รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การศึกษาแหล่งที่มาและการใช้แร่ธาตุหลักในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และกุ้งขาวในระบบการเลี้ยงแบบปิด

A STUDY ON MAJOR MINERALS BUDGET IN GIANT FRESHWATER SHRIMP (*Macrobrachium rosenbergii*) AND WHITE LEG SHRIMP *(Litopenaeus vanamei*) CLOSED SYSTEM CULTURE

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2548
จำนวน 583,300.00 บาท

หัวหน้าโครงการ กระสินธุ์ หังสพฤกษ์
ผู้ร่วมโครงการ บุญรัตน์ ประทุมชาติ
ประเสริฐ ประสงค์ผล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
30 กันยายน 2548

197/49

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาแหล่งที่มาและการใช้แร่ธาตุหลักในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและกุ้งขาวในระบบการเลี้ยงแบบปิด ประจำปีงบประมาณ 2548 ครั้งนี้ ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

คณะผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ๒๕๗๗ สำนักหอสมุด

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	2
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการทดลอง	18
วิจารณ์ผลการทดลอง	21
สรุปผลการทดลอง	24
เอกสารอ้างอิง	25

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ๒๕๗๗ สำนักหอสมุด

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณแร่ธาตุในน้ำเค็มที่เตรียมจากแหล่งต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน	18
2. อัตราการรอดของลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยน้ำเค็มจากแหล่งต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน	19
3. อัตราการรอดของลูกกุ้งที่อนุบาลในตู้ที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดและติดตั้งระบบบำบัดไนไตรท์และแอมโมเนีย	19
4. ปริมาณแร่ธาตุในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันในตู้ที่มีระบบน้ำแบบปิด	21
5. อัตราการรอดของลูกกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่ความเค็ม 5, 10 และ 15 ส่วนในพัน	21

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. องค์ประกอบหลักของเปลือกปูม้าในรอบวงจรการลอกคราบ	8
2. ตู้ทดลองที่ติดตั้งระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์	12
3. ระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์	13
4. กระชังผ้าไหมแก้วขนาด 15 x 15 x 15 ซ.ม.	13
5. กล่องพลาสติกอเนกประสงค์ขนาดความจุ 50 ลิตร	13
6. ระยะพัฒนาการของลูกกุ้งตั้งแต่ระยะที่ 1 จนเริ่มเข้าระยะ postlarvae	20
7. อุณหภูมิตลอดการทดลอง	20
8. ความเค็มตลอดการทดลอง	20

การศึกษาแหล่งที่มาและการใช้แร่ธาตุหลักในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และกุ้งขาวในระบบการเลี้ยงแบบปิด

A STUDY ON MAJOR MINERALS BUDGET IN GIANT FRESHWATER SHRIMP (*Macrobrachium rosenbergii*) AND WHITE LEG SHRIMP *(Litopenaeus vanamei*) CLOSED SYSTEM CULTURE

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์[1] บุญรัตน์ ประทุมชาติ[2] ประเสริฐ ประสงค์ผล[1]

KRASINDH HANGSAPREUKE[1] BOONYARATH PRATOOMCHAT[2]

PRASERT PRASONGPHOL[1]

[1]คณะเทคโนโลยีทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[2]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดปริมาณการใช้น้ำเค็มในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม และการใช้แร่ธาตุในน้ำ ตั้งแต่มีพัฒนาการระยะที่ 1 จนถึงระยะ postlarvae โดยใช้น้ำเค็มที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพันที่เตรียมจาก ผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) เป็นทรีตเมนต์ที่ 3 น้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ (ConcSW) เป็นทรีตเมนต์ที่ 1 และน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์ (UndgSW) เป็นทรีตเมนต์ที่ 2 ผลการวิเคราะห์แร่ธาตุจากน้ำเค็มทั้ง 3 แหล่งพบว่า UndgSW มีปริมาณ แมกนีเซียม โปแตสเซียม และ แคลเซียม ต่ำ เมื่อชดเชยแร่ธาตุแล้วนำไปใช้อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในระบบแบบเปิด ในการทดลองที่ 2 พบว่า UndgSW มีอัตราการรอด 0% ส่วน ArtSW และ ConcSW มีอัตราการรอดไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เท่ากับ 44.30$\pm$5.22 และ 43.57$\pm$2.06 % ตามลำดับ มีอัตราการใช้น้ำประมาณ 300 L และในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดในการทดลองที่ 3 มีอัตราการรอด 11.26$\pm$7.78 และ 18.63$\pm$3.21 % ตามลำดับ($P>0.05$) มีอัตราการใช้น้ำ 50 ลิตร เมื่อนำน้ำที่ใช้อนุบาลในการทดลองที่ 3 (ArtSW และ ConcSW) ก่อนเริ่มการทดลอง และเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุพบว่า แมกนีเซียมมีการลดลงทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณโปแตสเซียม

และ แคลเซียมไม่มีการเปลี่ยนแปลง (P>0.05) จากการทดลองสรุปได้ว่า สามารถใช้ผงเกลือสำเร็จรูปแทนการใช้น้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ และระบบน้ำหมุนเวียนแบบวงจรปิดสามารถนำมาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามได้ทำให้สามารถลดอัตราการใช้น้ำเค็ม 6 เท่า ส่วนการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่ภาคเหนือโดยใช้น้ำเค็มที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดโดยใช้น้ำที่มีความเค็มต่ำนั้นทำให้ได้ผลผลิตที่ต่ำ

Abstract

This study aimed to decrease saline water using and determine 5 major elements consumption from 15 ppt. rearing water in the giant freshwater prawn nursery during development stage 1 to postlarvae stage. The first experiment was to determine Na, Mg, K and Ca in underground salt saline water (UndgSW) as treatment3, artificial saline water prepared from commercial instant sea salt for artificial seawater making (ArtSW) as treatment1 and concentrated seawater from salt mining dilution (ConcSW) as treatment2 and at 15 ppt. The result of rearing water determination was UndgSW contain low Mg, K and Ca. UndgSW was supplemented and used in the second experiment for larval rearing water compare to ArtSW and ConcSW . Survival rate of ArtSW and ConcSW in 50L opened water system was 44.30±5.22 and 43.57±2.06 % (P>0.05) with 300L saline water using and UndgSW showed 0% survival rate. While ArtSW and ConcSW in 50L closed circulatory saline water system showed 11.26±7.78 and 18.63±3.21 % (P>0.05) survival rate with 50L saline water using. Magnesium concentration of rearing water before the third experiment beginning compared to the end the result showed the significant declination, while potassium and calcium showed non significant result. The conclusion of closed circulatory saline water was 6 times saline water saving for each experimental units and artificial seawater prepared from commercial instant sea salt can be use instead of concentrated seawater from salt mining

คำนำ

กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*, Giant freshwater prawn) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่เกษตรกรให้ความนิยมในการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ในปี 2000 มีผลผลิตกุ้งก้ามกรามทั่วโลกถึง 118,501 ตัน คิดเป็นมูลค่า 410,001 พันล้านดอลลาร์ (FAO, 2000) ในปัจจุบันได้มีการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามกันอย่างแพร่หลายในเขตภาคเหนือ ซึ่งมีพื้นที่เลี้ยงกุ้งก้ามกรามส่วนมากอยู่ที่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพิจิตร และจังหวัดเชียงใหม่ รวมกันประมาณ 2,000 ไร่ แต่ในการเพาะเลี้ยงประสบปัญหาการขาดแคลนลูกกุ้ง เนื่องจากในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามนั้นจำเป็นต้องใช้น้ำทะเลที่มีความเค็มในช่วง 12-18 ส่วนในพัน ทำให้ในเขตภาคเหนือและภาคอีสานไม่มีการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามเชิงพาณิชย์ นอกเสียจากจะใช้ในการเรียนการสอน และการวิจัยในสถาบันอุดมศึกษา และหน่วยงานของกรมประมงเท่านั้น ทำให้เกษตรกรมีความจำเป็นต้องซื้อลูกกุ้งมาจากฟาร์มเพาะเลี้ยงจากภาคกลาง ทำให้ลูกกุ้งมีราคาสูง (ตามฤดูกาล) ลูกกุ้งที่ซื้อมาอ่อนแอ และมีอัตราการรอดตายต่ำ เนื่องจากการขนส่ง ส่วนกุ้งขาว (*Litopenaeus vanamei*) เป็นสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงกุ้งนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง จากสถิติ FAO, 2000 พบว่าในปี 2543 มีผลผลิตกุ้งขาวทั่วโลกถึง 143,737 ตัน คิดเป็นเงิน 878,324 billion US ดอลลาร์

กุ้งขาวเป็นกุ้งทะเลที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลาย ๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา นิคารากัว คอสตาริกา ปานามา โคลัมเบีย อิควาดอร์ และ เปรู กุ้งสายพันธุ์นี้เป็น กุ้งที่มีความแข็งแรงและทนทานจึงมีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้กว้างไกล ในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโกถึงเปรู เนื่องจากภูมิภาคในแถบนี้ที่ระดับความลึกจากเส้นแนวชายฝั่งลงไปประมาณ 72 เมตรหรือ 235 ฟุต มีพื้นท้องทะเลเป็นเหมือนโคลนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ประเทศอิควาดอร์เป็นประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ที่มีฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งลูกกุ้ง พ่อ-แม่พันธุ์ (กมลศิริ พันธนียะ, 2546)

จากการที่เกษตรกรประสบปัญหาด้านโรค ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปัญหาการเลี้ยงกุ้งที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาทำการเพาะเลี้ยงเพื่อทดแทนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ในการเจริญเติบโต การสร้างเปลือกใหม่ และการลอกคราบของกุ้งนั้นจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับการปรับตัวด้านสรีรวิทยา การได้มาของแหล่งอิออนของสารอนินทรีย์ ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงใกล้ชิดกับสารประกอบอินทรีย์ระหว่างกระบวนการสร้างเปลือก ดังนั้นความสำเร็จในการ

เลี้ยงกุ้งจึงขึ้นกับความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็มน้ำ

โดยทั่วไปแล้วองค์ประกอบของเปลือกสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนนั้นจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลักและมีแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม โปแตสเซียม เป็นองค์ประกอบรองลงมา จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าความเค็มของน้ำเกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณแร่ธาตุในน้ำซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรการลดปริมาณการใช้น้ำเค็มในการเพาะและอนุบาลนั้นจึงมีความสำคัญต่อการลดต้นทุนในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามได้ และหากสามารถเลี้ยงขาวในพื้นที่ภาคเหนือโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด ก็จะเพิ่มโอกาสในการประกอบอาชีพให้เกษตรกรได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคิดค้นและพัฒนาระบบน้ำเค็มแบบหมุนเวียนในการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม
2. เพื่อศึกษาความต้องการในการใช้แร่ธาตุจากน้ำเค็มในการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม
3. เพื่อศึกษาความต้องการในการใช้แร่ธาตุจากน้ำเค็มที่ใช้เลี้ยงและศึกษาความเป็นไปได้ในการเลี้ยงกุ้งขาวในเขตภาคเหนือโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด

การตรวจเอกสาร

กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่เกษตรกรให้ความนิยมในการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ในปี 2000 มีผลผลิตกุ้งก้ามกรามทั่วโลกถึง 118,501 ตัน คิดเป็นมูลค่า 410,001 พันล้านดอลลาร์ (FAO, 2000) ในปัจจุบันได้มีการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามกันอย่างแพร่หลายในเขตภาคเหนือ แต่ต้องซื้อลูกกุ้งมาจากฟาร์มในภาคกลาง และต้องทำการขนส่งลูกกุ้งมาทางเครื่องบิน ซึ่งทำให้ประสบปัญหาการขาดแคลนลูกกุ้ง ลูกกุ้งมีราคาสูง (ประมาณตัวละ 1 บาท ขึ้นอยู่กับฤดูกาล) อ่อนแอ และมีอัตราการรอดตายต่ำ

กุ้งขาว (*Litopenaeus vanamei*) เป็นสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงกุ้งนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง จากสถิติ FAO, 2000 พบว่าในปี 2543 มีผลผลิตกุ้งขาวทั่วโลกถึง 143,737 ตัน คิดเป็นเงิน 878,324 billion US ดอลลาร์

ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวคือ ลำตัวมี 8 ปล้องและมีสีขาว หน้าอกใหญ่ มีการเคลื่อนไหวได้เร็ว ส่วนหัวมี 1 ปล้อง มีกรีอยู่ในระดับยาวประมาณ 0.8 เท่าของความยาวเปลือกหัวสันกรีสูง ปลายกรีแคบ ส่วนของกรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมมีสีแดงอมน้ำตาล กรีด้านบนมี 8 ฟัน กรีด้านล่างมี 2 ฟัน ร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด เปลือกหัวสีขาวอมชมพูถึงแดง ขาเดินมีสีขาวเป็นลักษณะที่โดดเด่น หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม ส่วนตัวมี 6 ปล้อง เปลือกตัวสีขาวอมชมพูถึงแดง เปลือกบาง ขาว่ายน้ำ 5 คู่ มีสีขาวข้างในที่ปลายมีสีแดง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบและ 1 กรีหาง ขนาดตัวที่โตสมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งสายพันธุ์นี้จะมีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ หากินทุกระดับความลึกของน้ำ ชอบว่ายล่องน้ำแก่ง ลอกคราบเร็วทุก ๆ สัปดาห์ และไม่หมกตัวในโคลนเลน กุ้งขาวกุ้งทะเลที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลาย ๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา นิคารากัว คอสตาริกา ปานามา โคลัมเบีย อิควาดอร์ และเปรู กุ้งสายพันธุ์นี้เป็น กุ้งที่มีความแข็งแรงและทนทานจึงมีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้กว้างไกล ในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโกถึงเปรู เนื่องจากภูมิภาคในแถบนี้ที่ระดับความลึกจากเส้นแนวชายฝั่งลงไปประมาณ 72 เมตรหรือ 235 ฟุต มีพื้นท้องทะเลเป็นเหมือนโคลนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ประเทศอิควาดอร์เป็นประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ที่มีฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งลูกกุ้ง พ่อ-แม่พันธุ์ (กมลศิริ พันธนียะ, 2546) จากการที่เกษตรกรประสบปัญหาด้านโรค ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปัญหาการเลี้ยงกุ้งที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาทำการเพาะเลี้ยงเนื่องจากกุ้งขาวมีคุณสมบัติที่ดีแตกต่างจากกุ้งกุลาดำหลายประการดังนี้คือ

1. ทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 0.5 ส่วนในพัน ถึง 45 ส่วนในพัน โดยจะมีการเจริญเติบโตได้ดีในช่วง 10-30 ส่วนในพัน

2. เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิกว้างคือ 24-32 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส

3. ทนต่อสภาพออกซิเจนต่ำได้ดี พบว่าแม้ออกซิเจนต่ำถึง 0.8 ส่วนในล้าน เป็นเวลาหลายชั่วโมง ก็ยังไม่ตายแต่ การเจริญเติบโตจะดี ถ้าออกซิเจนมีค่าตั้งแต่ 4 ส่วนในล้าน ขึ้นไป

4. พีเอชที่เหมาะสมคือ 7.0 - 8.5 ถึงแม้ว่าในบางครั้งพีเอชจะสูงถึง 10 ก็ยังสามารถทนทานได้

5. ใช้อาหารโปรตีนต่ำ ทำให้ต้นทุนการผลิตถูกลง นอกจากยังสามารถใช้อาหารธรรมชาติจากบ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ อัตราแลกเนื้อต่ำ โดยทั่วไปถ้าให้อาหารถูกต้องจะต่ำกว่า 1.5

6. ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อสูงถึง 66 - 68% (กุ้งกุลาดำให้เพียง 62%)

7. ตลาดมีความต้องการสูง และมีตลาดทั่วโลก โดยเฉพาะตลาดอียู และอเมริกา

ในการให้อาหารกุ้งขาวนั้น พบว่าการเลี้ยงในช่วงวันที่ 1 ถึง วันที่ 40 ควรให้อาหารที่มีโปรตีนสูง 40% โดยสามารถใช้อาหารของกุ้งกุลาดำในการเลี้ยงได้ และในช่วงวันที่ 41 จนถึงวันที่จับขาย สามารถให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำลงมาประมาณ 30-35 % ได้ โดยสามารถใช้อาหารขอองกุ้งก้ามกราม หรืออาจจะใช้อาหารที่มีโปรตีนต่ำ 30% (แต่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบก็ได้) และควรให้อาหารวันละ 3 มื้อ งดการให้อาหารมื้อเที่ยง โดยในแต่ละวันจะให้อาหารในเวลาประมาณ 08.00 น. 16.00น. และ 22.00 น. ทั้งนี้แล้วแต่ความสะดวก และควรใช้ตารางอาหารเป็นหลักประกอบกับการเช็คยอ เมื่อต้องการตรวจสภาพการให้อาหาร สามารถวัดได้จากค่าแอมโมเนีย ควรวัดค่านี้อย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หากค่าแอมโมเนียเพิ่มแสดงว่าอาจมีอาหารเหลือเนื่องจากให้อาหารมากเกินไป ดังนั้นให้ลดปริมาณอาหารในอาทิตย์ต่อไป และหากค่าแอมโมเนียลดลง ให้รักษาระดับการให้อาหารในปริมาณไว้ก่อน หลังจากนั้นจึงค่อย ๆ ปรับการให้อาหารเพิ่มขึ้น ใช้สวิงช้อนดูที่พื้นบ่อ แบบเดียวกับการตรวจสอบอาหารกุ้งก้ามกรามและตัดสินใจปรับลดหรือเพิ่มตามความเหมาะสม (กมลศิริ พันธนียะ, 2546)

เนื่องจากกุ้งขาวมีความสามารถทนทานและเจริญเติบโตอยู่ได้ในที่มีความเค็มเกือบจืดสนิท ทำให้มีการนำมาเลี้ยงในบ่อที่น้ำมีความเค็มต่ำมาก ๆ โดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนวงจรปิด เมื่อเลี้ยงกุ้งไปได้ระยะหนึ่งกุ้งที่เลี้ยงจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง มีการสร้างเปลือกใหม่และการลอกคราบไม่สมบูรณ์

เจษฎา อิสเหาะ , 2536 ได้รายงานอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำเกลือสินเธาว์จากแหล่งต่าง ๆ ในภาคอีสานว่าลูกกุ้งที่เลี้ยงในน้ำเกลือสินเธาว์ จากอำเภอบรบือจะให้ผลการเลี้ยงดีกว่าน้ำเกลือสินเธาว์จากที่อื่น แต่ก็ยังมีอัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตต่ำเนื่องจากในน้ำเกลือสินเธาว์ มีแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ

ในการเจริญเติบโต การสร้างเปลือกใหม่ และการลอกคราบนั้นจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับการปรับตัวด้านสรีรวิทยา การได้มาของแหล่งอิออนของสารอนินทรีย์ ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงใกล้ชิดกับสารประกอบอินทรีย์ระหว่างกระบวนการสร้างเปลือก ดังนั้นความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งจึงขึ้นอยู่กับความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็มน้ำการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในเลือดนับว่าเป็นดัชนีที่มีประโยชน์ การรักษาสมดุลของอิออนระหว่างชั้นเลือดและเปลือกผ่านทางชั้นเอพิเดอมิสมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ การเจริญเติบโตของสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนจะชะงัก หากได้รับแร่ธาตุจากทางอาหารและสิ่งแวดล้อมไม่พอเพียงด้วยเหตุที่มีข้อจำกัดด้านการใช้ฮอร์โมนเร่งการลอกคราบ (ecdysone) ในการผสมในอาหารเพื่อเร่งการลอกคราบในสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) ดังนั้นจึงควรที่จะทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลเร่งการการ

ลอกคราบของกุ้งขาวในการเลี้ยงในบ่อที่มีระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด ระดับความเค็มน้ำซึ่งเกี่ยวเนื่องกับชนิดและปริมาณอนินทรีย์สารในน้ำนับว่ามีอิทธิพลทั้งโดยตรงและอ้อมต่อการเจริญเติบโตและการลอกคราบของกุ้ง

จากการศึกษาในขั้นต้นจากเอกสารพบว่าโครงสร้างของเปลือกกุ้งประกอบด้วยชั้นต่างๆ 4 ชั้น คล้ายคลึงกับสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนทั่วไป โดยเรียงจากชั้นนอกสุดไปยังชั้นในสุด ดังนี้

ก) ชั้นอิพิคิวติเคิล (Epicuticle layer) เป็นชั้นที่อยู่นอกสุดและเป็นชั้นที่บางที่สุด มีความหนาประมาณ 5 µm (Pratoomchat *et al.*, 2002b) มีองค์ประกอบเป็นสารพวก lipoprotien ร่วมกับเกลือแคลเซียม ชั้น epicuticle นี้จะประกอบกันเป็นชั้นๆ อย่างชัดเจน (Travis, 1955; Green and Neff, 1972; Arsenault et al., 1984; Compere and Goffinet, 1987) นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบเป็นโครงสร้างของสารอินทรีย์ซึ่งติดสีย้อม eosin อย่างหนาแน่น ซึ่งแสดงถึงการมี NaOH-protein และไคติน (Vigh and Dendinger, 1982; Pratoomchat *et al.*, 2002b)

ข) ชั้นเอกโซคิวติเคิล (Exocuticle layer หรือ Pigmented layer) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากชั้น epicuticle ประกอบด้วย HCl-protein (Vigh and Dendinger, 1982; Pratoomchat *et al.*, 2002a) ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 60 µm และมีสีเข้ม นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบเป็นเส้นใย chitin-protein เป็นจำนวนมาก (Travis, 1955; Green and Neff, 1972; Pratoomchat et al., 2002b) ชั้นนี้จะเป็นชั้นที่มีปริมาณเม็ดสี (pigments) สูงที่สุด

ค) ชั้นเอนโดคิวติเคิล (Endocuticle layer) เป็นชั้นที่มีความหนามากที่สุด ประมาณ 450-455 µm ซึ่งคิดเป็น 70-85% ของความหนาของเปลือก และมีปริมาณเกลือแคลเซียมสะสมอยู่มากที่สุด บางครั้งจึงเรียกว่าเป็นชั้นแคลเซียม (calcified layer) ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบ (bands) ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเส้นใย chitin-protein และแคลเซียมคาร์บอเนต ประกอบกันทำให้เป็นชั้นที่หนาที่สุด (Pratoomchat et al., 2002a)

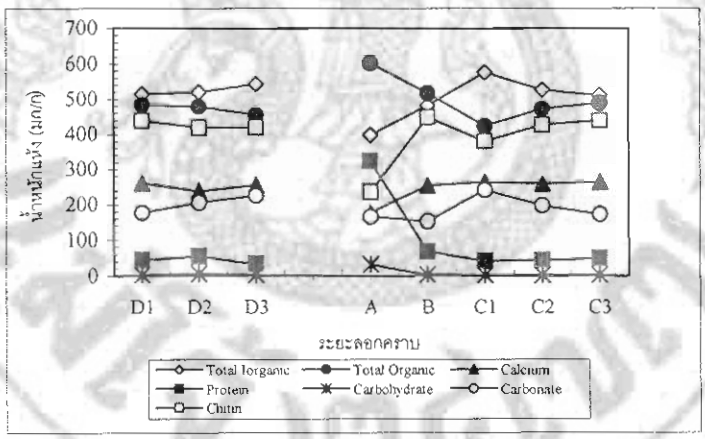
ง) ชั้นเมมเบรนนาส (Membranous layer)เป็นชั้นที่อยู่ในสุดของเปลือก อยู่ติดกับ epidermis มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ มีความหนาประมาณ 5 µm และเป็นโครงสร้างที่ย้อมติดสี eosin (Pratoomchat et al., 2002b) ประกอบด้วยไคตประมาณ 74% (Welinder, 1975) ชั้นนี้ไม่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ จึงถูกเรียกว่า uncalcified layer-โครงสร้างเนื้อเยื่อชั้นอิพิเดอมิส (epidermis)ภายใต้เนื้อเยื่อชั้นในสุดของเปลือกของสัตว์ในครัสเตเชียนนั้น จะพบเนื้อเยื่อชั้นอิพิเดอมิส อยู่เป็นชั้นบางๆ ที่มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อเซลล์เดียว (unicellular layer) ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังโครงสร้างของอิพิเดอมิสปกคลุมด้วยโครงร่างแข็งได้แก่ cuticle ของครัสเตเชียน และ shell ในพวกหอย (mollusks) อิพิเดอมิสนี้ยังเป็นอวัยวะสำคัญในการหลั่งสารประกอบอินทรีย์และแร่ธาตุ

ขนส่งไปสร้างเปลือก (Roer and Dillaman, 1984; Cameron, 1985; Machado *et al.*, 1990; Ziegler, 1997; Pratoomchat et al., 2002a)

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโครงสร้างของเปลือกกุ้งหรือปู ประกอบด้วยเส้นใยของ chitin-protein เป็นส่วนใหญ่ (Glynn, 1968) กับส่วนของโปรตีนในชั้น epicuticle และส่วนของไคตินในชั้น exocuticle และ endocuticle

(Travis, 1965; Vigh and Dendinger, 1982; Roer and Dillaman, 1984) ซึ่งสารตั้งต้นของไคตินคือคาร์โบไฮเดรต (Knowles and Carlisle, 1956)

สารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญของเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบคือ ไคติน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบกลุ่มโปรตีนจะเพิ่มสูงช่วงหลังลอกคราบ ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรง ในการสร้างชั้น epicuticle และ exocuticle หลังจากมีการลอกคราบใหม่ๆ ซึ่ง NaOH-protein มีความสำคัญต่อ sclerotization และ HCl-protein สำหรับช่วยเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างเปลือก โดยทั่วไปแล้วองค์ประกอบของเปลือกสัตว์ครัสเตเชียน ปูและกุ้งจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลักและมีแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม โปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบรองลงมา มีไคตินเป็นองค์ประกอบหลักของสารอินทรีย์ โดยมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบรองลงมา (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 องค์ประกอบหลักของเปลือกปูม้าในรอบวงจรการลอกคราบ

(Pratoomchat et al., 2002a)

องค์ประกอบทางเคมีของอิพิเดอมิส ชั้นอิพิเดอมิสประกอบไปด้วยไกลโคเจน ไคติน เอซิด มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (acid MPS) และ neutral MPS ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Pratoomchat et al. (2002a) ซึ่งพบว่าชั้นของอิพิเดอมิสของปูม้าประกอบด้วยสารอินทรีย์ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไคติน และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ copper, calcium, sodium, chloride, potassium, phosphorus, manganese และ sulphur ปริมาณของโปรตีนเพิ่มมากที่สุด

ที่ระยะเริ่มต้นของระยะคราบแข็ง (intermolt stage) ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตจะลดลง เนื่องจากส่วนของคาร์โบไฮเดรตถูกนำไปใช้ในกระบวนการ polymerization ของโมเลกุลไคตินซึ่งใช้ในการสร้างเปลือก (Gwinn and Stevenson, 1973) โดยพบว่าความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรตที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของไคตินที่เพิ่มขึ้นในเปลือก และปริมาณไคตินจะลดลงเนื่องจากถูกนำไปใช้ในการสร้างเปลือกที่ระยะคราบแข็ง (intermolt stage) ส่วนไกลโคสมิโนไกลแคน (GAG) เกี่ยวข้องกับการสร้างเปลือกหลังจากกุ้งหรือปูลอกคราบใหม่ เปลี่ยนจากสารประกอบดังกล่าวเป็นตัวช่วยเหนี่ยวนำให้เกิดการตกผลึกของแคลเซียมฟอสเฟตและแคลเซียมคาร์บอเนต (Greenfield et al., 1984; Pratoomchat et al., 2002a) ซึ่ง Vigh and Dendinger (1982) พบว่า HCl-protein เป็นเหมือนปัจจัยจำกัดในการตกผลึกของแคลเซียม โดย NaOH-protein (sclerotin) มีบทบาทสำคัญในการสร้างความแข็งแรง (hardening process) ให้กับเปลือกช่วงหลังลอกคราบระยะ postmolt และ intermolt

ปริมาณของ calcium, chloride, potassium และ sulphur รวมถึงสารประกอบอินทรีย์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากระยะ premolt (D2 stage) เนื่องจากมีการสะสมอยู่ในเนื้อเยื่ออิพิเดอมิส ซึ่ง Mangum (1992) กล่าวว่า การสะสมของสารอินทรีย์นี้เกี่ยวข้องกับการกำหนดปริมาตรของเซลล์ (cell volume) และการนำน้ำเข้าภายในเซลล์ (water uptake) ส่วน copper จะเพิ่มขึ้นจากระยะ postmolt ถึงระยะ intermolt ซึ่งเกี่ยวข้องกับความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นสำหรับการขนส่งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สำหรับการสร้างเปลือก (Mangum, 1983)

องค์ประกอบของเลือด

ครัสเตเซียมีโครงสร้างอยู่ภายนอกเจริญเติบโตโดยการลอกคราบอาศัยอยู่ในน้ำ ไนโตรเจนและของเสียที่ถ่ายออกมามักจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย (ammoniotelic) ซึ่งมีความสำคัญเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของเลือดและสร้างสารสีที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ

สารอนินทรีย์ ในเลือดของครัสเตเซียได้แก่ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและคลอไรด์ ถ้าพิจารณาที่ปริมาณพบว่า แมกนีเซียม โซเดียมและคลอไรด์ของสัตว์ที่อาศัยในทะเลมากกว่าสัตว์ที่อยู่ในน้ำจืด ขณะที่แคลเซียมในเลือดของพวกที่อยู่ในน้ำจืดจะมากกว่าสัตว์ที่อยู่ในทะเล

กลไกของระบบ Osmoregulation

ในสัตว์ครัสเตเซียนพวก euryhaline เช่น ปู *C. maenas* จะสามารถทนต่อความเค็มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปได้ซึ่งสภาพนี้เรียกว่า "hyperregulation" และ "hyporegulation" สัตว์เหล่านี้มีความสามารถที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของเลือดให้คงที่ในระหว่างที่สัตว์มีการปรับตัวต่อความเค็มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป เซลล์จะมีการต้านต่อ osmotic stress ซึ่งจะมากเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับ

ความสามารถในการควบคุมความเข้มข้นในเลือด (Gilles and Pequeux, 1981) ซึ่งการควบคุมระดับความเข้มข้นของเลือดภายในร่างกายกับน้ำภายนอกนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบ ดังนี้

ก) Hyperregulation

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำจืดหรือน้ำทะเลที่มีความเจือจางกว่าเลือดของมัน จะต้องเผชิญกับการแพร่เข้าของน้ำภายนอกร่างกายและการสูญเสียไอออนออกไปสู่สิ่งแวดล้อม แต่ก็สามารถลดภาวะเหล่านี้ได้โดยการลดการนำน้ำและไอออนผ่านเข้าออกโดยการลดขนาดของเยื่อเลือกผ่านให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งตามปกติแล้วพวก osmoconformer จะมีการยอมให้สารผ่านเข้าออกได้มากกว่าพวก osmoregulator และจะมีการเปลี่ยนแปลงการยอมให้สารผ่านเข้าออกน้อยเมื่อน้ำภายนอกมีความเค็มลดลง

ใน moderate regulator เช่น *C. maenas* (Shaw, 1961 อ้างโดย Mantel and Farmer, 1983) แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงการยอมให้สารผ่านเข้าออกน้อย ส่วนในพวก strong regulator เช่น *Palaemonetes* sp. พบว่าอัตราการสูญเสียเกลือแร่ผ่านทางพื้นผิวภายนอกจะลดลงเป็นเวลาสั้นๆ เมื่อนำไปอยู่ในน้ำความเค็มต่ำ ส่วนพวก hyperregulator จะลดการยอมให้น้ำผ่านเข้าออกเมื่อต้องเผชิญกับน้ำความเค็มต่ำ

ข) Hyporegulation

เมื่อสัตว์อยู่ในน้ำที่มีความเค็มสูง สัตว์จะมีการปรับตัวโดยทำให้ของเหลวในร่างกายมีความเข้มข้นต่ำกว่าภายนอกเพราะที่ระดับความเค็มน้ำสูงจะมีเกลือแร่เข้าสู่ร่างกายโดยมาพร้อมกับน้ำปริมาณที่มาก ดังนั้นสัตว์จะมีปรับให้มีความเข้มข้นที่น้อยลงโดยการขับเกลือแร่ออกและรักษาน้ำไว้ให้ได้มากที่สุด ซึ่งเป็นการยากที่จะวัดการยอมให้ผ่านของไอออนได้อย่างแม่นยำ เพราะมักจะมีการแลกเปลี่ยนองค์ประกอบของไอออนที่ไหลออกจากร่างกายอยู่ตลอดเวลา

ในสัตว์ที่มีความสามารถอย่างมากในการปรับระดับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายจะแสดงภาวะ hyperosmotic เป็นการกระตุ้นการรับน้ำเข้าภายในตัว ซึ่งจะแพร่ผ่านเข้าสู่ลำไส้และจะพยายามรักษาเกลือแร่ไว้ภายในตัวให้มากที่สุดเพื่อปรับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายเมื่อสภาวะสิ่งแวดล้อมมีความเข้มข้นเกลือแร่ต่ำกว่าภายในตัว (Passano, 1960) และในสัตว์ที่สามารถปรับสมดุลเกลือแร่ได้ไม่ดีนักจะมีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำ ทำให้ระบบการแพร่ผ่านเข้าออกของแร่ธาตุต่าง ๆ ไม่ค่อยสมบูรณ์ ทำให้ต้องใช้พลังงานอย่างมากในการปรับสมดุล (Smith, 1976, Mykles,1980) การปรับสมดุลนี้จะเป็นตัวรักษาค่าความดันออสโมติกภายในร่างกายให้มีความสัมพันธ์กันอย่างคงที่กับสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งก็คือการปรับระดับค่าความเข้มข้นภายในร่างกายให้มีค่าสูงหรือต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอกที่อาศัยอยู่ การปรับสมดุลดังกล่าว

เพื่อให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง จะพบได้ในสิ่งมีชีวิตพวกครัสเตเชียน ซึ่งมีรูปแบบการปรับสมดุลแตกต่างกันออกไปในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

ที่ระดับความเค็มน้ำต่ำเลือดสัตว์จะมีปริมาณของโซเดียม, คลอรีน และโปแตสเซียมต่ำ เพราะน้ำภายนอกที่มีความเจือจางจะแพร่เข้าสู่ร่างกาย และแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายก็จะแพร่ออกสู่น้ำภายนอก เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในร่างกายให้อยู่ในระดับที่มีความสมดุล สัตว์จึงต้องมีการปรับตัวให้อยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในร่างกายสูงกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอก จึงต้องมีการดึงพลังงานมาใช้อย่างมากในการรักษาระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุต่าง ๆ โดยมีกลไกการขับน้ำออกจากร่างกาย เพราะน้ำภายนอกที่มีความเจือจางจะแพร่เข้าไปในร่างกายอยู่ตลอดเวลาตามหลักการของออสโมซิส (osmosis) ในขณะเดียวกันก็จะมีการดูดกลับเกลือแร่ไว้ภายในร่างกาย และลดการสูญเสียเกลือแร่ออกจากร่างกายโดยการลดขนาดของเยื่อเลือกผ่านให้เล็กลงและเพิ่มการเก็บสะสมปัสสาวะ ปรับระดับแรงดันน้ำ (hydrostatic pressure) ภายในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ (Mantel and Farmer, 1983)

ถึงแม้ว่าสัตว์จะมีกลไกต่างๆ ในการปรับสมดุลเกลือแร่ดังที่กล่าวมา แต่ภายใต้สภาวะความเค็มน้ำต่ำมาก ๆ ทำให้ต้องสูญเสียแร่ธาตุต่าง ๆ ภายในร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อม และต้องรับน้ำภายนอกจากการแพร่เข้ามาอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นเหตุให้มีปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ ในเลือดต่ำกว่าที่ความเค็มน้ำที่สูง ซึ่งจะทำให้สัตว์เกิดความเครียด ร่างกายอ่อนแอ ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงและอาจจะทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นได้ ดังเช่นที่พบในครัสเตเชียนหลายชนิด (Kirkpatrick and Jones, 1985 ; Gelin et al., 2001)

ตามที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ครัสเตเชียนเมื่อย้ายจากที่น้ำความเค็มสูงไปสู่ที่น้ำความเค็มต่ำ จะทำให้ค่า pH ของเลือดมีค่าสูงขึ้น (metabolic alkalosis) เนื่องจากเมื่อความเค็มน้ำต่ำลงค่า pH ของน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงแบบแปรผันตรงกัน โดยจะมีค่า pH ต่ำลง คือมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น (มี H^+ มากขึ้น) และคาดว่าน่าจะมีผลทำให้เลือดมีสภาพเป็นกรดด้วย ซึ่งสภาพที่เป็นกรดนี้จะมีผลต่อการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จากเปลือกเก่ามาในรูปของแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) จึงทำให้มีปริมาณของแคลเซียมอิออน และไบคาร์บอเนตในเลือดสูงขึ้น (Machado et al., 1988) เมื่อเลือดมีไบคาร์บอเนตสูงขึ้น ก็จะส่งผลให้มีค่า pH สูงขึ้น (Henry and Cameron, 1982)

ในบางกรณีความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือดสัตว์ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มน้ำสูงเกินระดับที่เหมาะสมของสัตว์ชนิดนั้น อาจจะมีค่าต่ำกว่าระดับความเค็มน้ำที่ต่ำกว่าหรือเหมาะสม อาจเนื่องมาจากสัตว์ที่อาศัยในน้ำความเค็มสูง แคลเซียมจากน้ำภายนอกมีโอกาสแพร่เข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากตามความเค็มน้ำที่เพิ่มขึ้น ดังพบในปู *C. sapidus*, กุ้ง *Metapenaeus* sp.

(Travis, 1953, Flemister, 1958, Dall, 1965 อ้างโดย Price Sheets and Dendinger, 1983) แต่สัตว์จำเป็นต้องพยายามปรับสมดุลแคลเซียมไม่ให้สูงเกินไปในระบบเลือด เพื่อไม่ให้ร่างกายไม่ได้รับอันตราย จึงพยายามขับแคลเซียมออกจากร่างกาย

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าความเค็มของน้ำมีความเกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณแร่ธาตุในน้ำ ดังนั้นน้ำเค็มจากแหล่งต่างก็น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามในเขตภาคเหนือ และการเลี้ยงกุ้งขาวได้

อุปกรณ์และวิธีการ

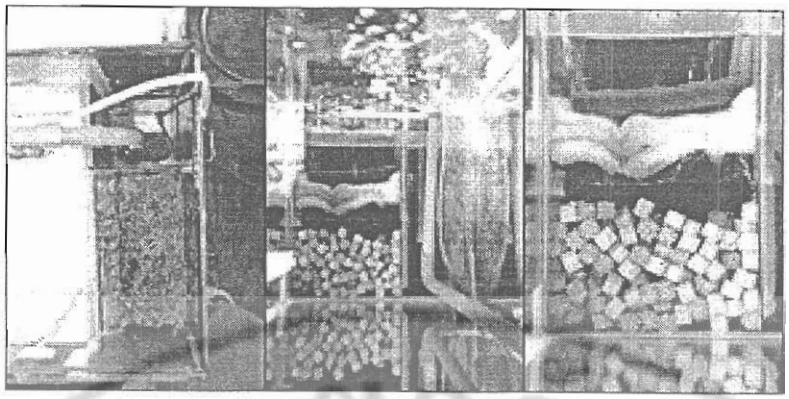
ทำการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในตู้ที่มีระบบน้ำเค็มหมุนเวียนแบบปิดโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำเลย โดยใช้น้ำเค็มที่เตรียมจากผงเกลือสังเคราะห์สำหรับทำน้ำทะเลเทียมยี่ห้อ Marinium น้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้น 120 ส่วนในพัน และน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์โดยมีการชดเชยแร่ธาตุ โดยที่น้ำเค็มจากทั้ง 3 แหล่งมีความเค็มที่ 15 ส่วนในพัน อนุบาลลูกกุ้งตั้งแต่ออกจากไข่ในระยะที่ 1 จนมีพัฒนาการเหมือนโตเต็มวัยหรือระยะคว่ำ (postlarvae) และทำการเก็บน้ำตัวอย่างนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 20 มิลลิลิตร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์

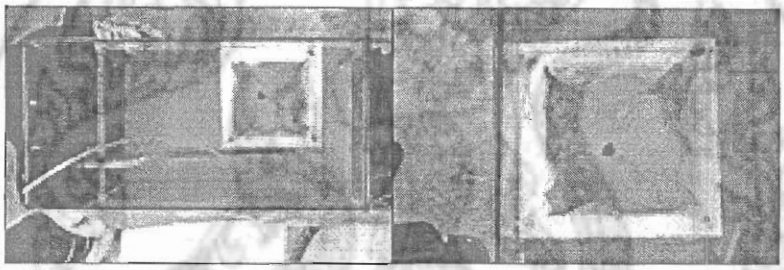
1.ตู้ทดลองขนาดความจุ 50 ลิตร พร้อมระบบกรองและบำบัดแอมโมเนีย และไนไตรท์และฝาปิด จำนวน 9 ตู้

ภาพที่ 2 ตู้ทดลองที่ติดตั้งระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์



ภาพที่ 3 ระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์

2. กระชังผ้าไหมแก้วขนาด 15 x 15 x 15 ซ.ม.



ภาพที่ 4 กระชังผ้าไหมแก้วขนาด 15 x 15 x 15 ซ.ม.

3. ปั๊มน้ำขนาดเล็กยี่ห้อ LifeTech รุ่น AP 1200 มีอัตราการสูบน้ำ 600 ลิตร/ซ.ม. 9 เครื่อง

4. กล่องพลาสติกอเนกประสงค์ ขนาดความจุ 36 ลิตร

ภาพที่ 5 กล่องพลาสติกอเนกประสงค์ขนาดความจุ 50 ลิตร

2. วิธีดำเนินการ

<u>การทดลองที่ 1</u> การหาปริมาณแร่ธาตุหลักที่มีอยู่ในน้ำเค็มที่เตรียมจากแหล่งต่าง ๆ กัน

นำน้ำเค็มที่เตรียมได้จากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium) ใน treatment 1 น้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ (ConcSW) ใน treatment 2 และน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์ ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันนำไปหาปริมาณแร่ธาตุ Na, Mg, K และ Ca โดยวิธี atomic absorption spectrophotometer จากนั้นนำเค็มที่ได้จากเกลือสินเธาว์ไปทำการชดเชยเกลือแร่ที่พร่องไปโดยใช้ปริมาณที่มีอยู่ในน้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือเป็นเกณฑ์

<u>การทดลองที่ 2</u> การทดลองเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบเปิดที่เตรียมจากแหล่งต่างกัน

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 treatment 3 replication ใช้กล่องพลาสติกอเนกประสงค์ บรรจุน้ำเค็ม 50 ลิตร ที่เตรียมจากแหล่งต่างๆ (ภาพที่ 5)

-Treatment 1 น้ำเค็ม 15 ส่วนในพันเตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium)

-Treatment 2 น้ำเค็ม 15 ส่วนในพันที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือที่มีความเค็ม 120 ส่วนในพัน (กลุ่มควบคุม)

-Treatment 3 น้ำเค็ม 15 ส่วนในพันที่เตรียมจากน้ำเกลือสินเธาว์ ที่มีการชดเชยแร่ธาตุ

2. สัตว์ทดลอง

นำแม่กุ้งที่มีไข่แก่ติดท้องมาทำการวางไข่ในน้ำเค็มที่เตรียมจาก ผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน โดยใช้ตาข่ายพรางแสง 70% เมื่อแม่กุ้งทำการวางไข่หมดแล้ว ทำการสุ่มนับความหนาแน่นของตัวอ่อน จากนั้นจึงทำการแบ่งตัวอ่อนโดยการตวงใส่ลงในกล่องพลาสติกอเนกประสงค์ขนาดความจุ 50 ลิตรที่มีน้ำที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพันบรรจุอยู่ 10 ลิตร ทั้ง 9 กล่อง

3. วิธีการจัดการบ่อทดลอง

3.1 กำหนดให้แต่ละกล่องมีความหนาแน่นของลูกกุ้ง 4000 ตัว (80 ตัว/ลิตร)

3.2 ทำการดูดตะกอนทิ้งทุกวัน ในตอนเย็น (18.00 น.) และเพิ่มน้ำในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ ใน 10 วันแรกไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หลังจากวันที่ 10 ไปแล้วทำการเปลี่ยนน้ำในอัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกวันเวลา (18.00 น.) เมื่อลูกกุ้งคว่ำประมาณ 60 % ของลูกกุ้งทั้งหมด ทำการลดความเค็มลงวันละ 3-4 ส่วนในพัน จนลูกกุ้งจนคว่ำทั้งหมด

3.3 อนุบาลลูกกุ้งโดยให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหารในอัตรา 5 ตัว/มิลลิลิตร วันละ 2 มื้อในเวลา 8.00 น. และเวลา 16.00 น.

3.4 ทำการตรวจขั้นตอนการพัฒนาของลูกกุ้งทุกวัน

3.5 ติดตั้งเครื่องให้อากาศขณะทำการอนุบาลลูกกุ้ง

4 การเก็บข้อมูลและการบันทึกข้อมูล

ทำการประเมินอัตราการรอดตายของลูกกุ้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง โดยวิธี Tukey test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0

1. ประเมินอัตราการรอดโดย

$$\text{อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้นการทดลอง}}$$

การทดลองที่ 3 การทดลองเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดที่เตรียมจากแหล่งต่างกัน

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 2 treatment 3 replication ใช้ตู้กระจกขนาด 12 x 24 x 15 นิ้ว (ภาพที่ 2) ที่มีช่องแบ่งสำหรับติดตั้งระบบบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ (ภาพที่ 3) บรรจุน้ำเค็มที่เตรียมจากแหล่งต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน ในปริมาตร 50 ลิตร

-Treatment 1 น้ำเค็ม 15 ส่วนในพันเตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium)

-Treatment 2 น้ำเค็ม 15 ส่วนในพันที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือที่มีความเค็ม 120 ส่วนในพัน (ConcSW)

2. สัตว์ทดลอง

นำแม่กุ้งที่มีไข่แก่ติดท้องมาทำการวางไข่ในน้ำเค็มที่เตรียมจาก ผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน โดยใช้ตาข่ายพรางแสง 70% เมื่อแม่กุ้งทำการวางไข่หมดแล้ว ทำการสุ่มนับความหนาแน่นของตัวอ่อน จากนั้นจึงทำการแบ่งตัวอ่อนโดยการตวงใส่ลงในกระชังผ้าไหมแก้วขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) ในตู้กระจกขนาดความจุ 50 ลิตรที่มีน้ำที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพันบรรจุอยู่ และมีระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ทั้ง 6 ตู้

3. วิธีจัดการตู้ทดลอง

3.1 กำหนดให้แต่ละตู้มีความหนาแน่นของลูกกุ้ง 4000 ตัว (80 ตัว/ลิตร)

3.2 ตู้ทดลองทั้งหมดได้ทำการกระตุ้น (activate) ระบบกรองก่อนทำการทดลอง 3 สัปดาห์

3.3 ทำการอนุบาลลูกกุ้งโดยให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหารในอัตรา 5 ตัว/มิลลิลิตร วันละ 2 มื้อในเวลา 8.00 น. และเวลา 16.00 น.

3.4 ทำการดูดตะกอนทิ้งทุกวันในตอนเย็น (18.00 น) โดยไม่มีการ เปลี่ยนน้ำ ทำการอนุบาล จนลูกกุ้งจนคว่ำทั้งหมด

3.5 ทำการให้อากาศในตู้ทดลองขณะอนุบาลลูกกุ้ง

4. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ใช้อนุบาลจากทุกตู้เมื่อเริ่มต้นการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำไป วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ Na, Mg, K, Ca และ Cl โดยใช้เครื่อง x-ray fluorescence pectrophotometry (Oxford ED^{2000})

4.2 ทำการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งทุกวัน โดยใช้ commercial test kit

4.3 ทำการตรวจบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการทดลองทุกวัน

4.4 ทำการตรวจระยะพัฒนาการของลูกกุ้งทุกๆวันจันทร์ พุธ และศุกร์ทุกสัปดาห์

4.5 ทำการประเมินอัตราการรอดตายของลูกกุ้ง

$$\text{อัตราการรอดตาย(ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้นการทดลอง}} \times$$

4.6 ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง โดยวิธี T-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0

4. การทดลองที่ 4 การทดลองเลี้ยงกุ้งขาวในตู้กระจกขนาดความจุ 50 ลิตร ในน้ำเค็มที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน โดยมีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 treatment 3 replication ใช้ตู้กระจกขนาด 12 x 24 x 15 นิ้ว (ภาพที่ 2) ที่มีช่องแบ่งสำหรับติดตั้งระบบบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ (ภาพที่ 3) บรรจุน้ำเค็มที่เตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium) ที่ความเค็ม 5, 10 และ 15 ส่วนในพัน ในปริมาตร 50 ลิตร

-Treatment 1 น้ำเค็ม 5 ส่วนในพันเตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium)

-Treatment 2 น้ำเค็ม 10 ส่วนในพันเตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium)

-Treatment 3 น้ำเค็ม 15 ส่วนในพันเตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium)

2. สัตว์ทดลอง นำลูกกุ้งขาวระยะ P5 ซื้อจากฟาร์มเพาะเลี้ยงของเอกชนมาทำการอนุบาลต่อเป็นเวลา 30 วันในน้ำที่มีความเค็ม 5 ส่วนในพัน ทำการคัดลูกกุ้งที่มีขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 2.5 เซนติเมตร ลงตู้ทดลองที่มีระบบบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ ทั้ง 9 ตู้ ๆ ละ 25 ตัว

3. วิธีจัดการตู้ทดลอง

3.1 กำหนดให้แต่ละตู้มีความหนาแน่นของลูกกุ้ง 25 ตัว

3.2 ทำการดูดตะกอนทิ้งทุกวันในเช้า (8.00 น.) ตอนเย็น (18.00 น.) กรองตะกอนออกและเทน้ำที่ดูดออกมาจากตู้โดยการดูดตะกอนกลับเข้าลงในตู้

3.3 อนุบาลลูกกุ้งโดยให้ อาหารลูกกุ้งวัยอ่อนสำเร็จรูป (อาหารเบอร์ 1) วันละ 3 มื้อในเวลา 8.30 น.,12.00 น. และเวลา 18.30 น.

3.4 ติดตั้งเครื่องให้อากาศขณะทำการอบุบาลลูกกุ้ง

3.5 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 ทำการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งทุกวันโดยใช้ commercial test kit

3.5.2 ทำการตรวจบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการทดลองทุกวัน

3.5.3 การประเมินอัตรารอดตายของลูกกุ้ง

$$\text{อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้นการทดลอง}}$$

4. ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง โดยวิธี T-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0

ผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> การหาปริมาณแร่ธาตุหลักที่มีอยู่ในน้ำเค็มที่เตรียมจากแหล่งต่าง ๆ กัน

จากการทดลองหาปริมาณแร่ธาตุ Na, Mg, K, และ Ca ในน้ำที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งทั้ง 3 treatment ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันพบว่าน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์ (UndgSW) มีปริมาณแร่ธาตุต่ำกว่าในน้ำเค็มที่เตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium) และน้ำต่ำกว่าน้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ (ConcSW) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณแร่ธาตุในน้ำเค็มที่เตรียมจากแหล่งต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน

	ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) (ส่วนในล้าน)	ConcSW (ส่วนในล้าน)	UndgSW (ส่วนในล้าน)
Na^{+}	5203.2	4511.7	4139.2
K^{+}	200.2	205.6	85.17
Ca^{2+}	231.6	142.9	88.4
Mg^{2+}	347.8	309.9	26.25

<u>การทดลองที่ 2</u> การทดลองเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบเปิดที่เตรียมจากแหล่งต่างกัน

จากการทดลองพบว่าลูกกุ้งก้ามกรามที่อนุบาลด้วยน้ำเค็มที่เตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium) และน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ (ConcSW) มีอัตราการรอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์ที่ทำการชดเชยเกลือแร่แล้ว (UndgSW) ไม่มีลูกกุ้งรอดตาย ดังตารางที่ 2 การทดลองที่ 2 ใช้น้ำเค็มที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน ไปประมาณ 300 ลิตร ต่อ 1 ซ้ำ (หน่วยทดลอง)

ตารางที่ 2 อัตราการรอดของลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยน้ำเค็มจากแหล่งต่าง ๆ ที่ความเค็ม 15 ส่วน

ในพัน

Treatment	Mean of Survival Rate (%)
ArtSW (T1) (ยี่ห้อ Marinium)	44.30±5.22[a]
ConcSW (T2)	43.57±2.06[a]
UndgSW (T3)	0.00[b]

หมายเหตุค่าเฉลี่ย+SD ที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

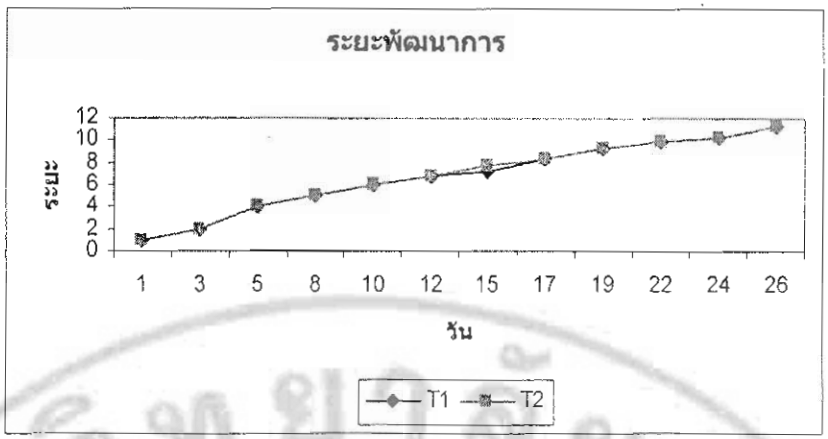
การทดลองที่ 3 การทดลองเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดที่เตรียมจากแหล่งต่างกัน

จากการทดลองพบว่าอัตราการรอด ระยะพัฒนาการ ของลูกกุ้งจากทั้ง 2 treatment เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 6 อุณหภูมิตลอดการทดลองค่อนข้างคงที่ ดังรูปที่ 7 และมีความเค็มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการระเหยของน้ำดังรูปที่ 8

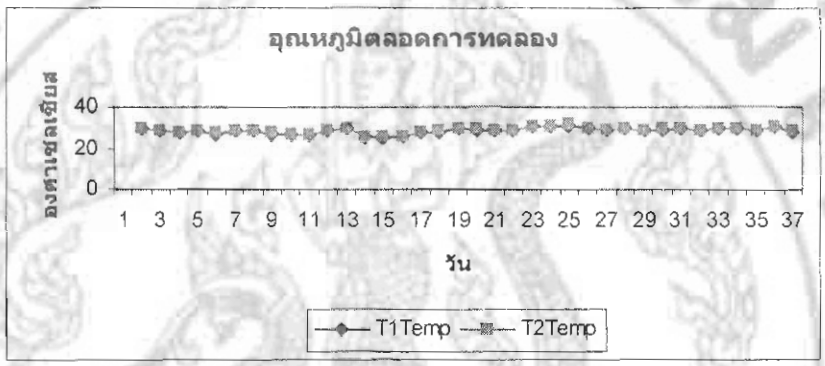
ตารางที่ 3 อัตราการรอดของลูกกุ้งที่อนุบาลในตู้ที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดและติดตั้งระบบบำบัดไนไตรท์และแอมโมเนีย

Treatment	Mean of Survival Rate (%)
ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) (T1)	11.26±7.78[a]
ConcSW (T2)	18.63±3.21[a]

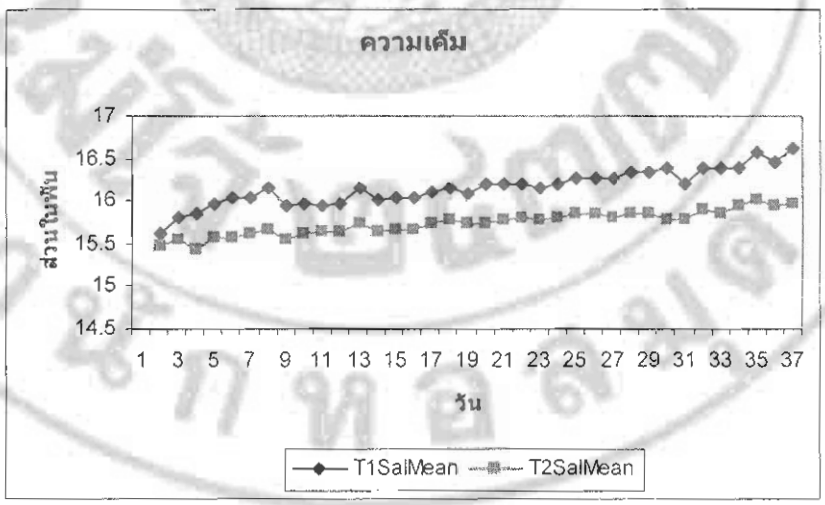
หมายเหตุค่าเฉลี่ย+SD ที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)



ภาพที่ 6 ระยะพัฒนาการของลูกกุ้งตั้งแต่ระยะที่ 1 จนเริ่มเข้าระยะ postlarvae



ภาพที่ 7 อุณหภูมิตลอดการทดลอง



ภาพที่ 8 ความเค็มตลอดการทดลอง

ตารางที่ 4 ปริมาณแร่ธาตุในน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันในตู้ที่มีระบบน้ำแบบปิด

แร่ธาตุ	ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) ก่อนทดลอง (mg/L)	ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) เสร็จสิ้นการทดลอง (mg/L)	ConcSW ก่อนทดลอง (mg/L)	ConcSW เสร็จสิ้นการทดลอง (mg/L)
Na	5203.2±199.6[a]	4105.3±298.9[b]	4511.7±341.0[b]	4266.1±112.6[b]
Mg	347.8±27.2[a]	144.5±20.0[b]	309.9±15.2[a]	159.2±18.2[b]
K	200.2±14.8[a]	183.9±7.7[a]	205.6±16.3[a]	183.2±6.8[a]
Ca	231.6±19.6[a]	237.2±13.3[a]	142.9±1.8[b]	144.0±7.1[b]
Cl	8370.3±118.2[a]	8454±141.0[a]	8581.0±57.5[a]	8495.7±60.9[a]

หมายเหตุค่าเฉลี่ย+SD ที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

การทดลองที่ 4 การทดลองเลี้ยงกุ้งขาวในตู้กระจกขนาดความจุ 50 ลิตร ในน้ำเค็มที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน โดยมีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

จากการทดลองพบว่ากุ้งขาวที่เลี้ยงที่ความเค็ม 10 ส่วนในพัน ในตู้กระจกที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดจะมีอัตราการรอดดีกว่าที่ความเค็มอื่น ($P<0.05$)

ตารางที่ 5 อัตราการรอดของลูกกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ที่ความเค็ม 5, 10 และ 15 ส่วนในพัน

Treatment	Mean of Survival Rate (%)
Treatment1(5ppt)	30.67 ± 8.33[a]
Treatment2(10ppt)	62.67 ± 6.11[b]
Treatment3(15ppt)	29.33 ± 3.33[a]

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งที่1 ในการหาปริมาณแร่ธาตุหลักที่มีอยู่ในน้ำเค็มที่ความเค็ม 15 ส่วนในพันพบว่าน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์ (UndgSW) มีปริมาณ เกลือแร่ โปแตสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียมต่ำมากสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของ จักรตุพร (2536) และ Thapa

(2002) เมื่อนำไปชดเชยเกลือแร่ที่พร่องไปแล้ว นำมาใช้อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามเปรียบเทียบกับน้ำเค็มที่เตรียมจากผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม (ArtSW) (ยี่ห้อ Marinium) และน้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ (ConcSW) ในการทดลองที่ 2 พบว่าไม่มีลูกกุ้งรอดตาย ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากยังขาดเกลือแร่อื่นๆ นอกเหนือจากเกลือแร่ทั้ง 3 ชนิดที่ไม่ได้ทำการชดเชยลงไป ดังนั้นเกลือสินเธาว์จึงไม่เหมาะกับการนำมาเจือจางเพาะทำเป็นน้ำเค็มเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ผลของอัตราการรอดของลูกกุ้งที่อนุบาลในน้ำ ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) และ ConcSW พบว่ามีอัตราการรอดไม่แตกต่างกันอยู่ที่ 44.30±5.22 และ 43.57±2.06 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ อนันต์ (2532) ที่มีอัตราการรอด 42.14, 41.26, 41.51 และ 42.34 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับการทดลองของ Thapa (2002) ที่อนุบาลลูกกุ้งในน้ำเค็มจากนาเกลือมีอัตราการรอด 42 เปอร์เซ็นต์

ส่วนการทดลองที่ 3 พบว่ามีอัตราการรอดในน้ำ ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) และ ConcSW ที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีอัตราการรอด 11.26±7.78 และ 18.63±3.21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราการรอดที่ค่อนข้างต่ำ มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Menasveta and Piyatiratitivorakil (1979) ที่อนุบาลลูกกุ้งในน้ำเค็มวงจรปิดที่มี subsand filter unit แยกจากบ่ออนุบาล และภายในบ่ออนุบาล โดยมีความหนาแน่นลูกกุ้ง 20 ตัว/ลิตร ที่ 16.4-18.7 และ 15.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและสรุปว่าในการอนุบาลลูกกุ้งในน้ำที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดที่ความหนาแน่น 20 ตัว/ลิตร จะให้อัตราการรอดและเจริญเติบโตดี แต่การทดลองที่ 3 นี้มีอัตราความหนาแน่นถึง 80 ตัว/ลิตร แต่ให้ผลใกล้เคียงกัน ก็นับว่าประสบผลสำเร็จในการอนุบาล คุณภาพน้ำในการทดลองครั้งที่ 3 พบว่าตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากดังภาพที่ 6 ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส(กรมประมง, 2541 ; Ismael and Moreira, 1977 ; Jayachandran, 2001 ; Kovalenko *et. al.*, 2002) ส่วนค่าแอมโมเนียตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0-0.5 mg/L และมีค่าไนไตรท์ในช่วง 0-0.13 mg/L ซึ่งนับว่าน้อยมาก เมื่อนำน้ำที่ใช้ในการอนุบาลจากทั้ง ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) และ ConcSW เมื่อเริ่มต้นทำการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลองไปทำการวิเคราะห์หาแร่ธาตุ โซเดียม แมกนีเซียม โปแตสเซียม แคลเซียม และ คลอไรด์ พบว่าปริมาณแมกนีเซียม จากทั้ง ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) และ ConcSW มีการลดลงอย่างชัดเจนโดยลดลงจาก 347.8+27.2 เหลือ 144.5+20.0 และจาก 309.9+15.2 เหลือ 159.2+18.2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ส่วนปริมาณโซเดียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เฉพาะ ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) แต่ ConcSW พบว่าไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณโปแตสเซียมพบว่ามีการลดลงแต่ไม่มีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ปริมาณแคลเซียมระหว่างการทดลองพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ดังนั้นแมกนีเซียมจึงเป็นแร่ธาตุที่ลูกกุ้งก้ามกรามต้องการจากน้ำที่ใช้อนุบาลในปริมาณมาก ในช่วงการพัฒนาตั้งแต่ระยะที่ 1 จนถึง ระยะ postlarvae จากการทดลองของ จักรตุพร (2536) รายงานว่าปริมาณแมกนีเซียม และโปแตสเซียมที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามอยู่ที่ 400 และ 300 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ในการทดลองที่ 3 นี้ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมลดลง และมีปริมาณโปแตสเซียมต่ำกว่าเล็กน้อย จึงน่าจะเป็นปัจจัยทำให้อัตราการรอดตายต่ำลงด้วย

ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำ ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) และ ConcSW พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างกันเฉพาะปริมาณโซเดียมและแคลเซียมในน้ำ ArtSW (ยี่ห้อ Marinium) จะสูงกว่า ConcSW จากการทดลองที่ 3 นี้สามารถสรุปได้ว่า ผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมสามารถใช้ แทนน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือได้ และสามารถอนุบาลลูกกุ้งในน้ำที่มีระบบไหลเวียนแบบปิดได้ โดยที่ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดจะสามารถลดอัตราการใช้น้ำเค็มที่ 15 ส่วนในพันได้ถึง 6 เท่า (ปริมาณการใช้น้ำเค็มในระบบหมุนเวียนแบบปิด 50 ลิตร ในขณะที่ในระบบที่มีการเปลี่ยนน้ำปกติใช้น้ำถึง 300 ลิตร)

ในการทดลองที่ 4 อัตราการรอดตายของลูกกุ้งที่เลี้ยงในน้ำเค็มที่มีระบบหมุนเวียนแบบปิดในตู้กระจกที่ติดตั้งระบบบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์แล้ว ที่ระดับความเค็ม 5, 10 และ 15 ส่วนในพันนั้นพบว่ามีอัตราการรอดตายต่ำมาก โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 30.67 $\pm$ 8.33, 62.67 $\pm$ 6.11 และ 29.33 $\pm$ 3.33 ทั้งนี้เนื่องจากการกินกันเอง (cannibalism) ในขณะที่มีการลอกคราบเนื่องจากเปลือกที่สร้างใหม่ จะมีการแข็งตัวช้า ทั้งนี้เนื่องมาจากในน้ำที่มีความเค็มต่ำย่อมมีปริมาณอิออนต่างต่ำลงไปด้วย ทำให้เกิดการขาดแคลนแร่ธาตุในน้ำ เป็นผลทำให้เปลือกแข็งตัวช้า ทำให้ต้องดึงแร่ธาตุออกมาจากเปลือกทำให้เปลือกบางลงด้วยการรักษาสมดุลของอิออนระหว่างชั้นเลือดและเปลือกผ่านทางชั้นเอพิเดอมิสมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ การเจริญเติบโตของสัตว์ในกลุ่มครัสเตรเซียนจะชะงัก หากได้รับแร่ธาตุจากทางอาหารและสิ่งแวดล้อมไม่พอเพียง (Pratoomchat et al., 2002a)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ 1และ 2 สรุปได้ว่าน้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ และผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียมมีปริมาณของอิออนหลักใกล้เคียงกัน ส่วนน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์ มีปริมาณ แคลเซียม โปแตสเซียม และแมกนีเซียม ต่ำไม่สามารถใช้ในการอนุบาล หรือเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ต้องใช้น้ำเค็มได้ ส่วนน้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ และผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม สามารถใช้ในการเพาะ และอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามได้ โดยให้อัตราการรอดและระยะเวลาที่ใช้อนุบาลจนถึงระยะ postlarvae ใกล้เคียงกัน

ส่วนการทดลองที่ 3 นั้นสามารถสรุปได้ว่าระบบน้ำเค็มแบบปิดที่ติดตั้งระบบบำบัดไนไตรท์ และแอมโมเนียแล้วนั้นสามารถใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งได้ โดยใช้น้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือ และผงเกลือสำเร็จรูปสำหรับทำน้ำทะเลเทียม ในการอนุบาล และระบบนี้สามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำเค็มได้โดยที่ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดจะสามารถลดอัตราการใช้น้ำเค็มที่ 15 ส่วนในพันได้ถึง 6 เท่า (ปริมาณการใช้น้ำเค็มในระบบหมุนเวียนแบบปิด 50 ลิตร ในขณะที่ในระบบที่มีการเปลี่ยนน้ำปกติใช้น้ำถึง 300 ลิตร)

ส่วนการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่ภาคเหนือโดยในน้ำที่มีความเค็มต่ำนั้น จะได้อัตราการรอดตายต่ำเนื่องจากการกินกันเองในระหว่างการลอกคราบ และกุ้งที่ได้มีเปลือกบางไม่แข็งแรง จึงไม่เหมาะกับการเลี้ยงในพื้นที่ ที่มีความห่างไกลจากแหล่งน้ำเค็ม

เอกสารอ้างอิง

กมลศิริ พันธนียะ, 2546. ลิโทพีเนียส แวนนาไม.

จักรตุพร วิสุทธิพันธ์. 2536. ผลของแมกนีเซียมอิออนและโพแตสเซียมอิออนที่ระดับต่างๆ ต่ออัตราการรอดของลูกกุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium rosenbergii* de Man) ในน้ำเกลือสินเธาว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ยนต์ มุสิก. 2529. การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 146 หน้า.

อนันต์ ตันสุตะพานิช. 2523. พัฒนาวิธีการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน โดยใช้ เกลือสินเธาว์ เกลือสมุทร และน้ำเค็มจากภาคอีสาน.สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดฉะเชิงเทรา. กรมประมง. กรุงเทพ. 13 หน้า.

FAO, 2000.FAO year book Fisheries statistic.Aquaculture production.90 (2):78 pp.

Gelin, A., Crivelli, A.J., Rosecchi, E. and Karambrun P. 2001. Can salinity change affect reproductive success in the brown shrimp *Crangon crangon*. *J. Crust. Biol.* 21(4) : 905 – 911.

Greenfield, M.E., Wilson, D.C. and Grenshaw, M.A. 1984. Ionotropic nucleation of calcium carbonate by molluscan matrix. *Amer Zool* 24, 925-932.

Gwinn, J.F. and Stevenson, J.R. 1973. Role of acetylglucosamine in chitin synthesis in crayfish. II. Enzymes in the epidermis for incorporation of acetylglucosamine into UDP-acetylglucosamine. *Comp Biochem Physiol* 45B: 777-785.

Henry, R.P. and Cameron, J.N. 1982. Acid-base in *Callinectes sapidus* during acclimation from high to low salinity. *J. Exp. Biol.* 101 : 255 – 264.

Ismael, D. and G.,S. Moreira. 1997. Effect of temperature and salinity on respiratory rate and development of early larval stage of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836)(Decapod,Palaemonidae). Comp.Biochem.Physiol. 118(3):871-876.

Jayachandran, K.V. 2001. Palaemonid Prawns biodiversity, taxonomy biology and management. Science Publishers. India. 624 pp.

Kirkpatrick, K. and Jones, M.B. 1985. Salinity tolerance and osmoregulation of a prawn, *Palaemon affinis* Milne Edwards (Caridea : Palaemonidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 93 : 61 – 70.

Kovalenko,E.E., R.D.Louis, L.O. Cortney and Randal. 2002. Successful microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* Aquaculture. 210:385-395.

Machado, J. Coimbra, J. Sá. C. and Cardoso, I. 1988. Shell thickening in *Anodonta cygnea* by induced acidosis. *Comp Biochem Physiol* 91A (4): 645-651.

Mangum, C.P. 1983. Oxygen Transport in the Blood *In*: *The biology of crustacea* vol.5. Bliss D.E. (Ed.), Academic Press, New York, pp.273-429.

Mangum, C.P. 1992. Physiological aspects of molting in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Amer. Zool.* 32, 459-469

Menasveta, P and S. Payatiratitivorakul. 1980. A comparative study on larviculturetechniques for the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) Aquaculture. 20:239-249.

Mantel, L.H. and Farmer, L.L. 1983 . Osmotic and ionic regulation. In: The Biology of Crustacea Vol 4. Internal anatomy and physiological regulation, Mantel, L.H. (ed), Academic press, New York, pp. 53-161.

Passano, L.M. 1960. Molting and its control. *In*: The physiology of crustacea, Vol. 1. Waterman, T.H. (Ed.), Academic Press, New York, pp 473-536

Pratoomchat, B., Sawangwong, P. Pakkong, P. and Machado, J. 2002a. Organic and inorganic variations in haemolymph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serrata* (Decapoda). *Comp Biochem Physiol* 131(2): 243-255.

Pratoomchat, B., Sawangwong, P. Guedes, R., Reis, M.D.L. and Machado, J. 2002b. Cuticle ultrastructure changes in the crab *Scylla serrata* over the molt cycle *J Exp Zool* 293 (4): 414-426

Roer, R. and Dillaman, R., 1984. The structure and calcification of the crustacean cuticle *Amer. Zool.* 24: 893-909

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Thapa,R.B. 2002. Effect of different sources of salt water and ionic concentration on larval nursing of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) De man. Master of science(aquaculture) Thesis. Kasetsart University.Bangkok.

Travis, D.F. 1955. The molting cycle of the spiny lobster, *Panulirus argus* Latreille.II. Pre-ecdysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and integumental tissues. *Biol Bull* 108, 88-112.

Vigh, D.A. and Dendinger, J.E., 1982. Temporal relationships of postmolt deposition of calcium, magnesium, chitin and protein in the cuticle of the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Comp Biochem Physiol* 72A (2), 365-369.

.Ziegler, A., 1997. Immunocytochemical localization of Na^+, K^+-ATPase in the calcium-transporting sternal epithelium of the terrestrial isopod *Porcellio scarber* L. (Crustacea) *J HistochemCytochem* 45(3), 437-446.