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)

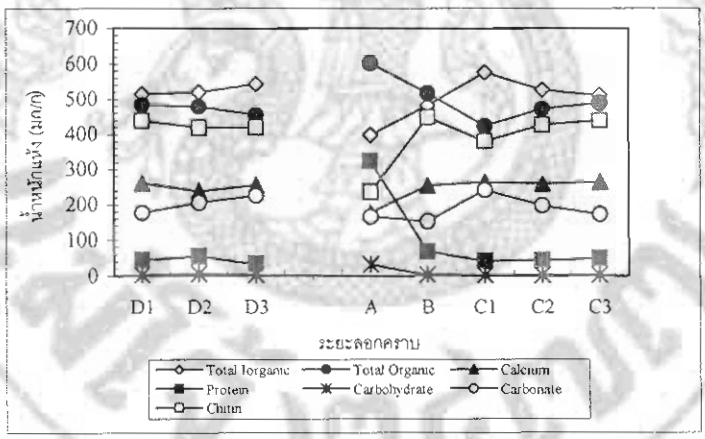
ง) ชั้นเมมเบรนนาส (Membranous layer)เป็นชั้นที่อยู่ในสุดของเปลือก อยู่ติดกับ epidermis มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ มีความหนาประมาณ 5 µm และเป็นโครงสร้างที่ย้อมติดสี eosin (Pratoomchat et al., 2002b) ประกอบด้วยไคตประมาณ 74% (Welinder, 1975) ชั้นนี้ไม่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ จึงถูกเรียกว่า uncalcified layer-โครงสร้างเนื้อเยื่อชั้นอิพิเดอมิส (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

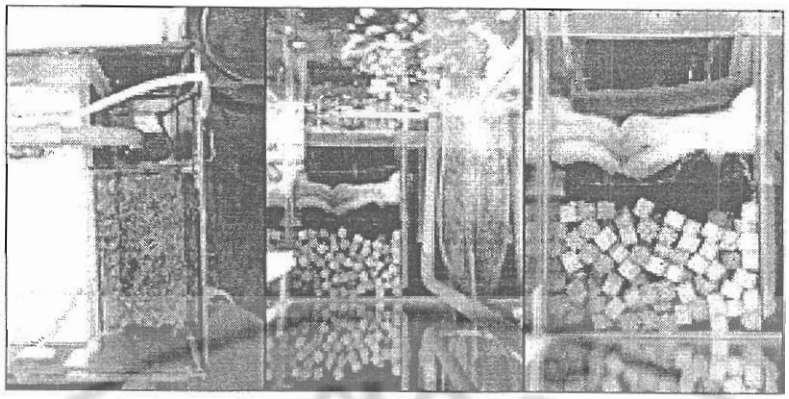
ทำการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในตู้ที่มีระบบน้ำเค็มหมุนเวียนแบบปิดโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำเลย โดยใช้น้ำเค็มที่เตรียมจากผงเกลือสังเคราะห์สำหรับทำน้ำทะเลเทียมยี่ห้อ Marinium น้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้น 120 ส่วนในพัน และน้ำเค็มที่เตรียมจากเกลือสินเธาว์โดยมีการชดเชยแร่ธาตุ โดยที่น้ำเค็มจากทั้ง 3 แหล่งมีความเค็มที่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

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์

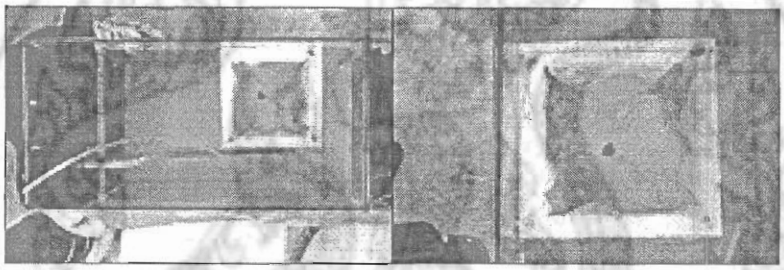
1.ตู้ทดลองขนาดความจุ 50 ลิตร พร้อมระบบกรองและบำบัดแอมโมเนีย และไนไตรท์และฝาปิด จำนวน 9 ตู้

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)

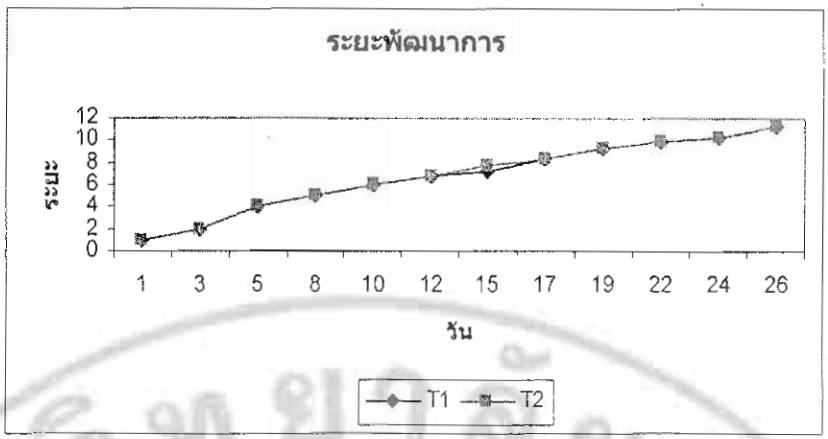
การทดลองที่ 3 การทดลองเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในน้ำเค็มระบบปิดที่เตรียมจากแหล่งต่างกัน

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

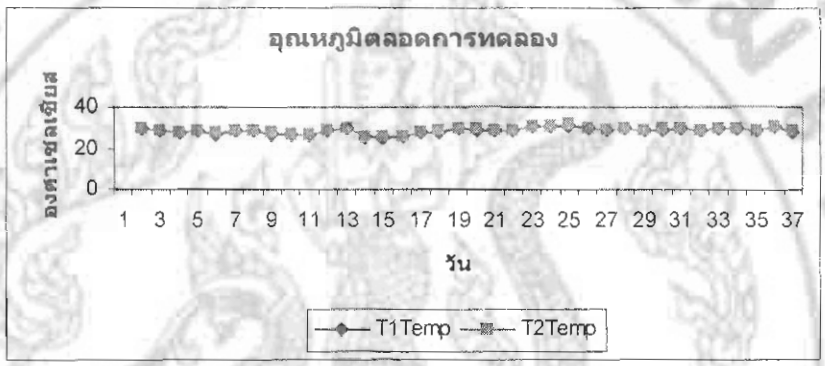
ตารางที่ 3 อัตราการรอดของลูกกุ้งที่อนุบาลในตู้ที่มีระบบน้ำไหลเวียนแบบปิดและติดตั้งระบบบำบัดไนไตรท์และแอมโมเนีย

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

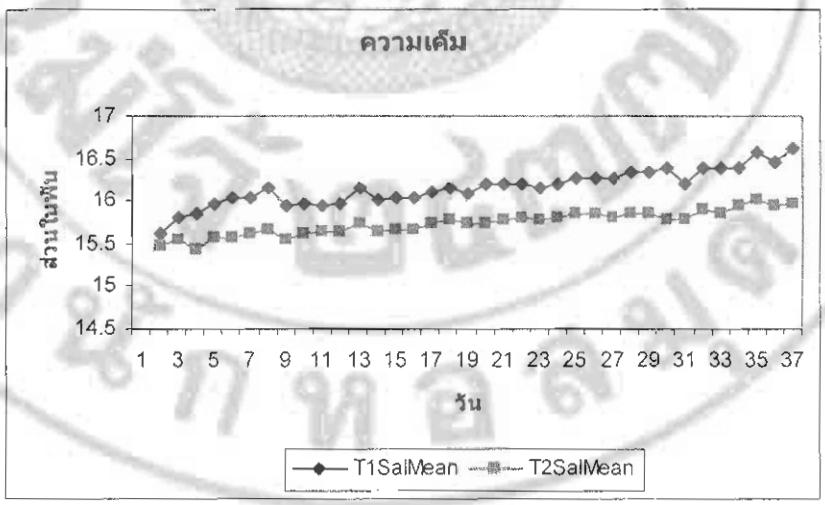
หมายเหตุค่าเฉลี่ย+SD ที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)



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