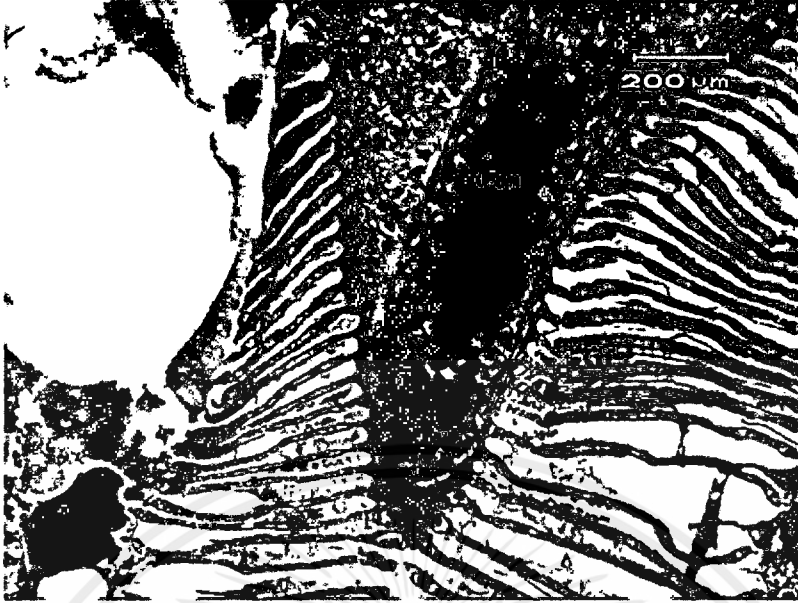
ภาพที่ 4.6 ผลต่างออสโมลาลิตีในเลือดกึ่งกำมกรากับน้ำภายนอกที่ระดับความเค็มต่างๆ

4.4 ผลของความเค็มต่อลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกึ่งกำมกราม

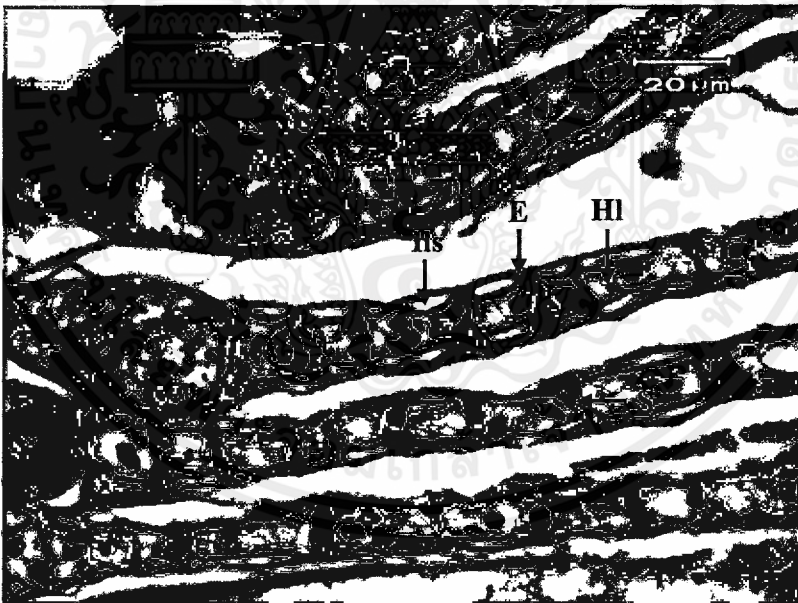
4.4.1 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก

ผลการทดลองเลี้ยงกึ่งกำมกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่า ลักษณะเหงือกกึ่งกำมกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt เหงือกมีลักษณะปกติ โดยแกนกลาง (central axis) ของเหงือกมีลักษณะเป็นก้านยาวเชื่อมกับ gill filament 2 ข้าง (ภาพที่ 4.7) บริเวณ gill filament ประกอบด้วยชั้น cuticle ถัดจาก cuticle เป็นส่วนของ epithelium ซึ่งมีลักษณะบาง ถัดไปเป็นส่วนของ interlamellar space และต่อทางเดินเลือด (hemolymph lacuna) ระหว่าง epithelium มี septum หรือ pillar cell ยื่นขวางจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งเพื่อช่วยค้ำจุนเหงือก (ภาพที่ 4.8) และเมื่อเลี้ยงกึ่งกำมกรามในระดับความเค็ม 8 ppt พบว่าลักษณะโครงสร้างเหงือกกึ่งกำมกรามยังปกติมีลักษณะคล้ายกับ โครงสร้างเหงือกกึ่งกำมกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ดังภาพที่ 4.9

เมื่อเลี้ยงกึ่งกำมกรามที่ระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 16 ppt พบว่าลักษณะโครงสร้างเหงือกกึ่งกำมกรามบางส่วนมีลักษณะผิดปกติ โดยมีชั้น epithelium มีขนาดหนาขึ้น ไม่ปรากฏชั้น interlamellar space และ septum หรือ pillar cell ถูกทำลาย และ hemolymph lacuna มีขนาดเล็กลง ดังภาพที่ 4.10-4.11

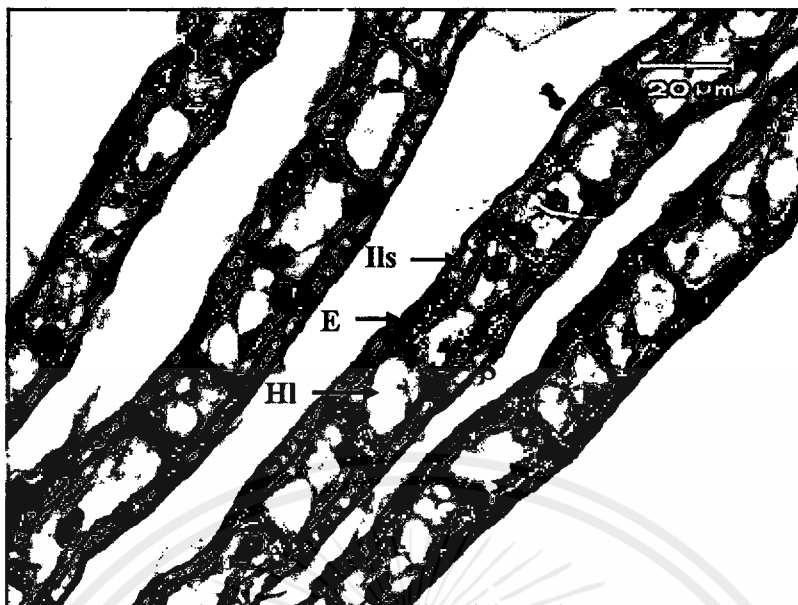


ภาพที่ 4.7 ลักษณะเหงือกกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ประกอบด้วย central axis (Cen) และ gill filament (Gf) กำลังขยาย 4 เท่า

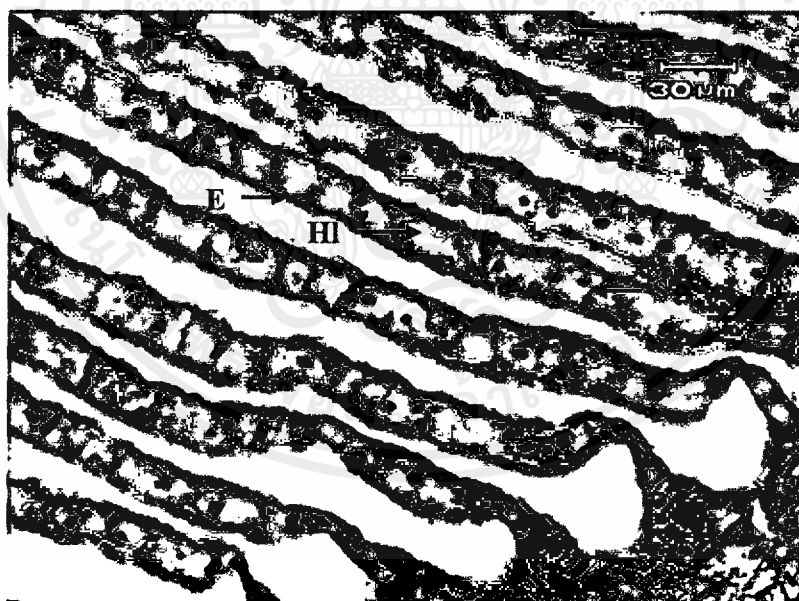


ภาพที่ 4.8 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ประกอบด้วย epithelium (E) interlamellar space (Ils) hemolymph lacuna (HI) และมี septum (S) กั้นกลางระหว่าง epithelium (กำลังขยาย 40 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 8 ppt ประกอบด้วย epithelium (E) interlamellar space (IIs) hemolymph lacuna (HI) และมี septum (S) กั้นกลางระหว่าง epithelium (กำลังขยาย 40 เท่า)



ภาพที่ 4.10 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้าง

ผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง

และ septum (S) บางส่วนถูกทำลาย (กำลังขยาย 20 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ มิใช่เพื่อเผยแพร่เป็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุผลเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

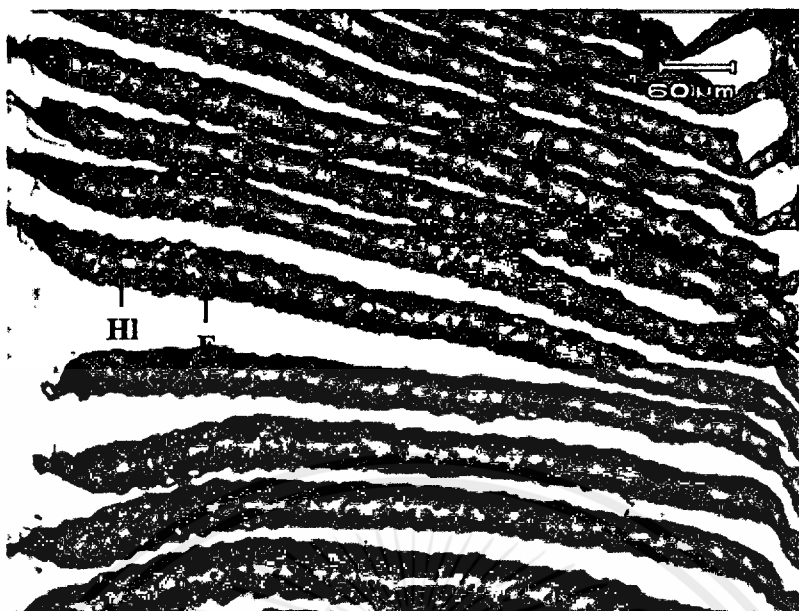
และเมื่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 24 ppt พบว่าลักษณะโครงสร้างเหงือกของ กุ้งก้ามกรามผิดปกติอย่างชัดเจน โดยชั้น epithelium มีความหนาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ hemolymph lacuna มี ขนาดเล็กลง และไม่พบ septum ระหว่าง epithelium (ภาพที่ 4.12- 4.14) เมื่อเทียบกับกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยง ในระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในความเค็ม 24 ppt มีการเชื่อมต่อ กันระหว่างชั้น cuticle และ epithelium ระหว่าง gill filament (ภาพที่ 4.15 และ 4.16)

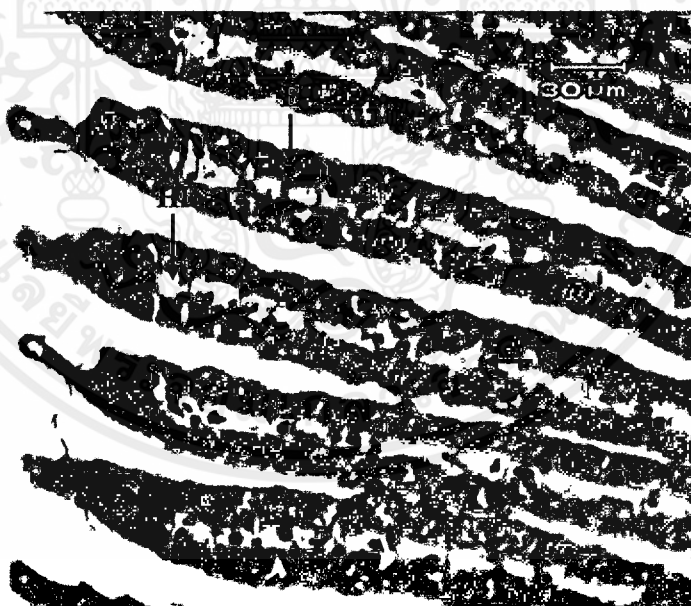


ภาพที่ 4.11 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้าง ผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 40 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ลักษณะ gill filament ของกิ้งก่ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 10 เท่า)

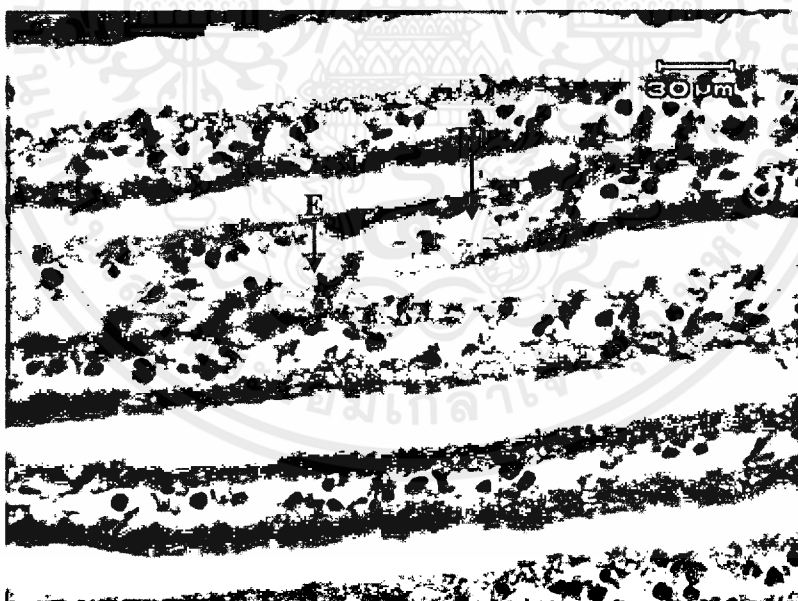


ภาพที่ 4.13 ลักษณะ gill filament ของกิ้งก่ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 20 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

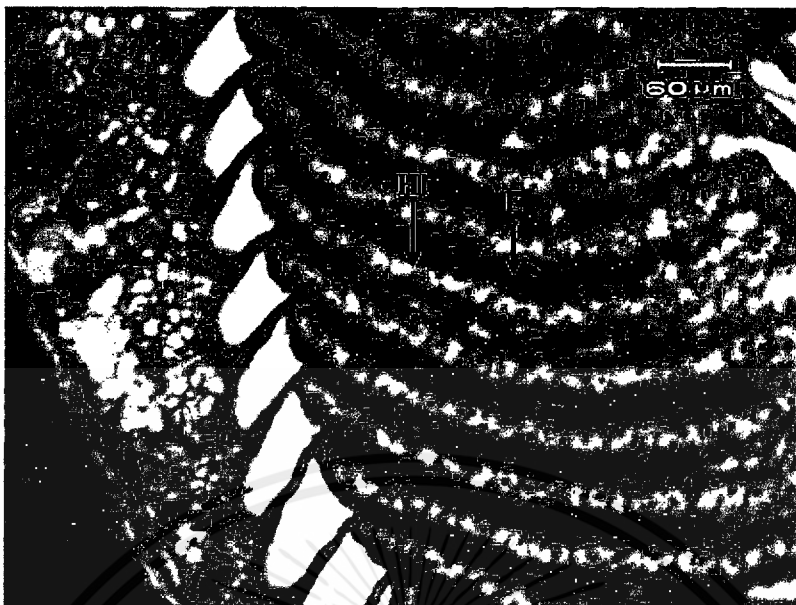


ภาพที่ 4.14 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิปกติ โดย epithelium (E) มีความหนาเพิ่มขึ้น hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum (S) ถูกทำลาย (กำลังขยาย 40 เท่า)



ภาพที่ 4.15 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะโครงสร้างเหงือกผิปกติ โดยมีการเชื่อมต่อกันของชั้น cuticle และ epithelium (E) hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กลง และ septum ถูกทำลาย (กำลังขยาย 20 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้



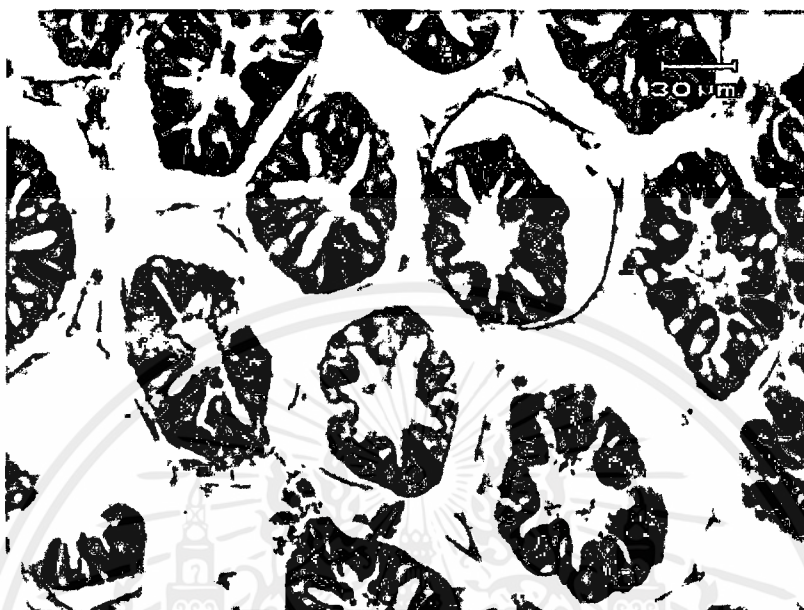
ภาพที่ 4.16 ลักษณะ gill filament ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะโครงสร้างเหงือกผิดปกติ โดยมีการเชื่อมต่อกันของชั้น cuticle และ epithelium (E) hemolymph lacuna (HI) มีขนาดเล็กกลง และ septum ถูกทำลาย (กำลังขยาย 10 เท่า)

4.4.2 ลักษณะเนื้อเยื่อ hepatopancreas

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีลักษณะโครงสร้างของท่อไตใน hepatopancreas เป็นปกติ เซลล์ท่อ hepatopancreas เรียงตัวเป็นระเบียบ (ภาพที่ 4.17) ในแต่ละท่อประกอบด้วยเซลล์บุผนัง 4 ชนิด คือ E-cell (embryonic หรือ embryonalzellen) เป็นเซลล์ที่ยังไม่พัฒนา มีขนาดเล็กที่สุด เซลล์มีรูปร่างสี่เหลี่ยมทรงสูงมีนิวเคลียสขนาดใหญ่อยู่ก่อนมาทางฐานเซลล์ F-cell (fibrillar หรือ fibrillenzellen) ไซโตพลาสซึมย้อมสี H&E ติดสีม่วงเข้ม มีนิวเคลียสขนาดใหญ่อยู่กลางเซลล์ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมทรงสูง พบบริเวณส่วนปลายของท่อร่วมกับ R-cell (resorption cell หรือ restzellen) และ B-cell (blister-like cell หรือ blasenzellen) ส่วน R-cell มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมทรงสูง ไซโตพลาสซึมติดสีชมพูจางๆ เนื่องจากมีไขมันสะสมอยู่ภายในไซโตพลาสซึมมีนิวเคลียสอยู่ก่อนมาทางฐานของเซลล์ตำแหน่งที่พบบริเวณเดียวกับ F-cell และ B-cell เป็นเซลล์ที่มี vacuole ขนาดใหญ่อยู่ในไซโตพลาสซึมมีนิวเคลียสอยู่บริเวณฐานของเซลล์ พบหนาแน่นบริเวณส่วนต้นของท่อ (ภาพที่ 4.18) และเมื่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็ม 8 ppt พบว่าลักษณะโครงสร้าง hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติมีลักษณะคล้ายกับโครงสร้าง hepatopancreas กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt ดังภาพที่ 4.19

เมื่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 16 ppt พบว่าการเรียงตัวและลักษณะรูปร่างของ hepatopancreas ยังคงรูปร่างเหมือนกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt แต่โครงสร้าง

ภายในท่อมมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีจำนวน R-cell ลดลง แต่จำนวน B-cell เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt ดังภาพที่ 4.20 และ 4.21



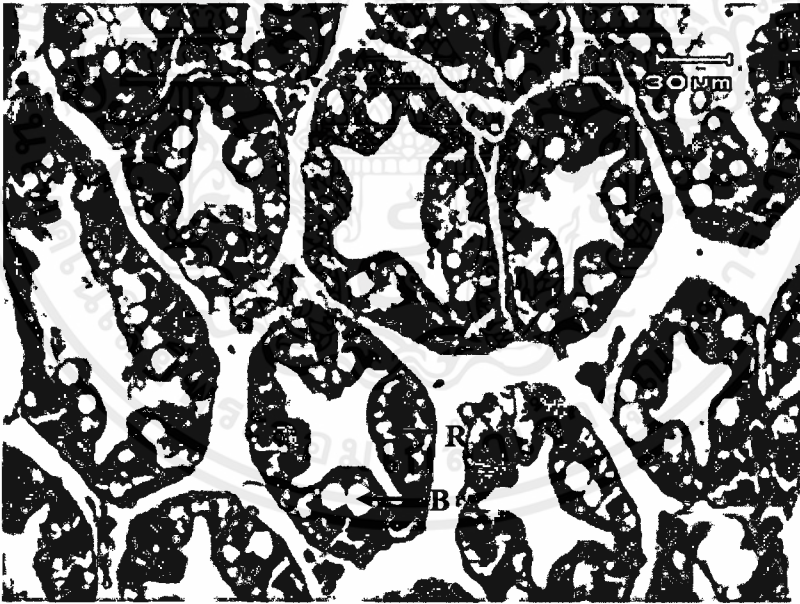
ภาพที่ 4.17 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt (กำลังขยาย 20 เท่า)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ภาพที่ 4.18 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt โดยไม่มี F (F-cell) R (R-cell) และ B (B-cell) (กำลังขยาย 40 เท่า)



ภาพที่ 4.19 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามปกติในระดับความเค็ม 8 ppt โดยมี F (F-cell) R (R-cell) และ B (B-cell) (กำลังขยาย 40 เท่า)



ภาพที่ 4.20 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดยจำนวน R-cell ลดลง จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (กำลังขยาย 20 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.21 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 16 ppt มีโครงสร้าง ผิดปกติ โดยจำนวน R-cell ลดลง จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (กำลังขยาย 40 เท่า)

เมื่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 24 ppt พบว่ากุ้งก้ามกรามมีลักษณะ โครงสร้าง hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามผิดปกติอย่างชัดเจน โดยช่องว่างกลาง hepatopancreas ขยาย ใหญ่ขึ้น และมีจำนวน R-cell ลดลง แต่จำนวน B-cell เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับ ความเค็ม 0 และ 8 ppt ดังภาพที่ 4.22

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะเซลล์ hepatopancreas ผิดปกติ โดยช่องว่างกลางท่อ hepatopancreas ขยายใหญ่ องค์ประกอบของ เซลล์ F-cell, R-cell และ B-cell มีขนาดเล็กลง ดังภาพที่ 4.23 และ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีโครงสร้างผิดปกติ โดยจำนวน R-cell ลดลง จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น (กำลังขยาย 40 เท่า)



ภาพที่ 4.23 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามผิดปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะช่องว่างกลางท่อขยายใหญ่ งบประมาณของเซลล์ต่างๆ มีขนาดเล็กลง (กำลังขยาย 20 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 ลักษณะ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามชนิดปกติที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีลักษณะช่องว่างกลางที่ขยายใหญ่ องค์ประกอบของเซลล์ต่างๆ มีขนาดเล็กกลวง (กำลังขยาย 40 เท่า)

4.5 คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ

คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็ม 0, 8, 16 และ 24 ppt เป็นระยะเวลา 60 วัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งมีช่วงของคุณภาพน้ำแสดงดังตารางที่ 4.9 และมีค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทั้งหมดตามตารางที่ 4.10

4.5.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามอยู่ในช่วง 27.4-30.0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทุกระดับความเค็ม ในระหว่างการเลี้ยงอุณหภูมิต่ำสุด 27.4 องศาเซลเซียสในวันที่ 15 ของการทดลอง เนื่องจากช่วงดังกล่าวมีอากาศเย็นลงประมาณ 1 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทุกระดับความเค็ม ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

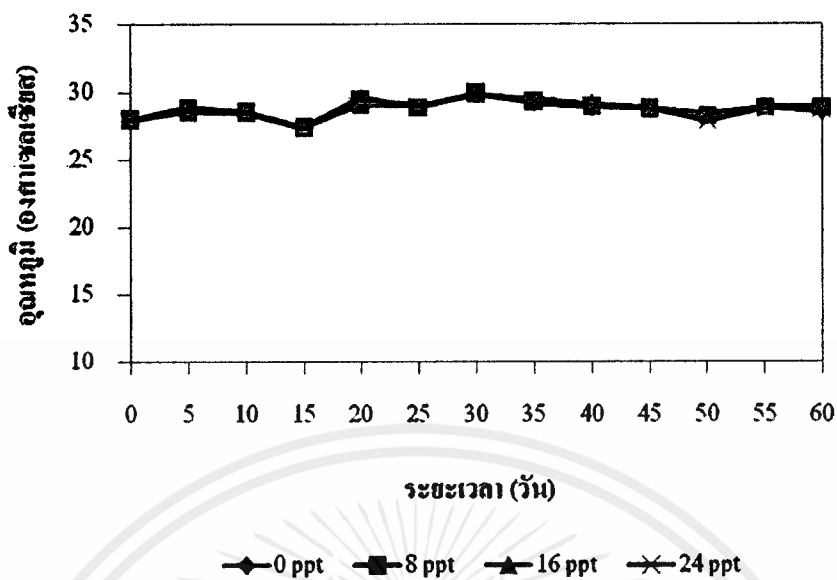
ปัจจัยคุณภาพน้ำ	ความเค็ม (ppt)			
	0	8	16	24
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.5-30.0	27.4-29.9	27.5-29.9	27.4-29.9
ความเป็นกรด-ด่าง	7.00-7.59	7.05-7.52	7.32-7.75	7.11-7.61
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.28-0.39	0.27-15.84	0.27-30.60	0.27-45.20
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ล.)	6.93-7.38	6.83-7.35	6.54-7.36	6.41-7.35
ความเป็นด่าง (มก./ล.)	74.0-100.0	71.3-102.0	72.0-107.3	78.6-117.3
แอมโมเนีย (มก./ล.)	0.07-0.44	0.05-0.41	0.06-0.58	0.09-0.56
ไนไตรท์ (มก./ล.)	0.01-0.10	0.01-0.44	0.01-0.42	0.02-0.18
ไนเตรท (มก./ล.)	0.90-5.66	0.80-7.46	1.53-9.38	1.46-12.82

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	ความเค็ม (ppt)			
	0	8	16	24
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.77±0.61 ^a	28.77±0.61 ^a	28.76±0.61 ^a	28.72±0.65 ^a
ความเป็นกรด-ด่าง	7.23±0.16 ^a	7.32±0.15 ^b	7.58±0.15 ^d	7.41±0.16 ^c
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.34±0.03 ^a	14.15±4.11 ^b	26.77±8.71 ^c	36.68±12.91 ^d
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ล.)	7.15±0.12 ^d	7.04±0.13 ^c	6.82±0.20 ^b	6.66±0.26 ^a
ความเป็นด่าง (มก./ล.)	84.97±8.98 ^a	86.87±9.34 ^{ab}	90.21±11.64 ^{ab}	91.74±14.33 ^b
แอมโมเนีย (มก./ล.)	0.04±0.03 ^a	0.17±0.14 ^b	0.15±0.13 ^b	0.08±0.06 ^a
ไนไตรท์ (มก./ล.)	0.16±0.10 ^a	0.22±0.13 ^a	0.23±0.18 ^a	0.23±0.16 ^a
ไนเตรท (มก./ล.)	2.78±1.37 ^a	4.32±1.75 ^b	6.04±2.16 ^c	6.34±2.83 ^c

อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

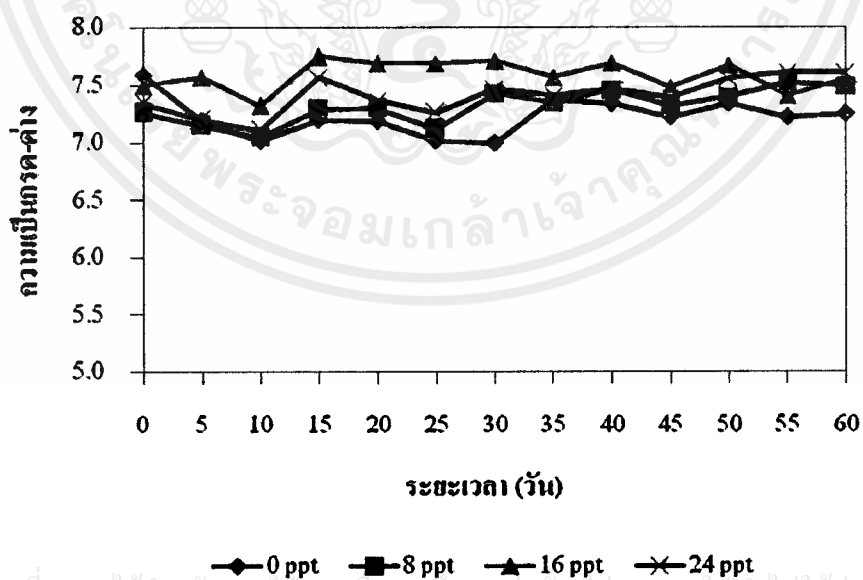
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 อุณหภูมิในการเลี้ยงกิ้งก่ากรมที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.2 ความเป็นกรด-ด่าง

ในระหว่างการเลี้ยงกิ้งก่ากรมที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.00-7.75 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกิ้งก่ากรม เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับความเค็ม ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4.26)

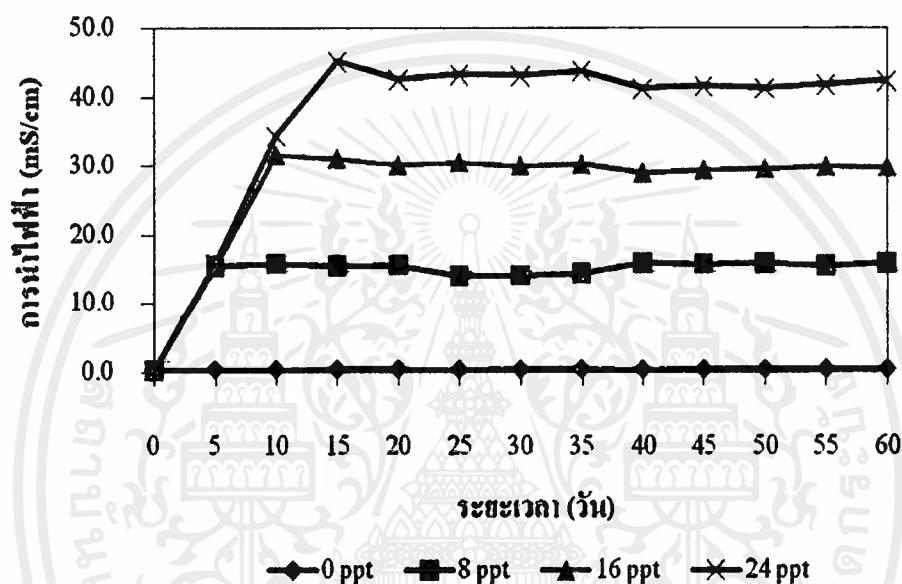


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาพที่ 4.26 ความเป็นกรด-ด่างในการเลี้ยงกิ้งก่ากรมที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.3 การนำไฟฟ้า

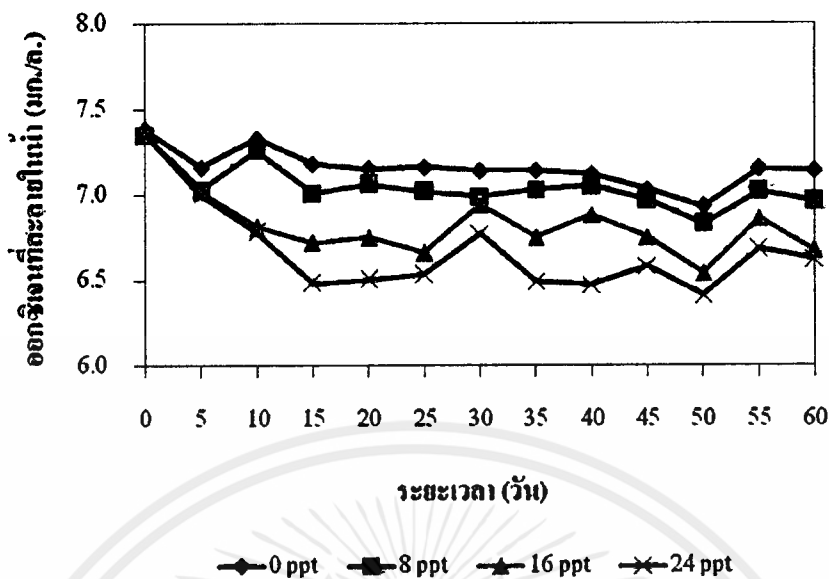
ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ ค่าการนำไฟฟ้าในช่วงแรกของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นไม่คงที่เนื่องจากอยู่ในช่วงที่มีการปรับความเค็ม หลังจากที่ไม่มีการปรับความเค็มพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลมาจากปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในน้ำที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าพบว่า การนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4.26)



ภาพที่ 4.27 การนำไฟฟ้าในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

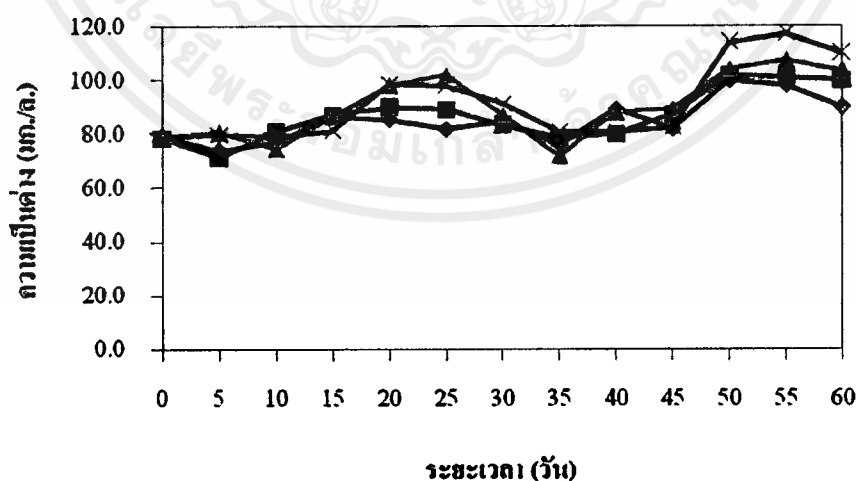
ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 6.41-7.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเค็มที่เพิ่มทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ระดับความเค็ม 0, 8, 16 และ 24 ppt พบว่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลงแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4.28)



ภาพที่ 4.28 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.5 ความเป็นด่าง

ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ามีค่าความเป็นด่างมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 71.3-117.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ กุ้งก้ามกราม และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นด่างพบว่าที่ระดับความเค็ม 0 ppt มีค่าน้อยกว่าที่ ระดับความเค็ม 24 ppt ($P < 0.05$)

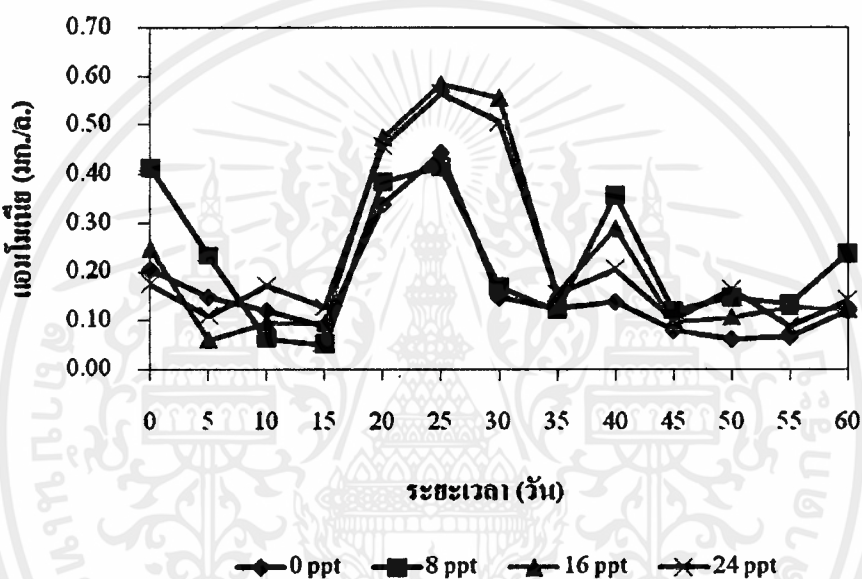


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และหยั่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.29 ความเป็นด่างในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.6 แอมโมเนีย

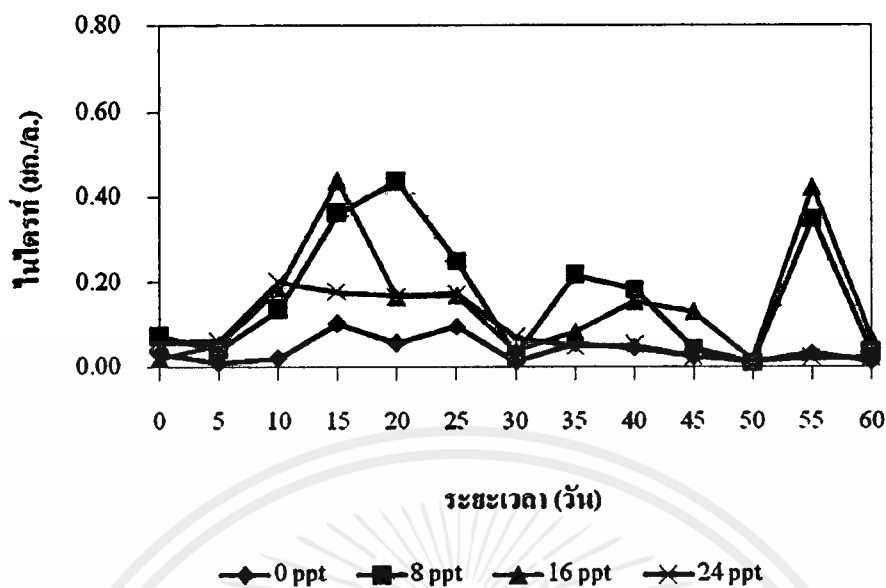
ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียสูงในช่วงระหว่างวันที่ 20-25 ของการทดลองหลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง เนื่องจากการสะสมของของเสียเป็นจำนวนมากซึ่งอาจมาจากอาหารและของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมาจึงทำให้มีปริมาณของเสียมากในช่วงนี้ จากนั้นจะมีปริมาณลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และตลอดการทดลองมีแอมโมเนียในรูป un-ionized form อยู่ในช่วง 0-0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียพบว่าที่ระดับความเค็ม 8 และ 16 ppt มีค่ามากกว่าที่ระดับความเค็ม 0 และ 24 ppt ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4.30)



ภาพที่ 4.30 แอมโมเนียในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.7 ไนไตรท์

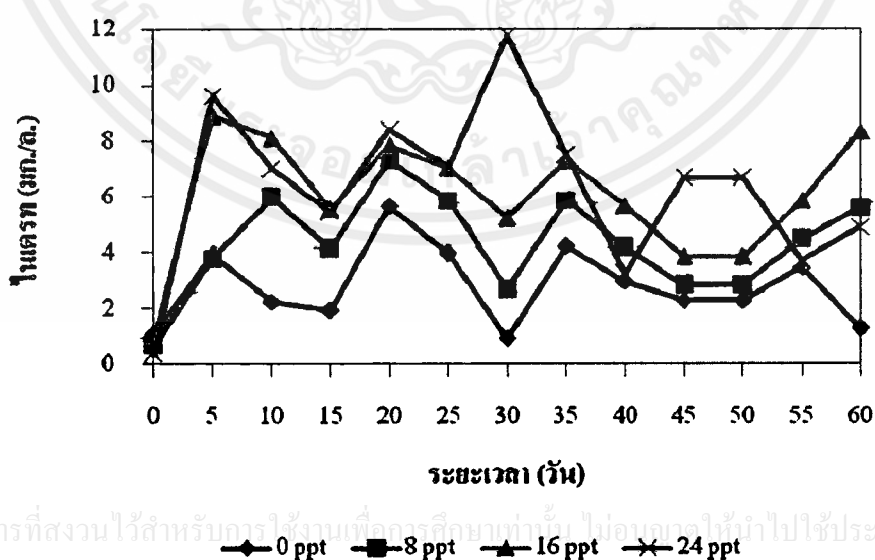
ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าปริมาณไนไตรท์ในช่วงแรกของการทดลองจะมีค่าน้อยและจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้น เนื่องจากการสะสมของไนไตรท์มีการเปลี่ยนรูปมาจากแอมโมเนียและมีค่าลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์พบว่าทุกระดับความเค็มมีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ภาพที่ 4.31)



ภาพที่ 4.31 ไนเตรทในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

4.5.8 ไนเตรท

ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ ปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.80-12.82 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท พบว่าความเค็ม 16 และ 24 ppt มีค่ามากกว่าที่ระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt ($P < 0.05$) และปริมาณไนเตรทจากการทดลองยังอยู่ในช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งก้ามกราม (ภาพที่ 4.32)



ภาพที่ 4.32 ไนเตรทในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ เป็นระยะเวลา 60 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลของความเค็มต่อการลอกคราบของกิ้งก่ามกรม

ผลการทดลองเลี้ยงกิ้งก่ามกรมแบบแยกเดี่ยวในระดับความเค็มต่างๆ พบว่าระดับความเค็มมีผลต่อการลอกคราบของกิ้งก่ามกรม โดยระดับความเค็มที่ 0 ppt จะทำให้กิ้งก่ามกรมมีการลอกคราบที่สูงสุดจำนวน 2.45 ± 0.06 ครั้ง/ตัว ระยะเวลา 24.49 ± 0.61 วัน และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นกิ้งก่ามกรมจะลอกคราบลดลง ซึ่งจากผลการทดลองกิ้งก่ามกรมที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt มีการลอกคราบน้อยที่สุดเป็นจำนวน 1.76 ± 0.08 ครั้ง ระยะเวลา 34.12 ± 1.68 วัน จากการศึกษาของ Huong *et al.* (2010) เลี้ยงกิ้งก่ามกรมเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่ากิ้งก่าที่เลี้ยงในความเค็ม 0 ppt มีระยะเวลา 26.3 ± 0.9 วัน และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 24 ppt มีระยะเวลา 35 ± 1.3 วัน เนื่องจากความเค็มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ระยะเวลาในการลอกคราบของกิ้งก่ามกรมครั้งต่อไปมีระยะเวลานานกว่าที่ระดับความเค็มต่ำเป็นเพราะว่ากิ้งก่าต้องสูญเสียพลังงานเพื่อปรับไอออนในร่างกายให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มเพิ่มขึ้นแทนการนำพลังงานไปใช้ในการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต (Lima *et al.* 1997; Palacios and Racotta. 2007; Huong *et al.* 2010) ซึ่งกระบวนการลอกคราบของกิ้งก่ามกรมขณะที่สลัดเปลือกหิ้งกิ้งตัวจะนับ เนื่องจากกิ้งก่าดึงน้ำจากภายนอกเข้าภายในตัวเพื่อเพิ่มขนาดตัว โดยชั้น cuticle จะขยายตัวออก กิ้งก่าสามารถดึงน้ำได้ดีถ้ามีความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างของเหลวภายในตัวกิ้งก่ามกรมกับของเหลวภายนอก (osmotic gradient) มาก กิ้งก่ามกรมที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดหรือน้ำที่มีความเค็มต่ำ ปริมาณไอออนภายในตัวกิ้งก่ามกรมมีมากกว่าภายนอกตัวทำให้กิ้งก่าสามารถดึงน้ำเข้าสู่ร่างกายได้ดี และส่งผลทำให้กิ้งก่าเพิ่มขนาดได้ดีกว่ากิ้งก่ามกรมที่อยู่ในน้ำเค็มซึ่งมีความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างของเหลวภายในตัวกิ้งก่ามกรมกับของเหลวภายนอกน้อยส่งผลให้การดึงน้ำเข้าตัวได้น้อย (Singh. 1980) นอกจากนี้ในสภาพแวดล้อมที่ความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้ช่วงเวลาการลอกคราบของกิ้งก่ามกรมมากกว่ากิ้งก่าที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดหรือความเค็มต่ำเนื่องจาก โอกาสที่จะสูญเสียน้ำจากภายในตัวออกสู่ภายนอกมีมากกว่าที่ระดับความเค็มต่ำ (Vijayan and Diwan. 1995)

5.2 ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกิ้งก่ามกรม

ผลการทดลองเลี้ยงกิ้งก่ามกรมในระดับความเค็มต่างๆ พบว่าความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งส่งผลต่อ น้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของกิ้งก่ามกรม โดยความเค็มเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของกิ้งก่ามกรมลดลง ซึ่งการเจริญเติบโตของกิ้งก่ามกรมขึ้นอยู่กับความถี่ในการลอกคราบ กิ้งก่ามกรมที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด

หรือน้ำที่มีความเค็มต่ำกุ้งสามารถดื่มน้ำเข้าสู่ร่างกายได้ดีและส่งผลทำให้กุ้งเพิ่มขนาดได้ดีกว่า กุ้งก้ามกรามที่อยู่ในน้ำเค็ม การดื่มน้ำเข้าตัวเป็นไปได้ไม่ดีพอจึงเพิ่มขนาดได้น้อยทำให้การเจริญเติบโตลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wickins (1972) เลี้ยงกุ้งก้ามกรามอายุหลังคว่ำ 9 วัน ในน้ำความเค็ม 15 ppt เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ แล้วนำไปเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 2 และ 15 ppt เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 2 ppt เพิ่มมากกว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt และจากการทดลองของ สุมาลี แสนจันทร์ (2536) เลี้ยงกุ้งก้ามกรามขนาด 2 นิ้ว ในระดับความเค็ม 0, 5 และ 10 ppt เป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.317 กรัม ซึ่งสูงกว่าที่เลี้ยงในน้ำความเค็มมากกว่า 5 ppt นอกจากนี้ Perdure and Nakamura (1976) นำกุ้งก้ามกรามอายุ 86 วัน มาเลี้ยงในน้ำจืดเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นปรับความเค็มเพิ่มขึ้นทีละน้อยจนถึงระดับความเค็ม 0, 2, 8.5 และ 15 ppt ระยะเวลาในการเลี้ยง 7 สัปดาห์ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 และ 2 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.58 และ 0.64 กรัม เนื่องจากกุ้งก้ามกรามที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มต่ำกุ้งก้ามกรามไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการรักษาสมดุลภายในร่างกายทำให้กุ้งก้ามกรามสามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ซึ่งต่างกับกุ้งที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้กุ้งก้ามกรามต้องควบคุมปริมาณไอออนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งกุ้งก้ามกรามต้องใช้พลังงานในกระบวนการรักษาสมดุลภายในร่างกายทำให้การเจริญเติบโตช้ากว่ากุ้งที่อยู่ในความเค็มต่ำ (Mu *et al.* 2005) นอกจากนี้กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อน้อยกว่ากุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น แสดงว่ากุ้งก้ามกรามที่อยู่ในน้ำที่มีระดับ 0 ppt จะทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ดีกว่าในน้ำที่มีความเค็มเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเค็มที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดสภาวะเครียดจึงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งลดลง (Vijayan and Diwan. 1995; Doeller *et al.* 2002) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพิ่มขึ้น เนื่องจากในสภาวะที่ความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงกุ้งก้ามกรามต้องใช้พลังงานในการรักษาสมดุลของไอออนภายในร่างกายเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ (Vijayan and Diwan. 1995) และยับยั้งเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนจึงทำให้การสังเคราะห์โปรตีนได้น้อยลง (Intanai *et al.* 2009)

อัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0 ppt มีอัตราการรอดสูงสุด 98.81 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับที่ระดับความเค็ม 8 และ 16 ppt และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการรอดลดลง แต่อัตราการรอดในการทดลองยังมีอัตราการรอดค่อนข้างสูงเนื่องจากใช้วิธีการเลี้ยงแบบแยกเดี่ยวทำให้สามารถป้องกันการกินกันเองของกุ้งก้ามกรามในช่วงของการลอกคราบ ซึ่งการทดลองที่ระดับความเค็ม 24 ppt มีอัตราการรอดน้อยที่สุด 94.05 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการทดลองของ Sandifer *et al.* (1975) พบว่ากุ้งก้ามกรามระยะโพสลาเวร์ที่เลี้ยงโดยมีการปรับความเค็มวันละ 2.5 ppt เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้การตายของกุ้งเพิ่มขึ้น และกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 24 ppt กุ้งที่

ตายจะมีลำตัวขาวขุ่น เคลื่อนที่ช้าและตายในที่สุด นอกจากนี้กุ้งบางตัวมีการตายขณะที่มีการลอกคราบ เนื่องจากในสถานะที่น้ำมีความเค็มสูงกุ้งก้ามกรามจะสูญเสียน้ำขณะมีการลอกคราบหรือกุ้งก้ามกราม เสียความสามารถในการควบคุมสมดุลของน้ำและไอออน (Singh. 1980; Wilder *et al.* 1998)

5.3 ผลของความเค็มต่อออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งก้ามกราม

ออสโมลาลิตีในเลือดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ มีค่าแปรผันตามระดับความเค็มน้ำภายนอกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลต่างระหว่างออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกทำให้ทราบถึงความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ในเลือดและน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อ osmotic pressure ของกุ้ง โดยจะมีค่าลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ที่ระดับความเค็มต่ำมีผลต่างระหว่างออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกสูง ทำให้ osmotic pressure ภายนอกตัวมีน้อยกว่าภายนอกจะเข้าสู่ร่างกายโดยกระบวนการ osmosis กุ้งจะต้องมีการกำจัดน้ำที่เข้าสู่ร่างกายออกและรักษาความเข้มข้นของของเหลวภายในร่างกายโดยการดึงไอออนต่างๆ ที่บริเวณเหงือก ในขณะที่กุ้งอยู่ในความเค็มที่เพิ่มขึ้นมีผลต่างระหว่างออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกลดลง เป็นผลทำให้ osmotic pressure ภายนอกตัวลดลงกุ้งต้องปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของน้ำและไอออนเพิ่มขึ้นและเมื่อเข้าสู่สถานะที่มีความเข้มข้นของของเหลวภายนอกมากกว่าภายในตัวกุ้ง ทำให้ต้องรักษาระดับน้ำในร่างกายขณะเดียวกันต้องมีการขับเกลือออกที่บริเวณเหงือก ซึ่งการที่ผลต่างของออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกสูงจะเป็นผลดีกับกุ้งเนื่องจากกุ้งไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการรักษาสมดุลของน้ำและไอออนมาก ซึ่งจากการทดลองที่ระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt มีค่าผลต่างของออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกสูง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ทั้งนี้เหงือกมีหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนไอออน โดยอาศัยการทำงานของ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump เนื่องจาก $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump ยังมีความสามารถในการทำงานเป็นปกติ ลักษณะโครงสร้างเหงือกยังเป็นปกติ ในขณะที่ความเค็ม 16 และ 24 ppt การทำงานของ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump เพิ่มมากขึ้นจนสูญเสียความสามารถในการรักษาสมดุลส่งผลให้โครงสร้างเหงือกผิดปกติ โดยปกติกุ้งก้ามกรามจะควบคุมออสโมลาลิตีในเลือดให้มีค่ามากกว่าน้ำภายนอก (hyperosmotic regulation) และจะรักษาระดับออสโมลาลิตีในเลือดให้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อความเค็มสูงขึ้นจนถึงระดับที่ออสโมลาลิตีในเลือดและน้ำมีค่าเท่ากัน (isosmotic) และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นมากกว่าจุด isosmotic ทำให้ระดับออสโมลาลิตีในเลือดจะต่ำกว่าน้ำภายนอก (hypoosmotic regulation) (Sandifer *et al.* 1975; Cheng *et al.* 2003; Wilder *et al.* 1998) ซึ่งจากการศึกษาของ Castille and Lawrence (1981) พบว่ากุ้ง *Macrobrachium ohione* สามารถควบคุมสมดุลการแลกเปลี่ยนน้ำไอออนได้เมื่ออยู่ในสถานะที่เป็น hyperosmotic แต่ในสถานะ hypoosmotic การควบคุมสมดุลน้ำและไอออนจะถูกจำกัดหรือไม่สามารถทำได้ ซึ่งจากผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในระดับความเค็ม 0 , 8, 16 และ 24 ppt ค่าออสโมลาลิตีในเลือดเท่ากับ

สภาพแวดล้อมภายนอก (isosmotic point) มีค่า 542 mOsm/kg ที่ความเค็ม 19.50 ppt ซึ่งจากการทดลองพบว่ากิ้งก่ามกรามที่เลี้ยงอยู่ในความเค็มที่ใกล้เคียงกับ isosmotic point สามารถเจริญเติบโตได้น้อย ทั้งนี้ที่ระดับดังกล่าวระหว่างการลอกคราบกิ้งก่ามกรามไม่สามารถดึงน้ำจากภายนอกเข้าภายในตัวได้เนื่องจากปริมาณไอออนภายในตัวและภายนอกมีค่าเท่ากันเป็นทำให้กิ้งก่ามกรามมีการเจริญเติบโตน้อย (Singh. 1980) ซึ่งกิ้งก่ามกรามจะปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในสภาวะต่างๆ ดังตารางที่ 5.1 อย่างไรก็ตามกิ้งก่ามกรามพยายามปรับออสโมลาลิตีในเลือดให้สูงขึ้นตามสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีความเค็มเพิ่มขึ้นได้ในระดับหนึ่ง แสดงให้เห็นว่ากิ้งก่ามกรามสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ ซึ่งกิ้งก่ามกรามต้องใช้พลังงานในการควบคุมกระบวนการขับไอออนเพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของของเหลวภายในร่างกายให้เข้าสู่ภาวะสมดุล โดยมีการลดขนาดของเยื่อเลือกผ่าน (permeable membrane) และกระบวนการรักษาสมดุลที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ Na^+ , K^+ -ATPase พบว่าจะมีค่าลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องลดการนำ Na^+ เข้าเซลล์ (Lima *et al.* 1997; McNamara and Lima. 1997)

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบความเค็มในการรักษาสมดุลน้ำและไอออนของกิ้งก่ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ระยะต่างๆ

ขนาดกิ้ง	ความเค็ม (ppt)			อ้างอิง
	hyper-osmotic	isosmoic point	hypo-osmotic	
โพสลาวา	0-18	17-18	18-35	Sandifer <i>et al.</i> (1975)
2-10 กรัม	0-15	-	24	Stern <i>et al.</i> (1987)
11-31 กรัม	0-14	14.5-15.6	>15.6	Cheng <i>et al.</i> (2003)
20-40 กรัม	0-15	15	15-28	Funge-Smith <i>et al.</i> (1995)

5.4 ผลของความเค็มต่อลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกิ้งก่ามกราม

ผลการทดลองเลี้ยงกิ้งก่ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าที่ระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกโดยกิ้งก่ามกรามมีลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกเป็นปกติ โครงสร้างของ gill filament ชั้น epithelium cell ทั้งสองมี pillar cell ช่วยค้ำจุนเหงือกและทำหน้าที่ในการส่งผ่านและควบคุมไอออนระหว่างภายในและภายนอกร่างกายกิ้งก่ามกรามให้อยู่ในสภาวะที่สมดุล (Freire *et al.* 2007) ในขณะที่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 16 ppt ผลต่างระหว่างออสโมลาลิตีในเลือดกับน้ำภายนอกลดลงเป็นผลทำให้ osmotic pressure ภายนอกตัวลดลงกิ้งก่ามกรามจึงต้องปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของน้ำและไอออนเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องรักษาระดับน้ำในร่างกายขณะเดียวกันต้องมีการขับเกลือออกที่บริเวณเหงือก จึงทำให้เหงือกมีโครงสร้างผิดปกติ โดยมีชั้น epithelium cell ขยายขนาด ไม่ปรากฏชั้น interlamellar

space ส่วนลักษณะที่เป็น pillar cell ไม่ชัดเจน และ hemolymph lacuna มีขนาดเล็กและเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 24 ppt เหงือกกุ้งก้ามกรามมีลักษณะผิดปกติเหมือนที่พบในระดับความเค็ม 16 ppt ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Freire and McNamara (1995) ที่เลี้ยงกุ้ง *Macrobrachium olfersii* ขนาดความยาว 4-5 เซนติเมตร ในระดับความเค็ม 0, 21 และ 28 ppt เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าที่ระดับความเค็ม 21 และ 28 ppt ส่งผลให้บริเวณเหงือกของกุ้งมี mitochondrial ขนาดใหญ่ขึ้น microvilli ที่บริเวณ pillar cell มีขนาดบางลง ทำให้ความหนาของ pillar cell ลดลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาในปลู *Chasmagnathus granulatus* ที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 34 ppt แล้วปรับความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 44 ppt (Genovese et al. 2000) และ 45 ppt (Luquet et al. 2002) พบว่ามี epithelium cell หนา mitochondria มีจำนวนมากและขยายใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกับ subcuticular ที่มีขนาดเพิ่มขึ้นและพบ septum น้อยมีลักษณะสั้นและขาดเป็นตอนๆ ไม่เชื่อมต่อกัน ทำให้เกิดการกีดขวางไม่ให้ไอออนซึมผ่าน ซึ่งเป็นการควบคุมปริมาณไอออนไม่ให้เข้ามาในร่างกายมากเกินไป และจากการที่ mitochondrial มีขนาดใหญ่ขึ้นเพราะต้องสร้างพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการขับไอออนออกจากร่างกาย (McNamara and Lima. 1997; Luquet. 1997) นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเค็ม 24 ppt gill filament ของกุ้งก้ามกรามถูกทำลายส่งผลให้ gill filament เชื่อมติดกันเนื่องจากกุ้งไม่สามารถปรับสภาพให้ทนต่อความเค็มที่สูงได้

จากการศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในความเค็ม 0 และ 8 ppt มีลักษณะ hepatopancreas ปกติ โดยเซลล์ hepatopancreas เรียงตัวเป็นระเบียบ ช่องว่างกลางท่อ hepatopancreas เป็นรูปดาว ในแต่ละท่อประกอบด้วยเซลล์บุผนัง 4 ชนิด คือ E-cell, F-cell, R-cell และ B-cell (Bhavan and Geradine. 2000) ซึ่ง R-cell สามารถเปลี่ยนเป็น B-cell ได้ในสถานะที่ไม่เหมาะสม เช่น ในสถานะที่กุ้งอดอาหาร (อนุตรา อัครจามร. 2534) รวมทั้งสถานะที่ต้องปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของร่างกายเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าที่ระดับความเค็มเพิ่มขึ้น 16 ppt โครงสร้างภายในท่อ hepatopancreas มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีจำนวน R-cell ลดลง แต่จำนวน B-cell เพิ่มขึ้น และเมื่อความเค็มเพิ่มเป็น 24 ppt ช่องว่างกลางท่อ hepatopancreas ขยายใหญ่ขึ้น และมีจำนวน R-cell ลดลง แต่ B-cell มีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0, 8 และ 16 ppt การที่จำนวน B-cell เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจาก B-cell ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์และหลั่งเอนไซม์ในการย่อยอาหาร (Al-Mohanna and Nott. 1989) เพื่อให้ได้สารอาหารที่มากพอในการนำไปใช้สร้างพลังงานในกระบวนการควบคุมสมดุลน้ำและไอออน โดยสารอาหารจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อใช้ในการรักษาสมดุลน้ำและไอออนส่งผลให้ R-cell มีจำนวนลดลง และในสถานะน้ำจืดหรือความเค็มต่ำในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามพบ R-cell เป็นจำนวนมาก เนื่องจาก R-cell ทำหน้าที่ดูดซึมสารอาหาร (Al-Mohanna and Nott. 1987) ซึ่งในสถานะปกติกุ้งก้ามกรามไม่ต้องการสูญเสียพลังงานไปใช้ในกระบวนการรักษาสมดุลสามารถดูดซึมสารอาหารเพื่อนำไปใช้ในการ

เจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ และที่ระดับความเค็ม 24 ppt พบช่องว่างกลางท่อ hepatopancreas ขยายใหญ่ขึ้นทำให้ E-cell, F-cell, R-cell และ B-cell มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ทำให้โครงสร้างเซลล์ต่างๆ มีขนาดเล็กลง (Huong *et al.* 2010) และผลจากการศึกษาเมื่อระดับความเค็มเปลี่ยนจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของเซลล์ภายใน hepatopancreas แล้วเซลล์เหล่านี้ยังสามารถเพิ่มขนาดได้ที่ระดับความเค็มสูง โดยจากรายงานของ Li *et al.* (2008) ศึกษาเลี้ยงกุ้ง *Litopenaeus vanamei* ในสภาวะปกติที่ระดับความเค็ม 22 ppt และทำการปรับระดับความเค็มให้เป็น 3, 17 และ 32 ppt พบว่ากุ้งที่เลี้ยงในความเค็ม 3 ppt มีจำนวน B-cell มากที่สุด และมีขนาดเพิ่มขึ้นที่ความเค็ม 32 ppt ส่วนกุ้งที่เลี้ยงในความเค็ม 17 ppt มีจำนวน R-cell มากที่สุด ซึ่งมีความเค็มใกล้เคียงกับความเค็มที่กุ้งอาศัยอยู่เป็นปกติ

5.5 ผลของคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ผลการทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.4-30.0 องศาเซลเซียส โดยทั่วไป กุ้งก้ามกรามสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 26-31 องศาเซลเซียส (New and Singholka. 1985) ซึ่งต่างจากการทดลองของ Tidwell *et al.* (2005) กุ้งก้ามกรามเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.00-7.75 ในการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-8.5 (New and Singholka. 1985) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chen and Chen (2003) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.2 ทำให้กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดสูงสุด และเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจะทำให้การกินอาหารและความถี่ในการลอกคราบลดลง เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างจะส่งผลต่อกระบวนการแลกเปลี่ยน Cl^- และ Na^+ ซึ่งโดยทั่วไป Cl^- จะแลกเปลี่ยนกับ HCO_3^- และ Na^+ จะแลกเปลี่ยนกับ H^+ หรือ NH_4^+ ซึ่งในสภาวะค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงสิ่งแวดล้อมจะมีปริมาณ H^+ มากและ HCO_3^- น้อยทำให้เพิ่มการขับ Na^+ และ H^+ จะเข้าสู่ภายในมากขึ้นทำให้เลือดของกุ้งมีสภาวะเป็นกรดและกุ้งจะตายในที่สุดจากการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.27-45.20 mS/cm ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะแปรผันตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าแสดงถึงความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าซึ่งตัวกลางที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าในน้ำคือไอออน ดังนั้นการนำไฟฟ้าของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบอนินทรีย์ที่แตกตัวให้ไอออนได้ ซึ่งในการทดลอง NaCl เป็นสารประกอบในน้ำที่แตกตัวให้ไอออน Na^+ และ Cl^- เมื่อความเค็มเปลี่ยนไป และมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 6.41-7.38 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามควรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 3-7 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ในการกระบวนการเมตาบอลิซึม (New and Valenti. 2000) ซึ่งจากการทดลองของ Cheng *et al.* (2003) พบว่าปริมาณออกซิเจนที่

ละลายในน้ำ 2.75 และ 1.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กุ้งก้ามกรามมีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าภาวะปกติ ซึ่งสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยจะส่งผลให้สรีรวิทยาของกุ้งผิดปกติ เช่น ความถี่ของการลอกคราบลดลง การเจริญเติบโตลดลง ปริมาณการแลกเปลี่ยน Cl^- , Na^+ และ K^+ ลดลง ส่งผลให้เลือดของกุ้งก้ามกรามมีสภาวะเป็นด่างและทำให้กุ้งตายในที่สุด ส่วนความเป็นด่างอยู่ในช่วง 71.3-117.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Adhikari *et al.* (2007) กุ้งก้ามกรามมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดที่ระดับความเป็นด่าง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากความเป็นด่างจะสัมพันธ์กับปริมาณแคลเซียมในน้ำซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการลอกคราบโดยจะเป็นตัวทำให้เปลือกใหม่แข็งหลังจากการลอกคราบ ถ้าปริมาณแคลเซียมในน้ำมีน้อยจะทำให้เปลือกใหม่ใช้เวลานานในการแข็งตัว นอกจากนี้ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.05-0.56 มิลลิกรัมต่อลิตรอยู่ในรูป un-ionized form อยู่ในช่วง 0-0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.01-0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรทอยู่ในช่วง 0.80-12.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ un-ionized form ที่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Mallassen and Valenti, 2005) ไนไตรท์น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (Mallassen and Valenti, 2006) และไนเตรทน้อยกว่า 160 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลจากการศึกษาคุณภาพน้ำในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 0 ppt มีจำนวนการลอกคราบมากที่สุดและระยะเวลาในการลอกคราบน้อยสุด และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น 8, 16 และ 24 ppt ทำให้การลอกคราบของกุ้งก้ามกรามลดลงและระยะเวลาในการลอกคราบเพิ่มขึ้น
2. กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการอดมากที่สุดในระดับความเค็ม 0 ppt และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการอดมีค่าลดลง ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดที่ระดับความเค็ม 0 ppt และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น
3. ค่าออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งก้ามกรามมีการปรับเมื่อความเค็มภายนอกเปลี่ยนไป โดยมีค่าออสโมลาลิตีในเลือดเท่ากับภายนอกตัวที่ 542 mOsm/kg หรือความเค็ม 19.50 ppt และกุ้งก้ามกรามอยู่ในสภาวะออสโมลาลิตีในเลือดมากกว่าภายนอกเมื่อความเค็มน้อยกว่า 19.50 ppt
4. เนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ของกุ้งก้ามกรามที่ระดับความเค็ม 0 และ 8 ppt มีลักษณะปกติ แต่เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นมากกว่า 16 ppt จะทำให้เนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ผิดปกติ โดยทำให้เหงือกมีลักษณะของชั้น epithelium หนาขึ้น hemolymph lacuna มีขนาดแคบลง pillar cell ไม่ชัดเจนและที่ความเค็ม 24 ppt จะพบ gill filament เชื่อมติดกัน ในขณะที่ hepatopancreas ที่ระดับความเค็มมากกว่า 16 ppt มีผลทำให้จำนวน R-cell ลดลง และจำนวน B-cell เพิ่มขึ้น ส่วนที่ความเค็ม 24 ppt ท่อ hepatopancreas มีลักษณะบางลง
5. คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยมี อุณหภูมิ 27.4-30.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.00-7.75 การนำไฟฟ้า 0.27-45.20 mS/cm ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 6.41-7.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 71.3-117.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.05-0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ 0.01-0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท 0.80-12.82 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในช่วงระดับความเค็ม 8-16 ppt ให้ละเอียดกว่านี้ เนื่องจากช่วงการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในการทดลองยังเป็นช่วงที่กว้าง ควรมีการศึกษาในช่วงความเค็ม 9-15 ppt ซึ่งอาจให้ผลการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตราการอด ออสโมลาลิตี ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกและ hepatopancreas ที่ต่างกัน ซึ่งจะช่วยให้ทราบระดับความเค็มที่ไม่ส่งผลกระทบต่อกุ้งก้ามกรามที่สูงกว่าความเค็ม 8 ppt

บรรณานุกรม

- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2549. สถิติหน่วยธุรกิจการประมง. กรุงเทพฯ : ศูนย์
สารสนเทศ กรมประมง.
- กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ. 2552. “การส่งออกสินค้าประมง.” การค้า
สินค้าประมงระหว่างประเทศ. 4(1) : 1-13. กรุงเทพฯ.
- นิติ ชูเชิด, ชลอ ลิมสุวรรณ, สาธิต ประเสริฐศรี, แก้วตา ลิมเฮง และ ประกอบ ทรัพย์ยอดแก้ว. 2552.
“การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด: เลี้ยงเดี่ยว, ผสมกุ้งก้ามกรามด้วยน้ำ
ความเค็มต่ำ.” หน้า 412-418. ใน รายงานการประชุมวิชาการเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยอดชาย วรรณสูตร. 2547. การศึกษาเบื้องต้นการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 53.
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 21 หน้า.
- สุมาลี แสนจันทร์. 2536. “ผลของความเค็มต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกราม
วัยรุ่นที่เลี้ยงในน้ำเกลือสินเธาว์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภาพ แก้วละเอียด และ จิรศักดิ์ สมทรง. 2550. การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามระยะ Post larva ด้วย
อาหารต่างชนิดกัน. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรม
ประมง, กรุงเทพฯ. 14 หน้า.
- สุริยะ จันทร์แก้ว. 2540. “ผลของแอมโมเนียและความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโต ระยะเวลาการ
ลอกคราบและปริมาณแคลเซียมในเปลือกของกุ้งกุลาดำ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุตรา อัครจามร. 2534. “การศึกษาเนื้อเยื่อของกุ้งกุลาดำ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Adhikari, S., Chaurasia, V.S., Naqvi, A.A. and Pillai, B.R. 2007. “Survival and growth of
Macrobrachium rosenbergii (de Man) juvenile in relation to calcium hardness and
bicarbonate alkalinity.” *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 7 : 23-26.
- Al-Mohanna, S.Y. and Nott, J.A. 1987. “R-cell and the digestive cycle in *Penaeus semisulcatus*
(Crustacea : Decapoda).” *Marine Biology*. 95 : 129-137.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ด้วย (สงวนลิขสิทธิ์) ให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Al-Mohanna, S.Y. and Nott, J.A. 1989. "Functional cytology of the hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea : Decapoda) during molt cycle." **Marine Biology**. 102 : 535-544.
- APHA. 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. Washington D.C. : American Public Health Association.
- Balasundaram, C., Jeyachitra, P. and Balamurugan, P. 2004. "Shelter preference in *Macrobrachium* spp. with reference to aquaculture." **Original Article**. 7 : 95-101.
- Bhavan, P.S. and Geraldine, P. 2000. "Histopathology of the hepatopancreas and gills of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* exposed to endosulfan." **Aquatic Toxicology**. 50 : 331-339.
- Brown, J.H., Wickins, J.F., and Maclean, M.H. 1991. "The effect of water hardness on growth and carapace mineralization of juvenile freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* de Man." **Aquaculture**. 95 : 329-345.
- Camargo, J.A , Alonso, A. and Salamanca, A. 2005. "Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates." **Chemosphere**. 58 : 1255-1267.
- Castanon-Cervantes, O., Lugo, C., Aguilar, M., Gonzalez-Moran, G. and Fanjul-Moles, M.L. 1995. "Photoperiodic induction on the growth rate and gonads maturation in the crayfish *Procambarus clarkii* during ontogeny." **Comparative Biochemistry and Physiology**. 110 : 139-146.
- Castille, F.L. and Lawrence, A.L. 1981. "The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentration in hemolymph of freshwater shrimp, *Macrobrachium ohione* Smith and *Macrobrachium rosenbergii* De Man." **Comparative Biochemistry and Physiology**. 70A : 47-52.
- Chang, E.S. 1995. "Physiological and biochemical changes during the molt cycle in decapod crustaceans: an overview." **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 193 : 1-14.
- Chen, J.C. and Kou, T.T. 1996. "Effect of temperature on oxygen consumption and nitrogenous excretion of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*." **Aquaculture**. 145 : 295-303.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

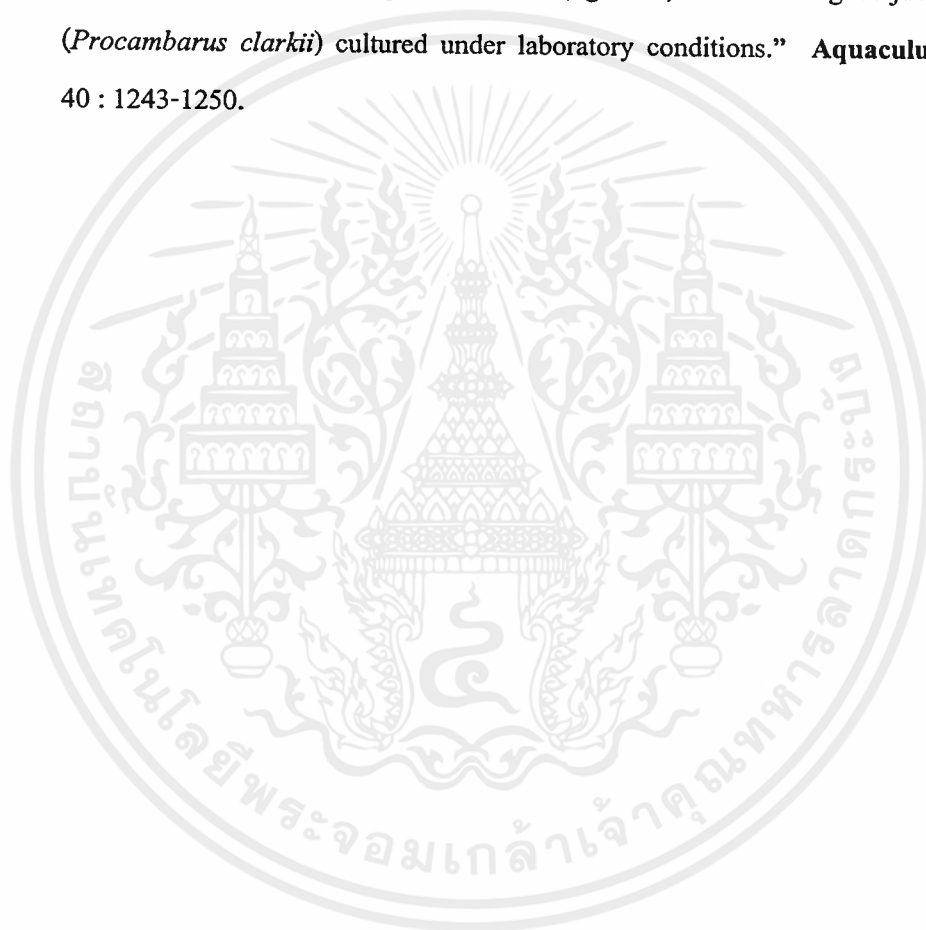
- Chen, J.C. and Lee, Y. 1997. "Effects of nitrite exposure on acid-base balance, respiratory protein, and ion concentrations of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* at low pH." **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**. 33 : 290-297.
- Chen, S.M. and Chen, J.C. 2003. "Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*." **Aquaculture**. 218 : 613-623.
- Cheng, W., Liu, C.H. and Kuo, C.M. 2003. "Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)." **Aquaculture**. 220 : 843-856.
- Compere, P., Wanson, S., Pequeux, A., Gilles, R. and Goffinet, G. 1989. "Ultrastructural changes in the gill epithelium of the green crab *Carcinus maenas* in relation to external salinity." **Tissue & Cell**. 21 : 299-318.
- Doeller, J.E., Kraus, D.W. and Watts, S.A. 2002. "Effects of temperature and salinity on weight gain, oxygen consumption rate, and growth efficiency in juvenile red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*." **Journal of the World Aquaculture Society**. 33 : 188-189.
- Freire, C.A. and McNamara, J.C. 1995. "Fine structure of gill of the fresh-water shrimp *Macrobrachium olfersii* (decapoda): effect of acclimation to high salinity medium and evidence for involvement of the lamellar septum in ion uptake." **Journal of Crustacean Biology**. 15(1) : 103-116.
- Freire, C.A., Onken, H. and McNamara, J.C. 2007. "A structure-function analysis of ion transport in crustacean gills and excretory organs." **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**. 151 : 272-304.
- Funge-Smith, S.J., Taylor, A.C., Whitley, J. and Brown, J.H. 1995. "Osmotic and ionic regulation in the giant Malaysian fresh water prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man), with special reference to strontium and bromine." **Comparative Biochemistry and Physiology**. 110 : 357-365.
- Genovese, G., Luquet, C.M., Paz, D.A., Sora, G.A. and Pellerano, G.N. 2000. "The morphometric changes in the gills of the estuarine crab *Chasmagnathus granulatus* under hyperegulation and hyporegulation conditions are not caused by proliferation of specialized cells." **Journal of Anatomy**. 197 : 239-246.

- Genovese, G., Luchrtti, C.G., and Luquet, C.M. 2004. "Na⁺/K⁺-ATPase activity and gill ultrastructure in the hyper-hypo-regulating crab *Chasmagnathus granulatus* acclimated to dilute, normal, and concentrated seawater." **Marine Biology**. 144 : 111-118.
- Humason, G.L. 1979. **Animal Tissue Techniques**. 4th. San Francisco : W H Freeman and Company.
- Huong, D.T.T., Wang, T., Bayley, M. and Phuong, N.T. 2010. "Osmoregulation, growth and moulting cycles of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) at different salinities." **Aquaculture Research**. 1-9.
- Intanai, I. Taylor, E.W. and Whiteley, N.M. 2009. "Effects of salinity on rates protein synthesis and oxygen uptake in the post-larvae and juveniles of the tropical prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)." **Comparative Biochemistry and Physiology**. 152 : 372-378.
- Kibria, G. 1993. "Studies on molting, molting frequency and growth of shrimp (*Penaeus monodon*) fed on natural and compounded diets." **Asian Fisheries Science**. 6 : 203-211.
- Li, E., Chen, L., Zeng, C., Yu, N., Xiong, Z., Chen, X. and Qin, J.G. 2008. "Comparison of digestive and antioxidant enzymes activities, haemolymph oxyhemocyanin contents and hepatopancreas histology of white shrimp *Litopenaeus vannamei* at various salinities." **Aquaculture**. 274 : 80-86.
- Lima, A.G., McNamara, J.C. and Terra, W.R. 1997. "Regulation of hemolymph osmolytes and gill Na⁺/K⁺-ATPase activities during acclimation to saline media in the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae)." **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 215 : 81-91.
- Ling, S.W. 1969. "The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)." **FAO Fisheries Report**. 57 : 589-606.
- Luquet, C., Pellerano, G. and Rosa, G. 1997. "Salinity-induced changes in the fine structure of the gills of the semiterrestrial estuarine crab, *Uca uruguayensis* (Nobili, 1901) (Decapoda, Ocypodidae)." **Tissue & Cell**. 29 : 495-501.
- Luquet, C.M., Genovese, G., Sora, G.A. and Pellerano, G.N. 2002. "Ultrastructural changes in the gill epithelium of the crab *Chasmagnathus granulatus* (Decapoda: Grapsidae) in diluted and concentrated seawater." **Marine Biology**. 141 : 753-760.

- Mallasen, M. and Valenti, W.C. 2005. "Larval development of the giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* at different ammonia concentrations and pH values." **Journal of the World Aquaculture Society**. 36 : 32-41.
- Mallasen, M. and Valenti, W.C. 2006. "Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*." **Aquaculture**. 261 : 1292-1298.
- McNamara, J.C. and Lima, A.G. 1997. "The route of ion and water movements across the gill epithelium of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (decapoda: palaemonidae): evidence from ultrastructural changes induced by acclimation to saline media." **The Biological Bulletin**. 192 : 321-331.
- Mente, E. 2008. **Reproductive Biology of Crustaceans**. India : Science.
- Mu, Y., Wang, F., Dong, S., Huang, G. and Dong, S. 2005. "Effect of salinity fluctuation pattern on growth and energy budget of juvenile shrimp *Fenneropenaeus chinensis*." **Journal of Shellfish Research**. 24 : 1217-1221.
- Nair, K.K.C., Branislav, M., Rosenthal, H., Jayalakshmi, K.V. and Nost, J. 1996. "Experimental studies on the cannibalistic habit of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)." **The Fourth Indian Fisheries Forum Proceeding**. 26 : 227-232.
- Naqvi, A.A., Adhikari, S., Pillai, B.R. and Sarangi, N. 2007. "Effect of ammonia-N on growth and feeding of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)." **Aquaculture Research**. 38 : 847-851.
- New, M.B. and Singholka, S. 1985. **Freshwater Prawn Farming, a Manual for the Culture of *Macrobrachium rosenbergii***. United Kingdom : FAO fisheries technical paper.
- New, M.B. and Valenti, W.C. 2000. **Freshwater Prawn Culture the Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Hong Kong : Bestest Typesetters.
- New, M.B. 2002. **Freshwater Prawn Farming, a Manual for the Culture of the Giant River Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)**. United Kingdom : FAO fisheries technical paper.
- New, M.B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R. and Kutty, M.N. 2009. **Freshwater Prawns : Biological and Farming**. Singapore : Wiley-Blackwell publishing.
- Niu, C., Lee, D., Goshima, S. and Nakao, S. 2003. "Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) postlarvae." **Aquaculture Research**. 34 : 501-506.

- Palacios, E. and Racotta, I.S. 2007. "Sanility stress test and its relation to future performance and different physiological responses in shrimp postlarvae." *Aquaculture*. 268 : 123-135.
- Perdue, J.A. and Nakamura, R. 1976. "The effect of salinity on the growth of *Macrobrachium rosenbergii*." Cited by Singh, T. 1980. "The isoosmotic concept in regulation to the aquaculture of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*." *Aquaculture*. 20 : 251-256.
- Romano, N. and Zeng, C. 2009. "Subchronic exposure to nitrite, potassium and their combination on survival, growth, total haemocyte count and gill structure of juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*." *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72 : 1287-1295.
- Sandifer, P.A., Hopkins, J.S. and Smith, T.I.J. 1975. "Observations on salinity tolerance and osmoregulation in laboratory-reared *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae (Crustacea:Caridea)." *Aquaculture*. 6 : 103-114.
- Singh, T. 1980. The isoosmotic concept in regulation to the aquaculture of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 20 : 251-256.
- Stern, S., Borut, A. and Cohen, D. 1987. "Osmotic and ionic regulation of the prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) adapted to varying salinities and ion concentrations." *Comparative Biochemistry and Physiology*. 86 : 373-379.
- Stoffel, L.A. and Hubschman, J.H. 1974. "Limb loss and molt cycle in the freshwater shrimp, *Palaemonetes kadiakensis*." *The Biological Bulletin*. 147 : 203-212.
- Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R., Coyle, S.D. and Yashrian, D. 2005. "Overview of recent research and development in temperate culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) in the South Central United States." *Aquaculture Research*. 36 : 264-277.
- Vijayan, K.K. and Diwan, A.D. 1995. "Influence of temperature, salinity, pH and light on molting and growth in the Indian white prawn *Penaeus indicus* (crustacean: decapoda: penaeidae) under laboratory conditions." *Asian Fisheries Science*. 8 : 63-72.
- Weis, J.S. 1976. "Effects of environmental factors on regeneration and molting in fiddler crabs." *The Biological Bulletin*. 150 : 152-162.
- Wickins, J.F. 1972. "Experiments on the culture of spot prawn, *Pandalus platyceros* Brandt, and the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)." Cited by Singh, T. 1980. "The isosmotic concept in regulation to the aquaculture of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*." *Aquaculture*. 20 : 251-256.

- Wickins, J.F. 1976. "The tolerance of warm-water prawns to recirculated water." **Aquaculture**. 9 : 19-37.
- Wilder, M.N., Ikuta, V., Atmomarsono, M., Hatta, T. and Komuro, K. 1998. "Changes in osmotic and ionic concentrations in the hemolymph of *Macrobrachium rosenbergii* exposed to varying salinities and correlation to ionic and crystalline composition of the cuticle." **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**. 119 : 941-950.
- Yue, C.F., Wang, T.T., Feng, Y. and Deng, Y. 2009. "Effect of combined photoperiod, water calcium concentration and pH on survival, growth, and moulting of juvenile crayfish (*Procambarus clarkii*) cultured under laboratory conditions." **Aquaculture Research**. 40 : 1243-1250.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 สารละลาย Davison's fixative

สารเคมี	ปริมาณ (มิลลิลิตร)
95% ethyl alcohol	330
100% formalin (formaldehyde 37-39%)	220
glacial acetic acid	115
น้ำกลั่น	335

ตารางผนวกที่ 2 สารละลาย 10%buffer formalin

สารเคมี	ปริมาณ
37-40% formalin conc	100 มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	900 มิลลิลิตร
sodium phosphate monobasic ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	4 กรัม
sodium phosphate dibasic (NaH_2PO_4)	6.5 กรัม

ตารางผนวกที่ 3 สีย้อม eosin

สารเคมี	ปริมาณ (มิลลิลิตร)
eosin 1% aqueous solution stock	50
95% alcohol	120
น้ำกลั่น	30
glacial acetic acid	1

หมายเหตุ ควรเตรียมก่อนใช้ 2-3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ขั้นตอน automatic processor (Humason, 1979)

ขั้นตอนที่	สารละลาย	เวลา (ชั่วโมง)
1	50% alcohol	0.5 - 1
2	70% alcohol	0.5 - 1
3	95% alcohol I	0.5 - 1
4	95% alcohol II	0.5 - 1
5	95% alcohol III	0.5 - 1
6	100% alcohol I	0.5 - 1
7	100% alcohol II	0.5 - 1
8	100% alcohol II	0.5 - 1
9	chroloform I	1.5-2
10	chroloform II	1.5-2
11	paraffin I	2
12	paraffin II	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ขั้นตอนการย้อมสี H&E

ขั้นตอนที่	สารละลาย	เวลา (นาที)
1	xylene I	3-5
2	xylene II	3-5
3	absolute alcohol I	2
4	absolute alcohol II	2
5	95% alcohol	1-2
6	70% alcohol	1-2
7	แช่ในน้ำประปาไหลผ่านช้าๆ	3-5
8	hematoxylin staining	1-5
9	ล้างสีออกด้วยน้ำประปาไหลผ่านช้าๆ	3-5
10	แอมโมเนีย 1 หยดในน้ำประปา	3-5
11	ล้างสีออกด้วยน้ำประปาไหลผ่านช้าๆ	3-5
12	70% alcohol	1-2
13	95% alcohol	1-2
14	eosin staining (95% alcohol solution)	1-3
15	absolute alcohol I	1-2
16	absolute alcohol II	1-2
17	absolute alcohol III	1-2
18	xylene I	2-3
19	xylene II	2-3
20	xylene III	2-3
21	mount ด้วย permount	

หมายเหตุ นิวเคลียสติดสีน้ำเงินม่วง ส่วนไซโตพลาสซึมติดสีชมพูแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธนิกานต์ บัวจันทร์
วัน เดือน ปีเกิด	27 มกราคม 2527 ที่นครศรีธรรมราช
ที่อยู่	56/5 หมู่ 6 ตำบลแหลม หัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช 80170
ประวัติการศึกษา	2549 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต ออสโมลาลิตี และลักษณะทางเนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงแบบแยกเดี่ยว
นักศึกษา	นางสาวธนิกานต์ บัวจันทร์
รหัสประจำตัว	50065903
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

บทคัดย่อ

การทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) แบบแยกเดี่ยวในบ่อคอนกรีต ที่ระดับความเค็มต่างๆ เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโต อัตรารอด ออสโมลาลิตี ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก hepatopancreas และคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยการทดลองมีความเค็มเป็นปัจจัย แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ 0, 8, 16 และ 24 ppt แต่ละชุด การทดลองปล่อยกุ้งก้ามกรามขนาด 3.72-3.78 กรัม จำนวน 21 ตัว เลี้ยงแบบแยกเดี่ยวเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในความเค็ม 0 ppt มีจำนวนการลอกคราบมากที่สุด 2.45 ± 0.06 ครั้ง/ตัว แตกต่างจากที่ระดับความเค็ม 8, 16 และ 24 ppt ($P < 0.05$) การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามดีที่สุดที่ระดับความเค็ม 0 ppt โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 8.31 ± 0.50 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน 0.072 ± 0.006 กรัม/ตัว/วัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.32 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.62 ± 0.06 นอกจากนี้ยังมีอัตราการรอดสูงสุด 98.81 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์ ออสโมลาลิตีในเลือดกุ้งมีค่า 456.87 ± 6.40 , 475.88 ± 5.86 , 505.81 ± 4.75 และ 607.31 ± 6.88 mOsm/kg ที่ระดับความเค็ม 0, 8, 16 และ 24 ppt ตามลำดับ เนื้อเยื่อเหงือกที่ความเค็ม 0 และ 8 ppt เป็นปกติ ส่วนที่ความเค็ม 16 และ 24 ppt จะทำให้เนื้อเยื่อชั้น epithelium หนาขึ้น hemolymph lacuna มีขนาดแคบลง septum ไม่ชัดเจน และพบ gill filament เชื่อมติดกันที่ความเค็ม 24 ppt ส่วน hepatopancreas ที่ความเค็มมากกว่า 16 ppt มีผลทำให้จำนวน R-cell ลดลง และจำนวน B-cell เพิ่มขึ้น ส่วนที่ความเค็ม 24 ppt ท่อ hepatopancreas มีลักษณะบางลง คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามโดยมีค่าอุณหภูมิ $27.4-30.0$ องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง $7.00-7.75$ การนำไฟฟ้า $0.27-45.20$ mS/cm ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ $6.41-7.38$ มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็ม $71.3-117.3$ มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย $0.05-0.56$ มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ $0.01-0.44$ มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท $0.80-12.82$ มิลลิกรัมต่อลิตร