ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

ปริญญา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบของธาตุในน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)

Effect of Low Salinity and Ionic Composition of Water on Growth and Survival Rate of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone)

นามผู้วิจัย นายวิทยา รัตนะ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์ยนต์ มุสิก, Ph.D.)

กรรมการ .....

(อาจารย์สิริ เอกมหาราช, Ph.D.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระ เล็กชลยุทธ, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบของธาตุในน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)

Effect of Low Salinity and Ionic Composition of Water on Growth and Survival Rate of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone)

โดย

นายวิทยา รัตนะ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2524-3

วิทยา รัตนะ 2549: ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบของธาตุในน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ยนต์ มุสิก, Ph.D. 82 หน้า
ISBN 974-16-2524-3

กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone) ระยะ PL17 ขนาด 0.60 กรัม และขนาด 2.07 กรัม สามารถทนน้ำจืดระดับความเค็ม 0.2 ppt. ได้ 7 วัน โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยที่ 93.3, 95.0 และ 86.6 % ที่ระดับความเค็ม 0.35 ppt. กุ้งจะมีปัญหาการสร้างเปลือกหลังการลอกคราบ ทำให้มีอัตราการตายสูง ที่ระดับความเค็ม 0.5 และ 1.0 ppt. กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในระยะเวลา 2 เดือน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ 15 ppt. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราการรอดตายจะลดลงเหลือเพียง 61.7 และ 66.7 % ซึ่งต่ำกว่าอัตรารอดตายของกุ้งในกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความเค็ม 15 ppt. ที่มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 93.3 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับของ Ca^{+2} และ SO_4^{-2} ในน้ำที่ 1.94 และ 4.19 ppm. ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้งขาวในช่วงเวลาการเลี้ยง 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้น้ำทะเลเจือจางที่ระดับความเค็ม 3 ppt. ซึ่งมีปริมาณ Ca^{+2} 33 ppm. และ SO_4^{-2} 209 ppm. โดยมีอัตราการรอดตายที่ 90.0 % ซึ่งไม่แตกต่างกับอัตราการรอดตายที่ 98.3 % ของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณ Mg^{+2} ในน้ำที่ระดับ 12.00 ppm. ทำให้กุ้งขาวตายเกือบหมดภายในระยะเวลา 2 เดือน โดยมีอัตราการรอดตายเพียง 3.3-5.0 % ขณะที่ K^{+} ในน้ำที่ระดับ 7.94 ppm. มีผลให้อัตราการรอดตายของกุ้งขาวในช่วง 8 สัปดาห์ลดลงเหลือ 53.3 % แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งอัตราการรอดตายนี้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการรอดตายของกลุ่มควบคุมที่มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 98.3 %

_____ _____ ___/___/___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Wittaya Rattana 2006: Effect of Low Salinity and Ionic Composition of Water on Growth and Survival Rate of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). Master of Science (Aquaculture), Major Field: Aquaculture, Department of Aquaculture. Thesis Advisor: Associate Professor Yont Musik, Ph.D. 82 pages.
ISBN 974-16-2524-3

Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannnamei* Boone) at the sizes of PL17, 0.60 g and 2.07 g can withstand low water satinity level of 0.2 ppt for 7 days with average survival rate of 93.3, 95.0 and 86.6 %, respectively. At water salinity level of 0.35 ppt high mortality rate of experimental shrimp were observed after molting. In 2 months experimental period, good growth of shrimp were observed at 0.5 and 1.0 ppt water salinity levels which were non significantly different from that of control shrimp raising in 15 ppt water, but survival rate of shrimp were significantly decreased to 61.7 and 66.7 % comparing to the survival rate of 93.3 % of control shrimp raising in 15 ppt water.

Low concentration of Ca^{+2} and SO_4^{-2} in water at the levels of 1.94 and 4.19 ppm did not have any effect on growth rate and survival rate of white shrimp, at 8 weeks experimental period, comparing to control shrimp raising in 3 ppt diluted seawater. The concentration of Ca^{+2} and SO_4^{-2} in 3 ppt diluted seawater were 33 and 209 ppm, respectively. Survival rate of shrimp raising in low Ca^{+2} water and low SO_4^{-2} water were 90.0 % which were non significant different from survival rate of control shrimp which was 98.3 %. Low concentration of Mg^{+2} in water at the level of 12.00 ppm result in the death of most of the experimental shrimp with average survival rate of 3.3-5.0 % in 2 months experimental period. Low concentration of K^{+} in water at the level of 7.94 ppm result in significant decrease of survival rate of experimental shrimp comparing with control shrimp raising in 3 ppt diluted seawater but did not have any significant effect on growth rate of shrimp in 2 months experimental period. Survival rate of shrimp raised in water with 7.94 ppm K^{+} was 53.3 % comparing to 98.3 % survival rate of control.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ยนต์ มุสิก ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ สนับสนุน ช่วยเหลือ และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ ดร.สิริ เอกมหาราช กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระ เล็กชลยุทธ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรพงศ์ ด้วงดี ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้กรุณาแก้ไข แนะนำ หลายส่วนของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณสัญชัย ตัณฑวณิช ผู้อำนวยการโครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง คุณวิเชียร วรสายัณห์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต คุณไวยพจน์ เครือเสน่ห์ ที่ให้คำแนะนำ อนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ อำนวยความสะดวกระหว่างการทดลอง ขอขอบคุณคุณเนตรชนก เจริญลาภ คุณอำพรรัตน์ แสงทอง ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ตทุกคนที่ให้การช่วยเหลือข้าพเจ้าอย่างมาก ตลอดจนขอขอบคุณคุณยงยุทธิ์ ผกามาศ คุณวีระพล ชัยฤกษ์ ที่ได้อนุเคราะห์พันธุ์ลูกกุ้ง

ขอขอบคุณคุณจุฑารัตน์ กิตติวานิช คุณนันทวัน ศานติสาธิตกุล ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการนำเสนอวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณคุณฐิตมล อินทรชิต ที่ให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เคารพอย่างสูง รวมทั้งพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจในการเรียนและสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้ามาตลอด จนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

วิทยา รัตนะ

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	27
สรุป	47
ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	49
ภาคผนวก	55

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงกุ้งขาวระบบต่าง ๆ ของประเทศในทวีปอเมริกา	4
2	ส่วนประกอบของแร่ธาตุในน้ำประเภทต่าง ๆ	7
3	ระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุในเลือด ยูรีน ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลที่ระดับความเค็มต่าง ๆ	11
4	แสดงวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำและความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ	19
5	แสดงปริมาณแร่ธาตุที่เติมในน้ำจืดของน้ำที่ใช้ทดลองแต่ละสูตร	22
6	แสดงปริมาณและองค์ประกอบอิออนในน้ำของแต่ละสูตร	23
7	แสดงอัตรารอดตายของกุ้งในการทดลองเบื้องต้นที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	27
8	อัตรารอดตายของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ ตลอดการทดลอง	28
9	แสดงองค์ประกอบอิออนของน้ำที่ระดับความเค็มต่าง ๆ	30
10	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์	31
11	การเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยและอัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	32
12	ความเค็ม พีเอช และอุณหภูมิน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	33
13	ความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	33
14	ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ในน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	34
15	การเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	35
16	การเปรียบเทียบระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงของการลอกคราบของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มต่าง ๆ	35
17	ความเค็ม พีเอช และอุณหภูมิของน้ำในการศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง	36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง	36
19	ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ในน้ำในการศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง	37
20	ผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตรารอดตายของกุ้งระยะ PL20	38
21	ความเค็ม พีเอช อุณหภูมิ ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาว	39
22	ความเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาว	40
23	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกุ้งที่เลี้ยงในน้ำซึ่งมีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	41
24	อัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำซึ่งมีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	43
25	เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยและอัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำซึ่งมีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่างๆ ที่ระยะเวลา 2 เดือน	44
26	แสดงค่าความเค็ม พีเอช และอุณหภูมิของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	45
27	แสดงค่าความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	45
28	ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	46

ตารางผนวกที่

1	จำนวนกุ้งขาวที่รอดตายหลังจากเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่าง ๆ เป็นเวลา 1 สัปดาห์	56
2	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างกันตลอดระยะการทดลอง 8 สัปดาห์	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
3	จำนวนกุ้งขาวที่รอดตายเมื่อทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์	57
4	ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการลอกคราบจากคราบที่ 1-2 ของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	59
5	ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการลอกคราบจากคราบที่ 2-3 ของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	59
6	ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการลอกคราบจากคราบที่ 3-4 ของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	60
7	จำนวนกุ้งขาวระยะ PL20 ที่รอดตายหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบและปริมาณอิออนต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน	61
8	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกุ้งขาวหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนสูตรต่าง ๆ ตลอดระยะการทดลอง 8 สัปดาห์	62
9	จำนวนกุ้งรอดตายหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์	63
10	การปรับลดความเค็มของกุ้งในถังปรับความเค็มเพื่อให้ได้ระดับความเค็มที่ใช้ในการทดลอง	64
11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์รอดตายของกุ้งระยะ PL17 ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ	65
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์รอดตายของกุ้งขนาด 0.60 กรัม ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ	65
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์รอดตายของกุ้งขนาด 2.07 กรัม ที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ	65
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งจากคราบที่ 1- 2 ซึ่งเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	66
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งจากคราบที่ 2- 3 ซึ่งเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งจากคราบที่ 3- 4 ซึ่งเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	66
17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ระดับความเค็ม 0.35 ppt.	67
18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ระดับความเค็ม 0.5 ppt.	67
19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ระดับความเค็ม 1 ppt.	68
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ระดับความเค็ม 15 ppt.	68
21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	69
22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ในระดับความเค็มต่าง ๆ	69
23	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ในระดับความเค็มต่าง ๆ	69
24	การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายของกุ้งที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ในระดับความเค็มต่าง ๆ	70
25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายของกุ้งที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ในระดับความเค็มต่าง ๆ	70
26	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	70
27	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักตัวเฉลี่ยกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	71
28	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักตัวเฉลี่ยกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
29	การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	71
30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ	72
31	คุณสมบัติน้ำของการศึกษาเบื้องต้นระดับความเค็มที่กุ้งระยะ PL17 อาศัยอยู่ได้ 1 สัปดาห์	73
32	คุณสมบัติน้ำของการศึกษาเบื้องต้นระดับความเค็มที่กุ้งขนาด 0.60 กรัม อาศัยอยู่ได้ 1 สัปดาห์	74
33	คุณสมบัติน้ำของการศึกษาเบื้องต้นระดับความเค็มที่กุ้งขนาด 2.07 กรัมอาศัยอยู่ได้ 1 สัปดาห์	75
34	คุณสมบัติน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	76
35	คุณสมบัติน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบของกุ้ง	77
36	คุณสมบัติน้ำของการศึกษาเบื้องต้นองค์ประกอบอิออนที่กุ้งระยะ PL20 อาศัยอยู่ได้ 1 สัปดาห์	79
37	คุณสมบัติน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	80
38	แสดงปริมาณและองค์ประกอบอิออนของน้ำที่ใช้ทดลอง	81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)	3
2	บ่อเก็บน้ำฝนที่นำน้ำมาเจือจางน้ำทะเล	15
3	อัตราการปรับลดระดับความเค็มของน้ำในการเตรียมกุ้งเพื่อทดลอง	17
4	การศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวระยะ Postlarva	18
5	การศึกษาผลของระดับความเค็มต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น	18
6	การศึกษาระดับความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว	19
7	ลักษณะตู้ทดลองที่ใช้ศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่อการลอกคราบของกุ้งขาว	20
8	การศึกษาองค์ประกอบอิออนต่ออัตรารอดตายของกุ้งขาว	25
9	การศึกษาผลกระทบของอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว	26
10	แสดงอัตรารอดตายของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ	29
11	แสดงการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์	31
12	ขนาดของกุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt.	32
13	แสดงการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนต่างกัน	42
14	แสดงอัตรารอดตายของกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนต่างกัน	44

ภาพผนวกที่

1	แสดงองค์ประกอบอิออนในน้ำที่ทดลองการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง	64

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Na^+	โซเดียมอิออน
K^+	โปตัสเซียมอิออน
Cl^-	คลอไรด์อิออน
Mg^{2+}	แมกนีเซียมอิออน
Ca^{2+}	แคลเซียมอิออน
SO_4^{2-}	ซัลเฟตอิออน
HCO_3^-	ไบคาร์บอเนตอิออน
D.O.	ออกซิเจนละลายน้ำ
ppm.	ส่วนในล้าน
ppt.	ส่วนในพัน
‰	ส่วนในพัน
LC_{50}	ระดับความเข้มข้นของสารที่ทำให้สิ่งมีชีวิตตาย 50 เปอร์เซ็นต์
mEq/l	มิลลิสมมูลย์/ลิตร
nd.	ไม่มีข้อมูล

ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบของธาตุในน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannnamei* Boone)

Effect of Low Salinity and Ionic Composition of Water on Growth and Survival Rate of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone)

คำนำ

การเลี้ยงกุ้งทะเลของเกษตรกรไทยเป็นอาชีพที่มีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมาก โดยประเทศไทยสามารถส่งออกกุ้งทะเลเป็นมูลค่าปีละหลายหมื่นล้านบาท ในปีพ.ศ. 2547 มีผลผลิตประมาณ 360,000 ตัน สามารถส่งออกได้ 300,000 ตัน เป็นผลผลิตกุ้งขาว 80 % และกุ้งกุลาดำ 20 % มีมูลค่า 98,680 ล้านบาท (สิริ, 2548) กุ้งขาวเป็นกุ้งมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกา และเป็นกุ้งชนิดที่นิยมเลี้ยงสูงในแถบซีกโลกตะวันตก (western hemispere) แต่ปัจจุบันมีการเลี้ยงแพร่หลายในแถบเอเชีย เช่น จีน ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย โดยในประเทศไทยเริ่มนำกุ้งชนิดนี้มาเลี้ยงประมาณ พ.ศ.2540 เนื่องจากเป็นกุ้งที่เลี้ยงค่อนข้างง่าย มีการเจริญเติบโตเร็ว และสามารถปรับตัวอยู่ในความเค็มต่ำได้ดี (Bray *et al*.,1994) ทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการเลี้ยงระบบความเค็มต่ำ

ปัจจุบันมีผู้อ้างว่าสามารถใช้เกลือแร่ผสมน้ำจืดเพื่อเลี้ยงกุ้งขาวได้โดยไม่ต้องใช้น้ำทะเล และมีรายงานอย่างไม่เป็นทางการว่ากุ้งขาวสามารถเลี้ยงในน้ำจืดที่มีปริมาณเกลือแร่ในระดับหนึ่งได้ โดยทั่วไปส่วนประกอบของแร่ธาตุของน้ำทะเล น้ำกร่อย และน้ำจืดจะมีองค์ประกอบและระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน รวมทั้งในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งมาช้านาน ที่มีการใช้พวกปูนแคลเซียมและเคมีภัณฑ์ในปริมาณสูง อาจทำให้องค์ประกอบของแร่ธาตุของแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงหรือเสียสมดุลไป จนไม่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก็เป็นไปได้

แร่ธาตุในน้ำ เช่น Na^{+}, Cl^{-}, K^{+}, $Mg,^{+2}$ Ca^{+2} และ SO_4^{-2} เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้ง (Saoud *et al*., 2002) เพราะมีผลต่อขบวนการปรับสมดุลเกลือแร่ (osmoregulation) ของกุ้ง การลอกคราบ และการสร้างเปลือกของกุ้ง ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งทะเลที่ความเค็มต่ำ โอกาสที่จะขาดแร่ธาตุตัวใดตัวหนึ่งหรือมีปริมาณไม่เพียงพอจึงเป็นไปได้สูง ซึ่งอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งที่เลี้ยงได้ การศึกษาตามโครงการวิจัยนี้เพื่อให้เกิด

ความชัดเจนถึงระดับความเค็มของน้ำต่ำสุดที่กุ้งขาวสามารถรอดตายและเจริญเติบโตได้ รวมถึงผลกระทบของแร่ธาตุในน้ำที่อาจมีผลต่ออัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งขาว เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดต่อไป

<u>วัตถุประสงค์</u>

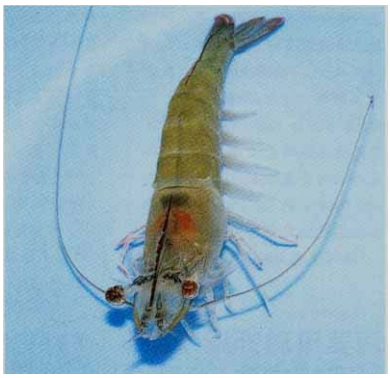
1. เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่ำของน้ำระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)

2. เพื่อศึกษาผลของอิออน โปตัสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และซัลเฟต ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกุ้งขาว

กุ้งขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) มีชื่อพ้อง (synonyme) *Penaeus vannamei* มีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น Pacific white shrimp, West Coast white shrimp, White leg shrimp (FAO name) (Poss, 1998) กุ้งขาวเป็นกุ้งขนาดกลาง มีลำตัวขาวใส ขาสีขาวใส หางมีสีแดง ลักษณะของกรียาวตรง โดยมีฟันกรีด้านบน 9 ซี่ ฟันกรีด้านล่าง 2 ซี่ ที่เปลือกส่วนหัว (carapace) มี antennal spine และ hepatic spine มีสันข้างกรี (adrostral carina) ยาวถึงฟันกรีอันสุดท้าย (epigastric tooth) แต่ยาวไม่เกินครึ่งหนึ่งของ carapace (ประจวบ, 2543) ส่วนหนวดจะมีสีแดงตลอดทั้งเส้น



ภาพที่ 1 ลักษณะของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)

กุ้งขาวเป็นกุ้งที่อาศัยบริเวณพื้นท้องน้ำที่เป็นโคลน ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งจนถึงระดับความลึก 72 เมตร (Dore and Frimodt, 1987) โดยในระยะวัยรุ่น (juveniles) และตัวเต็มวัย (adults) จะเริ่มอพยพจากชายฝั่งสู่น้ำลึกที่ซึ่งมีคุณภาพน้ำค่อนข้างคงที่ เพื่อพัฒนาเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์จนถึงขั้นสมบูรณ์ หลังจากนั้นก็จะผสมพันธุ์และวางไข่บริเวณนอกฝั่ง และอาศัยกระแสคลื่นพัดพาไข่และตัวอ่อนสู่ชายฝั่งและปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีอาหารสมบูรณ์ โดยลูกกุ้งวัยอ่อนก็จะดำรงชีพบริเวณชายฝั่ง (Whetstone *et al*., 2002) กุ้งขาวเป็นกุ้งเขตร้อนมีถิ่นกำเนิดและแพร่กระจายบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก ตั้งแต่ตอนเหนือประเทศเม็กซิโก ถึงตอนเหนือของประเทศเปรู (Holthuis, 1980)

2. การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศแถบทวีปอเมริกา

การทำฟาร์มเลี้ยงกุ้งเชิงธุรกิจในประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มเลี้ยงตั้งแต่ช่วงปลายทศวรรษ คศ.1960 แต่ระยะแรกจะเป็นการเลี้ยงกุ้งในท้องถิ่น ต่อมานักวิจัยพบว่ากุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* ซึ่งเป็นกุ้งจากแถบชายฝั่งแปซิฟิคทางตอนกลางและตอนใต้ของทวีปอเมริกา เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่ายและให้ผลผลิตสูงเมื่อเลี้ยงในบ่อ ทำให้หันมาเลี้ยงกุ้งชนิดนี้กันมาก กุ้งขาวมีการศึกษาค้นคว้าและปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนวิธีเลี้ยงมานาน จนสามารถควบคุมคุณภาพของลูกพันธุ์ และอัตราการเจริญเติบโตได้ เป็นกุ้งที่สามารถผสมพันธุ์ได้ในที่ล้อมขังดีกว่ากุ้งกุลาดำ และมีการวิจัยและทำให้พ่อ-แม่พันธุ์ปลอดโรค (pathogen free) และต้านทานโรค (pathogen resistant) ได้ (ประจวบ, 2543) ปัจจุบันกุ้งขาวเป็นกุ้งที่นิยมเลี้ยงสูงสุดในแถบซีกโลกตะวันตก มีผลผลิต 90 เปอร์เซ็นต์ของกุ้งที่เลี้ยงทั้งหมดในแถบซีกโลกตะวันตก (Eddleman, 1998) การเลี้ยงกุ้งในแถบนี้สามารถแบ่งระบบการเลี้ยงได้ 3 ระบบ คือ การเลี้ยงแบบธรรมชาติ (extensive) การเลี้ยงกึ่งพัฒนา (semi-intensive) และการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) โดยทั่วไปในแต่ละประเทศส่วนมากมีระบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงกุ้งขาวระบบต่างๆ ของประเทศในทวีปอเมริกา

ประเทศ	ระบบการเลี้ยง (%)		
	ธรรมชาติ (Extensive)	กึ่งพัฒนา (Semi-intensive)	พัฒนา (intensive)
โคลัมเบีย	5	90	5
เอกวาดอร์	50	45	5
ฮอนดูรัส	15	85	-
เม็กซิโก	25	70	5
บราซิล	50	50	-
สหรัฐอเมริกา	-	90	10

ที่มา: Eddleman (1998)

3. <u>การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทย</u>

การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยเริ่มมีขึ้นประมาณ พ.ศ. 2540 โดยเกษตรกรได้นำลูกกุ้งจากประเทศไต้หวันมาทดลองเลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งระยะแรกการเลี้ยงกุ้งชนิดนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการตลาดเนื่องจากยังไม่มีระบบตลาดภายในประเทศรองรับ (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 2546) มีลักษณะการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) โดยมีการปล่อยกุ้งที่ระดับความหนาแน่นสูง มีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งมีระดับโปรตีนประมาณ 25-40 เปอร์เซ็นต์ มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศและจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง โดยทั่วไประดับความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงขาวในประเทศไทยขึ้นอยู่กับศักยภาพในแต่ละท้องที่ ซึ่งพอจะแบ่งระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงเป็น 2 ระดับ คือ ระดับความเค็มต่ำประมาณ 1-2 ส่วนในพัน และความเค็มปกติประมาณ 15-30 ส่วนในพัน

ลักษณะการเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อดิน แบ่งได้ 2 ลักษณะ

1. ปล่อยเสริมลูกกุ้งระยะ PL12-15 ร่วมกับกุ้งกุลาดำ เมื่อกุ้งกุลาดำอายุได้ 45-60 วัน โดยปล่อยในอัตราประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกุ้งกุลาดำ

2. ปล่อยลูกกุ้งระยะ PL12-15 ลงเลี้ยงเดี่ยวที่อัตรา 80,000-100,000 ตัวต่อไร่

จังหวัดที่มีการเลี้ยงกุ้งขาวได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสาคร นครปฐม และสุพรรณบุรี (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 2546)

4. <u>คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งทะเล</u>

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่จัดอยู่ในพวกสัตว์เลือดเย็น หรือพวก poikilothermic คือ อุณหภูมิของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำรอบๆ ตัว ที่เปลี่ยนแปลงตามรอบวันและฤดูกาล (Boyd and Tucker, 1998) อัตราของขบวนการเมตาโบลิซึม (metabolic rate) ของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ขบวนการเมตาโบลิซึมที่สำคัญ ได้แก่ การว่ายน้ำ การหายใจ การกินและย่อยอาหาร การขับถ่าย การเต้นหัวใจ เป็นต้น ในกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นกุ้งจะมีอัตราขับถ่ายแอมโมเนีย (ammonia-N) สูงขึ้นด้วย (Jiang et al., 2000) สิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้งในขบวนการเมตาโบลิซึมจะอยู่ในรูปแอมโมเนียเป็น

ส่วนใหญ่โดยมีประมาณ 61.9-84.3 % ของไนโตรเจนทั้งหมด และถูกขับออกมาทางเหงือกกุ้งเสียเป็นส่วนใหญ่ (Burford and Williams, 2001)

การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำซึ่งเป็นผลจากกระบวนการทางชีวเคมีหลายกระบวนการ จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิซึ่งให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิแคบๆ และถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปอีกหลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง และสุดท้ายจะถึงอุณหภูมิที่ทำให้สัตว์น้ำตาย ในกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* อุณหภูมิที่มีอัตราการเจริญเติบโตดี และมีอัตรารอดสูงอยู่ในช่วงประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส (Ponce-Palafox et al.,1997) ส่วน Wyban *et al*. (1995) รายงานระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกุ้งขาวว่าจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดกุ้ง คือ กุ้งเล็ก (น้ำหนักน้อยกว่า 5 กรัม) อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 30 องศาเซลเซียส สำหรับในกุ้งโต (น้ำหนักมากกว่า 15 กรัม) อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 27 องศาเซลเซียส และการลดลงของอุณหภูมิทำให้กุ้งมีค่า osmoregutatory capacity ต่ำลง (Lemaire *et al*., 2002)

ระดับแอมโมเนียในน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยผลกระทบของการเพิ่มแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะเพิ่มกำลังผลิตของบ่อโดยเป็นปุ๋ยให้แก่แพลงก์ตอนพืช และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยตรง ซึ่งอาจมีผลตั้งแต่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายต่ำ หรือทำให้สัตว์น้ำตายในระยะเวลาสั้น ๆ Lin and Chen (2001) ศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อลูกกุ้ง *Litopenaeus vannamei* (ความยาว 22±2.4มม.) ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ pH 8.05, อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า LC_{50} ของแอมโมเนีย 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 15, 25 และ 35 ppt. มีค่าเท่ากับ24.39, 35.4 และ 39.54 mg/l. ตามลำดับ (1.20, 1.57 และ 1.60 mg/l.NH_3-N ตามลำดับ)

ความเค็มของน้ำ คือปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายหรือแตกตัวเป็นอิออนอยู่ในน้ำ อิออนที่สำคัญประกอบด้วย calcium, magnesium, sodium, potassium, bicarbonate, chloride และ sulfate ความเข้มข้นของอิออนเหล่านี้จะผันแปรไปตามความแตกต่างของน้ำ ความเค็มของน้ำในทะเลเปิดโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 33-34 ส่วนในพัน แต่บริเวณปากแม่น้ำอาณาเขตที่น้ำเค็มกับน้ำจืดติดต่อกัน ความเค็มจะผันแปรในช่วงกว้าง

Stainton et al. (1977) ได้แบ่งประเภทของน้ำตามระดับความเค็มได้ 3 ประเภท

น้ำจืด (freshwater)	มีความเค็มระหว่าง 0- 0.5 ส่วนในพัน
น้ำกร่อย (brackish water)	มีความเค็มระหว่าง 0.5-30 ส่วนในพัน
น้ำเค็ม (sea water)	ความเค็มมากกว่า 30 ส่วนในพัน

นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำทะเล น้ำกร่อย และน้ำจืด มีส่วนประกอบของแร่ธาตุแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของแร่ธาตุในน้ำประเภทต่างๆ

แร่ธาตุ	น้ำทะเล (mg/l)	น้ำกร่อย (mg/l)	น้ำจืด (mg/l)
Chloride	19,000	12,090	6
Sodium	10,500	7,745	8
Sulfate	2,700	995	16
Magnesium	1,350	125	11
Calcium	400	308	42
Potassium	380	75	2
Bicarbonate	142	156	174
อื่นๆ	80	35	4
รวม	34,558	21,529	263

ที่มา: Boyd (1989)

ความเค็มของน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะระบบการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย (water regulatory system) ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของแรงดัน osmotic ระหว่างภายในตัวสัตว์น้ำและน้ำภายนอก สัตว์น้ำจืดจะมีแรงดัน osmotic ภายในตัวสูงกว่าน้ำที่อยู่ภายนอก ดังนั้นน้ำภายนอกจึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย สัตว์น้ำจืดจึงต้องพยายามขจัดเอาน้ำส่วนเกินเหล่านี้ออกไป ในทางตรงกันข้ามสัตว์น้ำเค็มที่อาศัยอยู่ในทะเลจะมีแรงดัน osmotic ต่ำกว่าน้ำทะเล ดังนั้นน้ำภายในตัวก็จะออกนอกร่างกายได้ง่าย สัตว์ทะเลจึงต้องพยายามเก็บรักษา

ปริมาณน้ำไว้ให้มาก สำหรับสัตว์น้ำกร่อยที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มมาก จะมีความสามารถในการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน osmotic ได้ดี (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

กุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* เป็นกุ้งที่สามารถอาศัยได้ในความเค็มช่วงกว้างประมาณ 1-40 ส่วนในพัน (Bray *et al*., 1994) แต่ระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกุ้งแตกต่างกันไป กุ้งขาวในระยะ Postlarva มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุดเมื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็มประมาณ 33-40 ส่วนในพัน (Ponce-Palafox *et al*.,1997) โดยทั่วไปกุ้งในกลุ่ม Penaeid ช่วงระยะ Postlarva 10-40 เป็นช่วงที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่กว้าง (Tsuzuki *et al*., 2000) McGraw *et al*. (2002) รายงานว่า ลูกกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* ระยะ PL10 สามารถปรับลดความเค็มต่ำในน้ำทะเลเทียมได้ถึง 4 ppt. ส่วนกุ้งในระยะ PL15 และ PL20 สามารถปรับลดความเค็มต่ำได้ถึงระดับ 1 ppt.

Bray *et al*. (1994) ศึกษาระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* วัยรุ่น (น้ำหนัก 1.6 กรัม) โดยทดลองเลี้ยงในถังที่ความเค็ม 5 ระดับ คือ 5, 15, 25, 35 และ 49 ส่วนในพัน พบว่าที่ระดับความเค็ม 5 และ 15 ส่วนในพัน กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าที่ระดับความเค็มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า 2 กรัม/สัปดาห์ ส่วน Samocha *et al*. (1998) ศึกษาระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* น้ำหนักเริ่มต้น 2.26 กรัม ทดลองเลี้ยงในถังที่มีระบบน้ำหมุนเวียน ที่ระดับความเค็ม 2, 4 และ 8 ส่วนในพัน โดยใช้เวลาเลี้ยง 70 วัน ปรากฏว่ากุ้งมีอัตรารอด 98.75-100 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการเจริญเติบโต 1.67-1.70 กรัม/สัปดาห์ น้ำหนักสุดท้ายของกุ้งในแต่ละความเค็มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Saoud *et al*. (2002) ได้ศึกษาองค์ประกอบอิออนในน้ำต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* ขนาด 1.30 กรัม ที่เลี้ยงด้วยน้ำเกลือใต้บาดาล (saline ground water) จากแหล่งต่างๆ ที่ระดับความเค็มต่ำเป็นเวลา 55 วัน พบว่าอัตรารอดตายสูงและเจริญเติบโตได้ดีในน้ำดังกล่าว โดยกุ้งในระยะ Postlarva สามารถปรับสภาพอยู่ได้และมีอัตรารอดตายมากกว่า 90 % หลังจากวิเคราะห์พบว่าอัตรารอดของกุ้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณอิออนของ K^{+}, Mg^{+2}, และ SO_4^{-2}

5. <u>ความสำคัญของแร่ธาตุ และการปรับสมดุลแร่ธาตุและน้ำ (osmoregulation) ในกุ้ง</u>

แม้ว่าโซเดียม และคลอไรด์ ต่างเป็นอิออนที่สำคัญที่สุดในขบวนปรับการสมดุลแร่ธาตุของสัตว์น้ำในทะเล (Castille and Lawrence, 1981) แต่อิออนตัวอื่น ๆ ต่างเกี่ยวข้องต่อขบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุของสัตว์น้ำเช่นกัน โดยกุ้งต้องการแร่ธาตุเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ กัน (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaum *et al*., 2001)

แคลเซียม เป็นส่วนประกอบสำคัญของโครงสร้างเปลือก โดยปกติแคลเซียมจะสะสมใน hepatopancreas ในรูปของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต ($CaPO_4$) มีการสะสมแคลเซียมในเลือด และส่วนอื่นของร่างกาย เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ควบคุมการหลั่งฮอร์โมน โดยทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยในการย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นไปอย่างสมบูรณ์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ควบคุมการเต้นของหัวใจ และการทำงานของระบบประสาทที่รอยต่อกับกล้ามเนื้อ

แมกนีเซียม กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ให้ทำงานดีขึ้น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่จะเปลี่ยน ATP ให้เป็น ADP ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และการเจริญเติบโต ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม

โซเดียม คลอไรด์ และโปตัสเซียม แร่ธาตุทั้ง 3 ชนิดมีหน้าที่ในการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งในสภาวะปกติภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของ K^+ มากกว่า แต่มี Na^+ และ Cl^- น้อยกว่าภายในนอกเซลล์ ซึ่งความเข้มข้นของแร่ธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้มีอิทธิพลต่อการผ่านเข้า และออกนอกเซลล์ของน้ำ หรือช่วยรักษาปริมาณน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ

Saoud *et al*. (2002) ได้ศึกษาอัตราการรอดตายของกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* ที่เลี้ยงในน้ำเกลือจากใต้บาดาล แนะนำว่าธาตุโปตัสเซียมมีความสัมพันธ์ที่สุดต่อการรอดตายในกุ้งระยะ Postlarva หากเพิ่มโปตัสเซียมในน้ำให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับในน้ำทะเลที่ความเค็ม 4 ppt. จะเพิ่มอัตราการรอดตายของกุ้งจากน้อยกว่า 50 % เป็นมากกว่า 85 % สำหรับแมกนีเซียมและซัลเฟตต่างมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายเช่นกัน และกล่าวอ้างการศึกษาของ Mantel and Farmer (1983) ว่าโปตัสเซียมไม่ได้มีส่วนช่วยเพิ่มระดับ osmolality ในเลือด แต่โปตัสเซียมมีความสำคัญ

ต่อการทำงานของ Na^+-K^+ ATPase ในการขนส่งแร่ธาตุ และขบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุ สำหรับแมกนีเซียมและซัลเฟตต่างมีความสำคัญต่อขบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุเช่นกัน

Cawthorne *et al*. (1983) ศึกษาเกี่ยวกับการรอดตายของกุ้งกุลาดำระยะ Postlarva ที่เลี้ยงในทะเลเทียมความเค็มต่ำ (1.7 ส่วนในพัน) ใช้เกลือเพียงชนิดเดียว เช่น NaCl, $CaCl_2$, $MgSO_4$ ในการเตรียมน้ำทะเลเทียม ปรากฏว่าไม่สามารถใช้เลี้ยงกุ้งได้ ดังนั้นการเตรียมน้ำทะเลเทียมจำเป็นต้องเติมเกลือมากกว่า 1 ตัว

มีรายงานการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ในประเทศเอกวาดอร์ ฟาร์มกุ้งหลายแห่งมีปัญหาการตายของกุ้ง หลังจากนำน้ำมาวิเคราะห์หาอิออนพบว่ามีปริมาณ K^+ น้อยกว่า 10 mg/l. จึงแก้ปัญหาโดยการเติมปุ๋ยโปตัสเซียมคลอไรด์ลงไปเพื่อให้มีความเข้มข้น K^+ มากกว่า 50 mg/l. พบว่าอัตรารอดของกุ้งสูงขึ้น (Boyd, 2002)

กุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* มีสภาพ hypo-osmotic regulation เมื่ออาศัยในน้ำที่ความเค็มสูง และมีสภาพ hyper-osmotic regulation เมื่ออยู่ที่ความเค็มต่ำ โดยมีจุด isosmotic ที่ 718 mOsm/kg หรือที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนในพัน (Castille and Lawrence, 1981) ส่วนกุ้งสกุล penaeid อื่นๆ มีจุด isosmotic ที่ระดับความเค็มระหว่าง 20-30 ส่วนในพัน (Lin *et al*., 2000)

Lin *et al*. (2000) ได้ศึกษาปริมาณแร่ธาตุคลอไรด์ โซเดียม โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ในเลือด ยูรีน ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่ความเค็ม 5, 25 และ 45 ส่วนในพัน พบว่าความเข้มข้นของคลอไรด์ ในยูรีนมีปริมาณสูงกว่าในเลือดเล็กน้อยที่ความเค็ม 5 และ 45 ส่วนในพัน ส่วนความเข้มข้นของโซเดียม โปตัสเซียม และ แคลเซียม ในเลือดและยูรีนไม่แตกต่างกันในทุกระดับความเค็ม ส่วนความเข้มข้นของแมกนีเซียมในยูรีนจะสูง แต่ในเลือดจะต่ำ โดยที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเลือดและยูรีนจะแตกต่างกันมากในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง (ตารางที่ 3) โดยสรุปว่า เมื่อความเค็มสูงขึ้นอัตราส่วนของแมกนีเซียมในยูรีนต่อในเลือดก็จะมีค่าเพิ่ม จาก 2.3-13.5 แสดงว่ามีการขับแมกนีเซียมผ่านทางยูรีน เพื่อรักษาระดับแมกนีเซียมในเลือดให้อยู่ในสภาพ hypoionic

ตารางที่ 3 ระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุในเลือด ยูรีน ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลที่ความเค็ม 5, 25 และ 45 ส่วนในพัน (หน่วย : mEq/l)

แร่ธาตุ	ความเค็ม 5 ppt			ความเค็ม 25 ppt			ความเค็ม 45 ppt		
	เลือด	ยูรีน	น้ำทะเล	เลือด	ยูรีน	น้ำทะเล	เลือด	ยูรีน	น้ำทะเล
Chloride	286	302	68	321	330	368	404	423	710
Sodium	283	271	56	317	326	331	391	380	615
Potassium	7.7	7.0	1.1	8.7	8.8	7.6	9.9	9.3	13.6
Calcium	27.4	25.3	2.1	32.6	29.9	15.0	34.6	40.7	26.4
Magnesium	7.3	16.9	10	12.3	80.5	76.0	17.9	242	139

ที่มา: Lin *et al*. (2000)

6. การเจริญเติบโตและการลอกคราบของกุ้ง

การลอกคราบเป็นกลไกสำคัญในการดำรงชีวิตของสัตว์พวกครัสเตเซียน เนื่องจากเป็นกลไกที่เกี่ยวข้องกับสรีระและมีผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตขึ้น การเจริญเติบโตและการลอกคราบจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่เชื่อมโยงกันและมีความสัมพันธ์กันเป็นระบบ ในการลอกคราบของกุ้งจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลาง และระบบต่อมไร้ท่อ ที่ทำหน้าที่หลั่งฮอร์โมนยับยั้งการลอกคราบ (molt-inhibiting hormone) และฮอร์โมนลอกคราบ (molting hormone) และมีปัจจัยต่างๆที่กระตุ้นให้เกิดการลอกคราบ ได้แก่ ปัจจัยภายนอกซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการลอกคราบ เช่น แสง อุณหภูมิ และอาหาร เป็นต้น ปัจจัยภายใน เช่น การสะสมสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ไว้จนเพียงพอต่อการสร้างเปลือกใหม่ สามารถแบ่งระยะลอกคราบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ระยะก่อนการลอกคราบ (premolt stage) ระยะลอกคราบ (molting stage) และระยะหลังลอกคราบ (postmolt stage)

Chen and Chen (1992) ได้ศึกษาผลจากไนไตรท์ต่อการลอกคราบของกุ้งกุลาดำวัยรุ่นขนาดเฉลี่ย 1.4 กรัมที่เลี้ยงในถังทดลอง ความเข้มข้นของไนไตรท์ที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 80 วัน ผลปรากฏว่า ระดับความเข้มข้นของไนไตรท์ช่วยเพิ่มความถี่ในการลอกคราบในกุ้งกุลาดำ จากการหาค่าความถี่การลอกคราบของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในระยะเวลาดังกล่าว ที่ระดับความเข้มข้นของ

ไนไตรท์ 0 (control) 2, 4, 8 และ 20 mg/l มีค่าเท่ากับ 6.27, 6.30, 6.34, 6.92 และ 7.14 ครั้ง ตามลำดับ โดยกุ้งที่อาศัยในระดับความเข้มข้นไนไตรท์ตั้งแต่ 8 mg/l จะมีเวลาในระยะ intermolt น้อยกว่ากุ้งในกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

Hoang *et al*. (2002) ได้ศึกษาความเข้มแสงและช่วงเวลารับแสง ต่อการเจริญเติบโตและการลอกคราบในกุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis* โดยทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลอง ปรากฏว่าทั้งความเข้มแสงและช่วงเวลารับแสงต่างมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง แต่ไม่มีผลต่อความถี่ในการลอกคราบของกุ้ง โดยกุ้งที่อาศัยที่ความเข้มแสง 750 ลักซ์ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มสูงกว่ากุ้งที่อาศัยที่ความเข้มแสง 75 ลักซ์ ($P<0.01$) และช่วงเวลาสว่าง 7 ชั่วโมงสลับมืด 5 ชั่วโมง ทำให้กุ้งเจริญเติบโตเร็วกว่าช่วงเวลาสว่าง 12 ชั่วโมงสลับมืด 12 ชั่วโมง ($P<0.05$)

จิราภรณ์ (2533) ศึกษาการลอกคราบของกุ้งกุลาดำพบว่า ช่วงระยะเวลาของวงจรการลอกคราบเพิ่มขึ้นตามขนาดของกุ้งโดยกุ้งในระยะ PL20-25 ซึ่งมีขนาดยาว 0.5 นิ้ว กุ้งขนาดความยาว 1.5-1.7 นิ้ว กุ้งขนาดความยาว 4.4-4.8 นิ้ว และกุ้งขนาดความยาว 5.15-5.80 นิ้ว มีระยะเวลาวงจรการลอกคราบเฉลี่ย 2.6, 5.2, 20.4 และ 26 วัน ตามลำดับ การเพิ่มอัตราการเปลี่ยนน้ำจาก 20 % เป็น 60 % และการปรับลดความเค็มของน้ำลงในช่วง 10-30 ppt. ไม่มีผลที่จะไปกระตุ้นให้กุ้งกุลาดำลอกคราบเร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยควบคุม

สุริยะ (2540) ศึกษาผลของแอมโมเนียและระดับความเค็มต่อระยะเวลาลอกคราบของกุ้งกุลาดำ ขนาด 1.13-1.5 กรัม โดยเลี้ยงในตู้กระจกที่ระดับความเค็ม 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 ส่วนในพัน และความเข้มข้นแอมโมเนีย 4 ระดับ คือ 0, 3.5, 7 และ 14 mg/l ammonia-N เป็นเวลา 60 วัน พบว่าการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียทำให้ระยะเวลาการลอกคราบจากคราบที่ 1 ไปยังคราบที่ 2 สั้นลง การทดลองในระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 ส่วนในพัน ปรากฏว่าที่ความเค็ม 10 ส่วนในพัน ระยะเวลาการลอกคราบสั้นที่สุด โดยที่ความเค็มดังกล่าวความเข้มข้นแอมโมเนียที่ 0, 3.5, 7 และ 14 mg/l ammonia-N มีค่าเท่ากับ 11.45, 10.23, 9.49 และ 9.31 วัน ตามลำดับ ($P < 0.01$)

Cheng *et al*. (2002) ได้ศึกษาระดับอิออน Cl^-, Na^+, K^+, Mg^{+2}, Ca^{+2} ในเลือดกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* พบว่าระดับอิออนดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามระยะของการลอกคราบ โดย Cl^-, Na^+, K^+, จะสูงสุดในระยะช่วงต้นก่อนการลอกคราบ (D_0/D_1) และระยะระหว่างลอกคราบ

(intermolt) แต่จะมีระดับต่ำสุดในระยะหลังลอกคราบ ระดับ Ca^{+2} ในเลือดสูงสุดในระยะช่วงปลายก่อนลอกคราบ (D_2/D_3) ส่วนระดับ Mg^{+2} ในเลือดไม่มีความแตกต่างในแต่ละช่วงระยะของการลอกคราบ

การศึกษาปริมาณเกลือแร่ในเปลือกครัสเตเซียน ส่วนใหญ่มีการศึกษาปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สะสมอยู่ในเปลือกเมื่อครัสเตเซียนชนิดนั้นอยู่ในระยะ intermolt Vijayan and Diwan (1996) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสในเปลือกกุ้ง *Penaeus indicus* ในช่วงการลอกคราบต่างๆ ของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำทะเลความเค็มปกติ พบว่าปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม มีปริมาณสูงในระยะระหว่างการลอกคราบ (intermolt) และระยะก่อนลอกคราบช่วงต้น แต่จะมีปริมาณต่ำสุดในระยะหลังลอกคราบเสร็จใหม่ๆ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสพบได้สูงในระยะก่อนลอกคราบช่วงปลาย และหลังลอกคราบเสร็จใหม่ๆ

Huner (1979) ศึกษาการสร้างแร่ธาตุในเปลือกกุ้ง *Penaeus californiensis* ขนาด 3-4 กรัม โดยวิเคราะห์หาระดับ แคลเซียม แมกนีเซียม และ ฟอสฟอรัส ในเปลือกกุ้งหลังจากลอกคราบที่เวลา 0, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเปลือกกุ้งเริ่มมีปริมาณสูงตามระยะเวลา โดยมีระดับคงที่ภายใน 24 ชั่วโมงหลังลอกคราบ ส่วนของเปลือกบริเวณกรีและเปลือกหัวจะมีแคลเซียมสูงกว่าเปลือกลำตัว โดยในโครงสร้างของเปลือกกุ้งพบแคลเซียมเป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนแมกนีเซียมและฟอสฟอรัส ต่างเป็นส่วนประกอบรองลงไป

Brown *et al*. (1991) ศึกษาปริมาณแคลเซียมในกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในน้ำมีค่าความกระด้างระหว่าง 9-326 mg/l พบว่าในน้ำที่มีค่าความกระด้างต่ำ ปริมาณแคลเซียมในเปลือกคลุมหัว (carapace) ของกุ้งในระยะ intermolt มีปริมาณสูง แต่แคลเซียมในคราบเปลือกคลุมหัว (cast carapaces) มีปริมาณต่ำ แสดงว่ามีการดึงแคลเซียมจากเปลือกเก่าก่อนที่จะลอกคราบ โดยกุ้งที่อาศัยในน้ำที่ค่าความกระด้างต่ำจะมีปริมาณแคลเซียมในเปลือกและคราบแตกต่างมากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

กุ้งขาววัยอ่อนระยะ Postlarva และกุ้งขาววัยรุ่นจากฟาร์มอนุบาลของเอกชน และจากโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต

2. สารทดลอง

2.1 แร่ธาตุเกรดอุตสาหกรรมสำหรับใช้เตรียมน้ำทดลองตามสูตรอิออนต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ NaCl, $NaHCO_3$, $CaCl_2$, KCl, $MgCl_2$ และ Na_2SO_4

2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1 ชุดเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.3 ตู้ทดลอง และถังทดลอง

3.4 อาหารเม็ดสำเร็จรูป

3.5 สวิง

3.6 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

วิธีการ

1. การศึกษาผลของระดับความเค็มต่ำของน้ำต่อการเจริญเติบโต การลอกคราบ และอัตราการรอดตายของกุ้งขาว

การทดลองนี้จะศึกษาผลของความเค็มของน้ำในระดับต่ำต่ออัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวดำเนินการโดยทำการทดลองเบื้องต้นระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ระดับความเค็ม 0.2, 0.35, 0.5, 1, 2, และ 5 ส่วนในพัน จากผลการทดลองเบื้องต้นเลือกระดับความเค็มซึ่งกุ้งรอดตายมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์มาอีก 4 ระดับ และใช้ความเค็มที่ระดับ 15 ส่วนในพันเป็นชุดควบคุม

1.1 น้ำสำหรับทดลอง

น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งเป็นน้ำทะเลธรรมชาติจากบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันบริเวณศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต และใช้น้ำจืดจากบ่อเก็บน้ำฝนซึ่งมีพลาสติกพีอี (polyethylene) ปูพื้นบ่อ (ดังภาพที่ 2) มาใช้ในการเจือจางน้ำทะเลให้ได้ระดับความเค็มที่ต้องการ ก่อนทดลองนำน้ำทะเลและน้ำฝนมาวิเคราะห์หาปริมาณอิออนหลัก ได้แก่ Sodium (Na^{+}), Potassium (K^{+}) Magnesium (Mg^{+2}), Calcium (Ca^{+2}), Sulfate (SO_4^{-2}), Bicarbonate (HCO_3^{-}), Chloride (Cl^{-}) ตามวิธีของ APHA (1998) นำน้ำทะเลมาเจือจางด้วยน้ำฝน เพื่อให้ได้ความเค็มที่ระดับต่าง ๆ คือ 0.2, 0.35, 0.5, 1, 3, 4, 5 และ 15 ส่วนในพัน

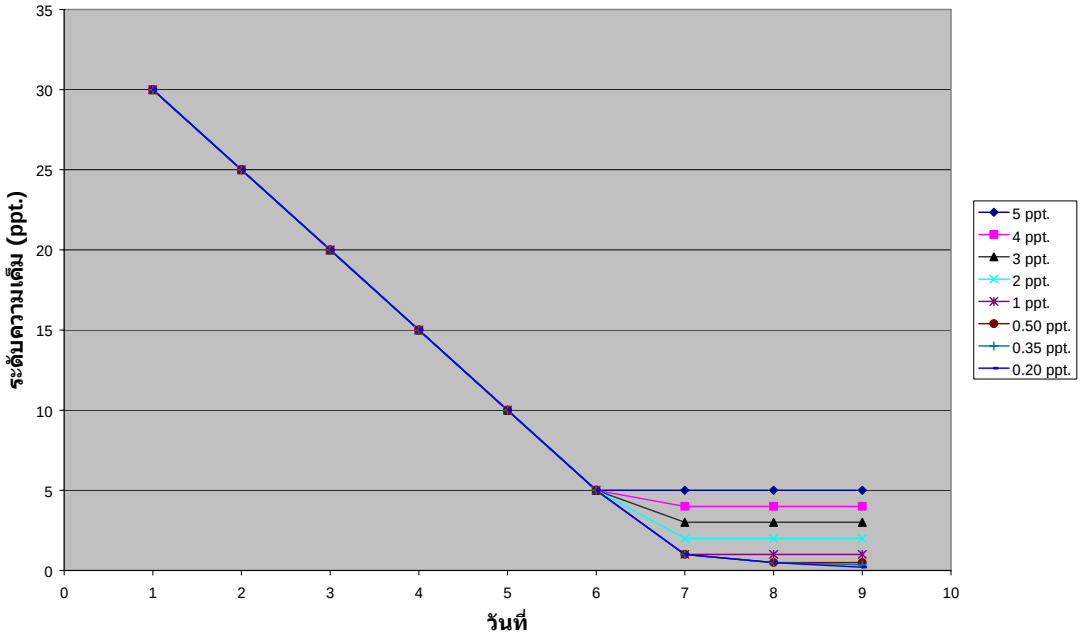
ภาพที่ 2 บ่อเก็บน้ำฝนที่นำน้ำมาเจือจางน้ำทะเล

1.2 ภาชนะที่ใช้ในการทดลอง

ตู้กระจกขนาด 40x35x70 เซนติเมตร ใช้ทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของระดับความเค็มต่อกุ้งระยะ Postlarva ตู้กระจกขนาด 45x45x90 เซนติเมตร ใช้ทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของระดับความเค็มต่อกุ้งขนาด 0.60 และ 2.07 กรัม และใช้ทดลองศึกษาผลของความเค็มต่อการลอกคราบของกุ้ง ส่วนถังไฟเบอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.9 เมตร สูง 0.8 เมตร ใช้ทดลองศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง ให้อากาศผ่านหัวทรายในทุกหน่วยทดลอง

1.3 การเตรียมกุ้งเพื่อทดลองเลี้ยง

กุ้งที่ใช้ทดลองเป็นกุ้งที่ได้จากโรงเพาะฟัก ในการทดลองเบื้องต้นใช้กุ้ง 3 ขนาด คือ กุ้งในระยะ PL17, กุ้งขนาด 0.60 กรัม และกุ้งขนาด 2.07 กรัม โดยนำกุ้งที่ใช้ทดลองมาค่อยๆปรับลดความเค็มในถังปรับความเค็มโดยวิธีการเติมน้ำจืด กุ้งในระยะ Postlarva เริ่มปรับความเค็มเมื่อกุ้งเริ่มเข้าระยะ PL8 โดยกุ้งทั้ง 3 ขนาดปรับลดความเค็มวันละ 5 ppt./วัน (อัตรา 0.5 ppt./นาที) จนได้ระดับความเค็มที่ต้องการ (ดังภาพที่ 3) พักกุ้งไว้ประมาณ 3 วัน ก่อนนำกุ้งมาทดลอง การเตรียมกุ้งสำหรับศึกษาผลกระทบของความเค็มต่อการเจริญเติบโต และการศึกษาผลของความเค็มต่อระยะเวลาการลอกคราบกุ้ง นำกุ้งขนาด 0.5-1.0 กรัม มาปรับลดความเค็มด้วยวิธีเดียวกันกับการทดลองเบื้องต้น



ภาพที่ 3 อัตราการปรับลดระดับความเค็มของน้ำในการเตรียมกุ้งเพื่อทดลอง

1.4 การดำเนินงานทดลอง

การทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง

กุ้งที่ใช้ทดลองแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ กุ้งในระยะ PL17, กุ้งขนาด 0.60 กรัม และกุ้งขนาด 2.07 กรัม โดยทดลองเลี้ยงในตู้กระจกขนาด 100 ลิตร เติมน้ำ 50 ลิตร (สำหรับกุ้งระยะ PL17) และตู้กระจกขนาด 180 ลิตร เติมน้ำ 80 ลิตร (สำหรับกุ้งขนาด 0.60 กรัม และกุ้งขนาด 2.07 กรัม) ใช้กุ้งที่ปรับลดความเค็มแล้วลงเลี้ยงจำนวน 20 ตัว/ตู้ ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0.2, 0.35, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ส่วนในพัน (ดังภาพที่ 4 และ 5) จำนวน 3 ซ้ำ กุ้งในระยะ PL17 ให้ไรน้ำกร่อย (*Diaphanosoma aspinosum*) เป็นอาหาร ส่วนกุ้งวัยรุ่น (ขนาด 0.60 และ 2.07 กรัม) ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป วันละ 4 มื้อ ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 % ของปริมาตรน้ำในตู้ทุกวัน ตรวจนับการรอดตายของกุ้งในแต่ละตู้ทุกวัน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในตู้ทดลองทุก 2 วัน ประกอบด้วย ค่าความเป็นด่าง, pH, ความเค็ม, อุณหภูมิ, แอมโมเนีย และไนไตรท์ การทดลองใช้ระยะเวลา 1 สัปดาห์

ภาพที่ 4 การศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวระยะ Postlarva

ภาพที่ 5 การศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวระยะวัยรุ่น

การศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว

การศึกษาใช้ระยะเวลา 2 เดือน กุ้งที่ใช้ทดลองมีน้ำหนักประมาณ 0.43 ±0.0054 กรัม โดยเลี้ยงที่ความเค็ม 5 ระดับ คือ 0.2, 0.35, 0.5, 1, 15 ppt. จำนวน 3 ซ้ำ โดยทำการทดลองในถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุน้ำ 500 ลิตร เติมน้ำ 200 ลิตร (ดังภาพที่ 6) ปล่อยกุ้งที่ปรับความเค็มแล้วลงเลี้ยงจำนวน 20 ตัว/ถัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป วันละ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยแบ่งให้วันละ 4 ครั้ง คือ เวลา 07.00, 12.00, 18.00 และ 22.00 น. ดูดตะกอนและอาหารเหลือทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ (50%) ทุก 2 วัน เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำในถัง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ศึกษาการเจริญเติบโตและการรอดตาย โดยการชั่งน้ำหนักกุ้ง (wet weight) 3 ครั้ง คือ น้ำหนักกุ้งเริ่มต้นเลี้ยง น้ำหนักกุ้งเลี้ยงที่ 4 สัปดาห์ และน้ำหนักกุ้งเมื่อสิ้นสุดทดลอง โดยวิธีชั่ง

น้ำหนักรวมของกุ้งทุกตัวที่เหลือในแต่ละถัง ตรวจนับจำนวนกุ้งตายทุกวัน นำผลที่ได้มาคำนวณหาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

ภาพที่ 6 การศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว

ตารางที่ 4 แสดงวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำและความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ

ลำดับ	พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	เวลาเก็บตัวอย่าง	ความถี่
1	พีเอช	pH meter	07.00 น.	ทุกสัปดาห์
2	อุณหภูมิ	Thermometer	07.00 น.	ทุกสัปดาห์
3	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ	Azide modification	07.00 น.	ทุก 2 สัปดาห์
4	ความเค็ม	Mercuric nitrate	07.00 น.	ทุกสัปดาห์
5	แอมโมเนียทั้งหมด	Grasshoff, 1976	07.00 น.	ทุก 2 สัปดาห์
6	ไนไตรท์	Grasshoff, 1976	07.00 น.	ทุก 2 สัปดาห์
7	ความเป็นด่าง	APHA, 1980	07.00 น.	ทุก 2 สัปดาห์

การศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาว

กุ้งที่ใช้ทดลองมีขนาดประมาณ 0.92 กรัม ทำการทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่างๆ 5 ระดับ คือ 0.2, 0.35, 0.5, 1 และ 15 ppt. จำนวน 5 ซ้ำ โดยทำการทดลองในตู้กระจกขนาด 180 ลิตร เติมน้ำ 80 ลิตร แต่ละตู้แขวนกระชังอวนไนลอนขนาด 12X12X35 เซนติเมตร จำนวน 6 กระชัง/ตู้ (ดังภาพที่ 7) ใช้กุ้งที่ปรับความเค็มแล้ว ปล่อยเลี้ยงกุ้งกระชังละ 1 ตัว ให้อาหารสำเร็จรูปวันละ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยให้อาหารวันละ 4 ครั้ง คือ เวลา 07.00, 12.00, 18.00 และ 22.00 น. ดูดตะกอนทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ (50%) ทุก 3 วัน เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำตามวิธีที่แสดงไว้ในตารางที่ 4

ภาพที่ 7 ลักษณะตู้ทดลองที่ใช้ศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่อการลอกคราบของกุ้งขาว

ศึกษาระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง โดยสังเกตการลอกคราบของกุ้งในตู้ทดลองทุกวัน บันทึกระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งของแต่ละตัว จากคราบที่ 1 ถึงคราบที่ 2 และจากคราบที่ 2 ถึงคราบที่ 3 เป็นต้น การประมวลผลการทดลอง นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) หากข้อมูลเกิดความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ วิเคราะห์ความแตกต่าง โดยวิธี Duncan's new multiple range test (Duncan,1955)

2. <u>การศึกษาองค์ประกอบอิออนของน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว</u>

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว ที่เลี้ยงในน้ำจืดที่มีการเติมแร่ธาตุลงไป การทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน คือ การทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาองค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำที่กุ้งระยะ PL20 รอดตายอยู่ได้ในระยะเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้มาทำการทดลองศึกษาผลกระทบของอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งในระยะยาวโดยใช้เวลา 2 เดือน โดยเลือกเฉพาะสูตรน้ำทะเลที่ให้อัตราของกุ้งตั้งแต่ 80 % ขึ้นไป

2.1 น้ำสำหรับทดลอง

น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งเป็นน้ำจืดจากบ่อเก็บน้ำฝน นำมาวิเคราะห์หาอิออนหลักทั้ง 7 ตัว ได้แก่ Sodium (Na^{+}), Potassium (K^{+}), Magnesium (Mg^{+2}), Calcium (Ca^{+2}), Sulfate (SO_4^{-2}), Bicarbonate (HCO_3^{-}), Chloride (Cl^{-}) ตามวิธีของ APHA (1998) นำแร่ธาตุเกรดอุตสาหกรรมมาเติมในน้ำจืดที่ใช้ทดลองเลี้ยงกุ้ง โดยปริมาณแร่ธาตุที่เติมจะอ้างอิงจากสูตรน้ำทะเลเทียม ซึ่งแต่ละสูตรจะเติมแร่ธาตุในปริมาณที่แตกต่างกันไป (ดังตารางที่ 5) และเป่าด้วยอากาศอย่างน้อย 2 วัน ก่อนนำน้ำดังกล่าวมาใช้ทดลองเลี้ยงกุ้ง ซึ่งในน้ำแต่ละสูตรจะมีองค์ประกอบอิออนที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณแร่ธาตุที่เติมในน้ำจืดของน้ำที่ใช้ทดลองแต่ละสูตร

สูตรที่	ปริมาณแร่ธาตุที่เติม (กรัม/น้ำ 1 ลบ.ม.)						รวม (ppm.)
	NaCl	$NaHCO_3$	$CaCl_2$	KCl	$MgCl_2$	Na_2SO_4	
1	2,348	12.9	0	66	498	392	3,316.90
2	2,348	12.9	110	66	0	392	2,928.90
3	2,348	12.9	110	66	49.8	392	2,978.70
4	2,348	12.9	110	66	99.6	392	3,028.50
5	2,348	12.9	110	0	498	392	3,360.90
6	2,348	12.9	110	6.6	498	392	3,367.50
7	2,348	12.9	110	13.2	498	392	3,374.10
8	2,348	12.9	110	66	498	0	3,034.90
9	2,348	12.9	110	66	498	392	3,426.90
10	2,348	12.9	110	13.2	49.8	0	2,533.90
11	2,348	12.9	110	13.2	49.8	392	2,925.90
12	2,348	12.9	110	66	49.8	0	2,586.70
13	2,348	12.9	110	13.2	498	0	2,586.70
14	(น้ำทะเลธรรมชาติเจือจางความเค็ม 3 ppt.)						

หมายเหตุ สูตรที่ 1 ไม่เติมธาตุแคลเซียม

สูตรที่ 2 ไม่เติมธาตุแมกนีเซียม

สูตรที่ 3-4 เติมธาตุแมกนีเซียม 10 และ 20 % ของน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 9)

สูตรที่ 5 ไม่เติมธาตุโปตัสเซียม

สูตรที่ 6-7 เติมธาตุโปตัสเซียม 10 และ 20 % ของน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 9)

สูตรที่ 8 ไม่เติมซัลเฟต

สูตรที่ 9 เติมครบทุกธาตุ (น้ำทะเลเทียม)

สูตรที่10 เติมธาตุโปตัสเซียม 20 % แมกนีเซียม 10 % ของน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 9) และไม่เติมซัลเฟต

สูตรที่ 11 เติมธาตุโปตัสเซียม 20 % แมกนีเซียม 10 % ของน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 9)

สูตรที่ 12 เติมธาตุแมกนีเซียม 10 % ของน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 9) และไม่เติมซัลเฟต

สูตรที่ 13 เติมธาตุโปตัสเซียม 20 % ของน้ำทะเลเทียม(สูตรที่ 9) และไม่เติมซัลเฟต
สูตรที่ 14 น้ำทะเลธรรมชาติเจือจางความเค็ม 3 ppt.

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณและองค์ประกอบอิออนในน้ำของแต่ละสูตร

สูตรที่	องค์ประกอบอิออน (ppm.)								
	Cl	Na	HCO_3	Mg	Ca	K	SO_4	อื่นๆ	รวม
1	1,831	1,057	9	127	1.94	35	269	0	3,332
2	1,530	1,057	9	0.16	41	35	269	0	2,944
3	1,530	1,094	9	12	41	35	269	0	2,994
4	1,605	1,057	9	25	41	35	269	0	3,044
5	1,870	1,057	9	127	41	1.03	269	0	3,376
6	1,873	1,057	9	127	41	4.48	269	0	3,383
7	1,876	1,057	9	127	41	7.94	269	0	3,389
8	1,901	930	9	127	41	35	4.19	0	3,050
9	1,901	1,057	9	127	41	35	269	0	3,442
10	1,542	930	9	12	41	7.94	4.19	0	2,549
11	1,542	1,057	9	12	41	7.94	269	0	2,941
12	1,567	930	9	12	41	35	4.19	0	2,602
13	1,876	930	9	127	41	7.94	4.19	0	2,997
14	1,506	1,133	7	95	33	29	209	7	3,019

2.2 ภาชนะที่ใช้ทดลอง

การทดลองเบื้องต้นใช้ตู้กระจกขนาด 55x30x27 เซนติเมตร ให้อากาศผ่านหัวทรายจำนวน 1 อัน/ตู้ การทดลองศึกษาองค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย ใช้ถังไฟเบอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.9 เมตร สูง 0.8 เมตร ให้อากาศผ่านหัวทรายจำนวน 1 อัน/ถัง

2.3 การเตรียมกุ้งเพื่อทดลองเลี้ยง

กุ้งที่ใช้ทดลองแบ่งได้ 2 ขนาด ในการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาองค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำที่กุ้งรอดตายอยู่ได้ใช้กุ้งระยะ PL20 จากโรงเพาะฟัก นำกุ้งมาปรับลดความเค็มตั้งแต่ระยะ PL10 ด้วยน้ำจืด โดยปรับลดความเค็มวันละ 5 ส่วนในพัน (อัตรา 0.5 ppt./นาที) ให้ได้ความเค็มสุดท้าย 3 ส่วนในพัน พักกุ้งไว้ 3 วัน ก่อนจะย้ายกุ้งลงเลี้ยงในแต่ละสูตรอิออน การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย ใช้กุ้งขนาด 0.90 กรัม ที่ได้จากบ่ออนุบาล โดยนำกุ้งที่ใช้ทดลองมาค่อยๆ ปรับลดความเค็มด้วยน้ำจืด (เหมือนการทดลองเบื้องต้น) ก่อนจะย้ายกุ้งลงเลี้ยงในแต่ละสูตรอิออน

2.4 การดำเนินการทดลอง

การทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลกระทบขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาว

การศึกษาใช้ระยะเวลา 7 วัน กุ้งที่ใช้ทดลองเป็นกุ้งที่ได้จากโรงเพาะฟักเป็นกุ้งระยะ PL20 กุ้งที่ใช้ทดลองผ่านการปรับลดความเค็มแล้ว โดยทดลองเลี้ยงกุ้งในตู้กระจกขนาดจุน้ำ 45 ลิตร เติมน้ำสูตรเพิ่มแร่ธาตุของแต่ละสูตร 20 ลิตร (ดังภาพที่ 8) จำนวน 3 ซ้ำ ปล่อยกุ้งจำนวน 20 ตัว/ตู้ แล้วทดลองเลี้ยงกุ้งต่ออีก 7 วัน ในระหว่างทดลองให้ไรน้ำกร่อย (*Diaphanosoma aspinosum*)เป็นอาหาร ตรวจนับจำนวนกุ้งเหลือรอดทุกวัน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 2 วัน/ครั้ง ประกอบด้วย ค่าความเป็นด่าง, pH, ความเค็ม, อุณหภูมิ, แอมโมเนีย และไนไตรท์

ภาพที่ 8 การศึกษาองค์ประกอบอิออนต่ออัตรารอดตายของกุ้งขาว

การศึกษาผลกระทบของอิออนต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้งขาว

การศึกษาใช้ระยะเวลา 2 เดือน กุ้งที่ใช้ทดลองมีขนาดประมาณ 0.90±0.05 กรัม เลี้ยงในน้ำตามสูตรอิออนที่เตรียมไว้ซึ่งเป็นสูตรอิออนที่กุ้งมีอัตรารอดตายได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองเบื้องต้น ซึ่งได้แก่สูตรที่ 1, 3, 7, 8, 10, 14 ใช้ถังไฟเบอร์ขนาดจุน้ำ 500 ลิตร เติมน้ำ 200 ลิตร ปล่อยกุ้งลงเลี้ยงจำนวน 20 ตัว/ถัง (ดังภาพที่ 9) จำนวน 3 ซ้ำ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปวันละ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยให้อาหารวันละ 4 ครั้ง คือ เวลา 07.00, 12.00, 18.00 และ 22.00 น. ดูดตะกอนและอาหารเหลือทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ (50 %) ทุก 2 วัน เก็บตัวอย่างน้ำ และวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละถัง (ดังตารางที่ 4)

ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้ง โดยบันทึกน้ำหนักกุ้ง (wet weight) ของกุ้ง 3 ครั้ง คือ เมื่อเริ่มต้นการเลี้ยง หลังจากเลี้ยงกุ้งผ่านไป 4 สัปดาห์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักรวมของกุ้งที่เริ่มต้นทดลอง และที่เหลือรอดทั้งหมดของแต่ละถัง นำผลที่ได้มาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย การประมวลผลการทดลอง โดยนำข้อมูลมาโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) หากข้อมูลมีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ วิเคราะห์ความแตกต่าง โดยวิธี Duncan ’s new multiple range test (Duncan,1955)

ภาพที่ 9 การศึกษาผลกระทบของอิออนต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว

3. สถานที่ทำการทดลอง

โรงเพาะฟักสัตว์น้ำ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ต.ป่าคลอก อ.ถลาง จ.ภูเก็ต

ผลและวิจารณ์

ผลของระดับความเค็มต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวขนาดต่างๆ

ผลการทดลองเบื้องต้นโดยใช้กุ้ง PL17 กุ้งขนาด 0.60 กรัม และกุ้งขนาด 2.07 กรัม ในระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าระดับความเค็มต่ำที่ทดลองคือ 0.2, 0.35, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppt. กุ้งขาวทั้ง 3 ขนาดมีอัตรารอดตายมากกว่า 80 % โดยกุ้งทดลองทุกระดับความเค็มมีการกินอาหารเป็นปกติไม่แสดงอาการผิดปกติแต่อย่างใด ในกุ้งโตพบว่ามีการกินกันเองขณะลอกคราบ อัตรารอดตายของกุ้งดังแสดงในตารางที่ 7 ทั้งนี้ที่ระดับความเค็ม 0.2 และ 0.35 ppt. กุ้งยังมีอัตราการรอดตายสูง

ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในการทดลองมีค่าเฉลี่ยดังนี้ pH 7.53 ± 0.12 อุณหภูมิน้ำ 25.71 ± 0.12 ºC แอมโมเนียรวม 0.4533 ± 0.1210 mg./l. ไนไตรท์ 0.0013 ± 0.0006 mg./l. ค่าความเป็นด่าง 19.21 ± 7.54 mg./l. และค่าความเค็มของทรีทเมนต์ (0.2, 0.35, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppt.) มีค่าเท่ากับ 0.22 ± 0.01, 0.36 ± 0.01, 0.47 ± 0.01, 0.98 ± 0.03, 2.00 ± 0.05, 3.00 ± 0.05, 3.95 ± 0.01, 5.05 ± 0.08 ppt. (ตามลำดับ)

ตารางที่ 7 แสดงอัตรารอดตายของกุ้งในการทดลองเบื้องต้นที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นเวลา 1 สัปดาห์

ระดับความเค็ม	อัตรารอดตาย (%)		
(‰)	กุ้งระยะ PL17	กุ้งขนาด 0.60 กรัม	กุ้งขนาด 2.07 กรัม
0.20	93.3±2.8[a]	95.0±5.0[a]	86.6±5.7
0.35	91.6±10.4[a]	98.3±2.8[a]	96.6±5.7[a]
0.5	90.0±5.0[a]	96.6±2.8[a]	98.3±2.8[a]
1	88.3±5.7[a]	93.3±2.8[a]	96.6±2.8[a]
2	96.6±5.7[a]	98.3±2.8[a]	98.3±2.8[a]
3	88.3±5.7[a]	96.6±2.8[a]	96.6±2.8[a]
4	88.3±5.7[a]	100.0±0[a]	95.0±5.0[a]
5	85.0±5.0[a]	100.0±0[a]	98.3±2.8[a]

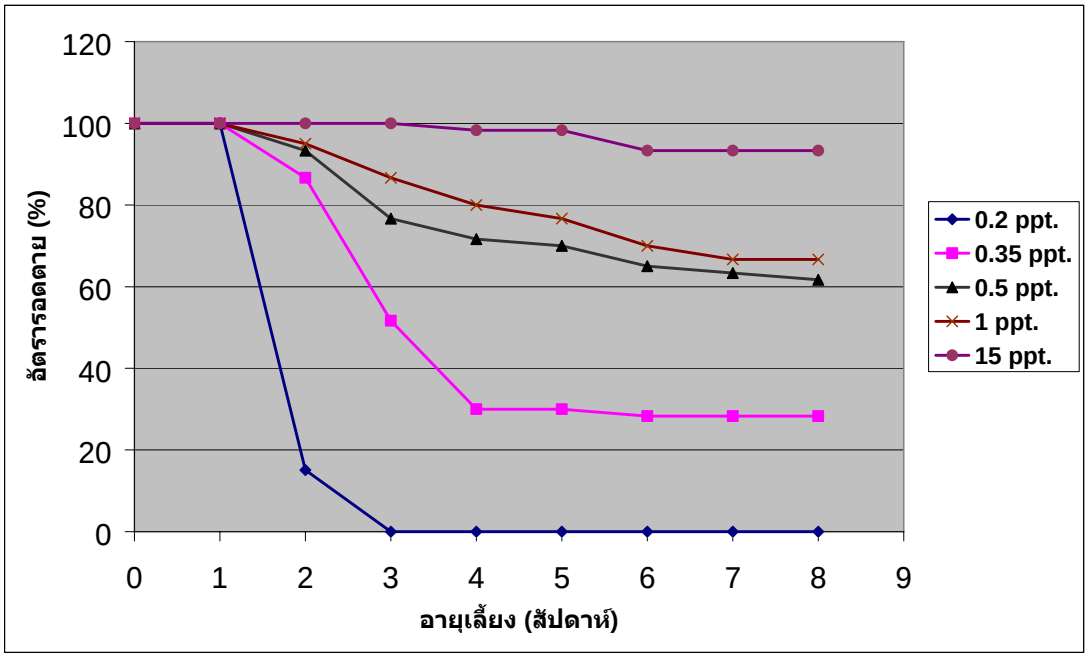
ผลของระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว

จากการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวขนาด 0.43 กรัม ที่ระดับความเค็มต่ำ 0.2, 0.35, 0.5 และ 1 ppt. เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ากุ้งขาวมีอัตรารอดต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt. โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนที่ระดับความเค็ม 0.2 ppt. กุ้งจะเริ่มทยอยตายหลังจากเลี้ยงได้ 10 วัน และตายหมดภายใน 21 วัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 10)

ตารางที่ 8 อัตรารอดตายของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ ตลอดการทดลอง

ระดับความเค็ม (ppt)	อัตราการรอดตายฉลี่ย (%)	
	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
0.2	0	0
0.35	30.0±13.2[b]	28.3±10.4[c]
0.5	71.6±18.9[a]	61.6±16.0[b]
1.0	80.0±21.7[a]	66.6±10.4[b]
15	98.3±2.8[a]	93.3±5.7[a]

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่10 แสดงอัตรารอดตายของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ ตลอดเวลา 8 สัปดาห์

อัตราการรอดตายของกุ้งขาวเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มน้ำที่สูงขึ้น โดยกุ้งที่เลี้ยงในน้ำระดับความเค็ม 0.2 และ 0.35 ppt. หลังจากลอกคราบจะไม่สามารถสร้างเปลือกให้แข็ง กุ้งมีลำตัวอ่อนนิ่ม เนื่องจากการมีแร่ธาตุภายในตัวกุ้งและในน้ำมีอย่างจำกัด กุ้งบางตัวจะตายในช่วงนี้ บางตัวก็จะถูกกุ้งตัวที่แข็งแรงกว่าจับกิน และเนื่องจากกุ้งขาวก็มีนิสัยที่กินกันเอง (cannibalism) จากการสังเกตหน่วยทดลองใดเริ่มมีปัญหาเรื่องการกินกันเอง กุ้งภายในหน่วยทดลองนั้นจะมีอัตรารอดตายต่ำ ซึ่งในบางครั้งกุ้งที่ตายอาจไม่ได้ตายจากปัจจัยเรื่องความเค็มอย่างเดียว แต่การตายเกิดจากการกินกันเองของกุ้งด้วยเช่นกัน จากผลการทดลองที่ระดับความความเค็มต่ำทุกระดับกุ้งมีอัตรารอดตายต่ำกว่าที่ระดับความเค็มชุดควบคุม ที่ระดับความเค็ม 0.5 ppt. กุ้งมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 61.66 ±16.07 % ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่มีค่าผันแปรค่อนข้างสูง อาจเนื่องจากพฤติกรรมการกินกันเองของกุ้งภายในหน่วยทดลอง ส่วนความหนาแน่นของกุ้งที่เลี้ยงน่าจะมีผลต่ออัตรารอดตายของกุ้งเช่นกัน การทดลองนี้ได้ปล่อยกุ้งเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/น้ำ 1 ตัน ซึ่งมีหนาแน่นสูง หากเปรียบเทียบกับการทดลองของ Samocha (1998) ที่เลี้ยงกุ้งขาวที่ความหนาแน่น 38 ตัว/น้ำ 1 ตัน ระดับความเค็ม 2 ppt. มีอัตรารอดตายสูงถึง 98.75 %

ที่ระดับความเค็ม 0.2 ppt. เป็นระดับความเค็มที่ต่ำเกินไปโดยกุ้งไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ตลอดการเลี้ยง ส่วนที่ระดับความเค็ม 0.35 ppt. หลังจากเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่งกุ้งจะทยอยตายไปเรื่อย ๆ โดยกุ้งที่ตายมักเป็นกุ้งที่ลอกคราบใหม่ และ กุ้งมีอัตรารอดตายที่ต่ำมาก ดังนั้นในการเลี้ยงกุ้งขาวควรมีระดับความเค็มไม่ต่ำกว่า 0.5 ppt. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Samocha *et al*. (1998) ที่ว่ากุ้งขาวสามารถอาศัยที่ความเค็มต่ำถึง 0.5 ppt. ซึ่งคล้ายกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดินที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.19-6.52 ppt. ตลอดการเลี้ยง 135 วัน โดยมีระดับความเค็มน้ำภายในบ่อเลี้ยงซึ่งต่ำกว่า 1 ppt. นานไม่เกิน 2 สัปดาห์ กุ้งมีอัตรารอดตาย 50 % (Saha *et al*., 1999) อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่ระดับความเค็ม 0.35, 0.50, 1.00 และ 15 ppt. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อวิเคราะห์ถึงปริมาณ K^{+}และ Mg^{+2} ซึ่งเป็นอิออนที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพต่อกุ้ง โดยปริมาณ K^{+} ในน้ำที่ระดับความเค็ม 0.2, 0.35, 0.5 และ 1 ppt. พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.09, 3.66, 5.23 และ 10.47 ppm. ตามลำดับ (ดังตารางที่ 9) ซึ่งมีความเข้มข้นน้อยกว่าที่ Boyd (2002) ประมาณค่าความต้องการของกุ้งสำหรับการเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืดที่มีค่าเท่ากับ 10.7 ppm. ส่วนปริมาณ Mg^{+2} ที่ระดับความเค็มเค็ม 0.2, 0.35, 0.5 และ 1 ppt. พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.09, 3.66, 5.23 และ 28.74 ppm. ตามลำดับ ยังน้อยกว่าที่ Boyd (2002) ประมาณค่าความต้องการของกุ้งสำหรับการเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืดที่มีค่าเท่ากับ 39.1 ppm.

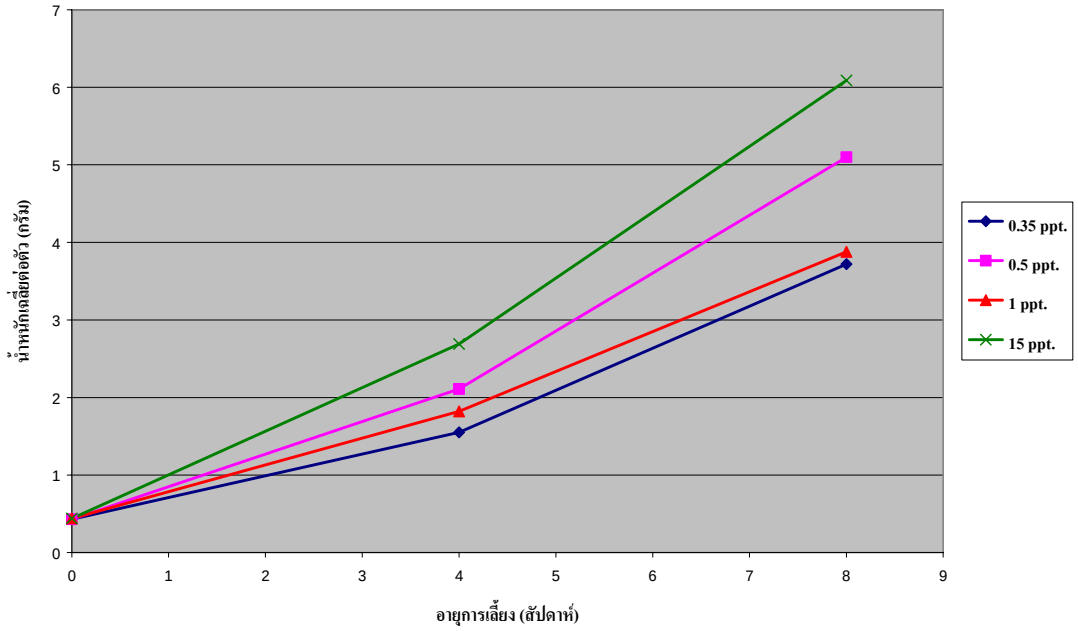
ตารางที่ 9 แสดงองค์ประกอบอิออนของน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ

อิออน	ปริมาณ (ppm.)				
	0.2 ppt	0.35 ppt	0.5 ppt	1 ppt	15 ppt
แคลเซียม	1.97	3.45	4.96	9.87	148.11
แมกนีเซียม	5.74	10.06	14.37	28.74	431.19
โซเดียม	62.85	109.99	157.13	314.26	4,713.94
โปตัสเซียม	2.09	3.66	5.23	10.47	157.05
คลอไรด์	111.84	195.72	279.60	559.21	8,388.24
ไบคาร์บอเนต	0.68	1.20	1.72	3.44	51.72
ซัลเฟต	14.84	25.97	37.10	74.20	1,113.00
รวม	200.01	350.05	500.11	1,000.19	15,003.25

ตารางที่ 10 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับความเค็ม	น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยต่อตัว(กรัม)		
(ppt)	เริ่มต้นเลี้ยง	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
0.20	0.44±0.00[a]	nd.	nd.
0.35	0.43±0.00[a]	1.55±0.41[a]	3.72±0.74[a]
0.50	0.43±0.00[a]	2.11±0.16[a]	5.10±1.10[a]
1.00	0.44±0.01[a]	1.82±0.73[a]	3.88±1.56[a]
15.00	0.43±0.00[a]	2.69±0.22[a]	6.09±0.57[a]

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)



ภาพที่ 11 แสดงการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ที่ระดับความเค็ม 15 ppt. กุ้งมีการอัตราการเจริญเติบโต 0.70 กรัม/สัปดาห์ ซึ่งต่ำกว่าการทดลองของ Samocha (1998) ที่เลี้ยงกุ้งขาว 3 ระดับความเค็มคือ 2, 4, 8 ppt. โดยกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโต 1.67-1.70 กรัม/สัปดาห์ ทั้งนี้อาจมาจากปัจจัยการเลี้ยงที่ต่างกัน เช่น ปริมาตรน้ำที่ใช้

เลี้ยงกุ้ง ขนาดกุ้งเริ่มต้น ระบบและอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และชนิดอาหารที่เลี้ยง คุณภาพน้ำในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 12-14

ภาพที่ 12 ขนาดกุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยและอัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ระดับความเค็ม (ppt.)	น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม)	อัตรารอดตาย (%)
0.20	nd.	0
0.35	3.72 ± 0.74^{bc}	28.3 ± 10.4^{c}
0.50	5.10 ± 1.10^{ab}	61.6 ± 16.0^{b}
1.00	3.88 ± 1.56^{bc}	66.6 ± 10.4^{b}
15.00	6.09 ± 0.57^{a}	93.3 ± 5.7^{a}

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 12 ความเค็ม พีเอช และอุณหภูมิน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง

ความเค็ม (ppt.)	ความเค็ม (ppt.)		pH		อุณหภูมิ (ºC)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
0.20	0.18-0.27	0.20±0.03	7.45-7.55	7.53±0.08	27.60-27.80	27.73±0.08
0.35	0.33-0.46	0.37±0.03	7.00-7.59	7.31±0.16	26.60-28.40	27.51±0.63
0.50	0.45-0.64	0.53±0.05	7.07-7.50	7.31±0.16	26.50-28.20	27.37±0.62
1.00	0.81-1.16	0.94±0.11	7.15-7.56	7.33±0.16	26.40-28.10	27.32±0.63
15.00	15-16	15.09±0.25	7.38-7.83	7.63±0.15	26.50-28.20	27.43±0.61

ตารางที่ 13 ความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง

ความเค็ม (ppt.)	ความเป็นด่าง (ppm.)		DO (ppm.)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
0.20	22-26	23.66±1.63	7.55-7.75	7.65±0.08
0.35	21-26	23.19±1.47	7.30-7.90	7.66±0.21
0.50	21-31	24.71±2.75	7.60-7.85	7.69±0.09
1.00	20-33	25.47±3.41	7.30-7.65	7.42±0.31
15.00	65-80	70.57±3.99	6.45-7.50	6.86±0.31

ตารางที่ 14 ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ในการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง

ความเค็ม (ppt.)	แอมโมเนียรวม (ppm.)		ไนไตรท์ (ppm.)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
0.20	0.0264-0.0797	0.0442±0.1864	0.0009-0.0831	0.0250±0.0299
0.35	0.0250-0.0656	0.0466±0.0325	0.0037-0.0807	0.0471±0.0377
0.50	0.0288-0.0965	0.0569±0.0212	0.0050-0.0817	0.0468±0.0303
1.00	0.0383-0.1388	0.0910±0.0402	0.0166-0.0817	0.0553±0.0250
15.00	0.4519-0.9375	0.6572±0.1630	0.0242-0.0879	0.0615±0.0247

ผลของความเค็มในระดับต่ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง

จากการทดลองระยะเวลาการลอกคราบกุ้งขาวที่เลี้ยงระดับความเค็มแตกต่างกัน พบว่าระดับความเค็มไม่มีผลต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งที่ความเค็ม 0.2, 0.35, 0.5 และ 1 ppt. กับ 15 ppt. พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15) กุ้งที่เลี้ยงระดับความเค็ม 0.2 ppt. สามารถเก็บข้อมูลระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งได้เพียง 1 ช่วงการลอกคราบ หลังจากนั้นกุ้งจะเริ่มตาย โดยกุ้งที่ตายมักเป็นกุ้งที่ลอกคราบไม่ออก หรือกุ้งที่เพิ่งลอกคราบเสร็จใหม่ๆ ส่วนที่ระดับความเค็ม 0.35, 0.5, 1 และ 15 ppt. กุ้งมีระยะเวลาของการลอกคราบเพิ่มขึ้นตามช่วงของการลอกคราบ (ตารางที่ 16)

สัตว์จำพวกครัสเตเซียนมีระยะเวลาของวงจรการลอกคราบสั้นเมื่ออายุน้อย และระยะเวลาของการลอกคราบนี้จะยาวนานขึ้นเมื่อสัตว์โตขึ้น (Skinner, 1986) จากผลการทดลองกุ้งที่ขนาดเล็กจะมีช่วงการลอกคราบสั้น(คราบที่ 1-2) และกุ้งแต่ละตัวใช้เวลาในการลอกคราบใกล้เคียงกัน มีความผันแปรภายในตัวน้อย ส่วนกุ้งโตจะมีช่วงการลอกคราบนานขึ้นและมีความผันแปรในแต่ละตัวสูง ซึ่งสอดคล้องกับกุ้งกุลาดำที่กุ้งโตมีระยะการลอกคราบนานขึ้น (จิราภรณ์, 2533) (ไพโรจน์, 2538) จากการสังเกตกุ้งตัวใดที่ใช้เวลาช่วงลอกคราบน้อย การลอกคราบในครั้งต่อๆไปจะใช้เวลาในลอกคราบน้อย ดังนั้นระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งส่วนหนึ่งมาจากปัจจัยภายในตัวกุ้งเอง เช่น ความพร้อมของระบบต่อมไร้ท่อที่ผลิตฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการลอกคราบ หรือความสมบูรณ์ของระบบสรีระภายในตัวกุ้งเอง ซึ่งอิทธิพลเกี่ยวกับระดับความเค็มที่เลี้ยงไม่ส่งผลทำให้

เกิดความแตกต่างเรื่องการลอกคราบของกุ้ง คุณภาพน้ำในการทดลองผลของระดับความเค็มต่ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาวแสดงไว้ในตารางที่ 17-19

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ

ระดับความเค็ม	ระยะเวลาการลอกคราบ (วัน)		
(ppt.)	คราบที่ 1-2	คราบที่ 2-3	คราบที่ 3-4
0.20	6.56±0.71[a]	nd.	nd.
0.35	7.01±0.13[a]	8.02±0.37[a]	9.51±2.23[a]
0.50	6.79±0.53[a]	9.25±2.11[a]	11.37±2.13[a]
1	6.54±0.73[a]	11.03±2.67[a]	12.42±3.08[a]
15	7.51±0.79[a]	10.28±1.12[a]	12.14±2.44[a]

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงของการลอกคราบของกุ้งขาวที่ระดับความเค็มต่างๆ

ช่วงลอกคราบ	เวลาเฉลี่ยของการลอกคราบในแต่ละความเค็ม (วัน)				
	0.20 ppt.	0.35 ppt.	0.50 ppt.	1 ppt.	15 ppt.
คราบที่ 1-2	6.56±0.71	7.01±0.13[b]	6.79±0.53	6.54±0.73	7.51±0.79[b]
คราบที่ 2-3	nd.	8.02±0.37[ab]	9.25±2.11[a]	11.03±2.67[a]	10.28±2.84[ab]
คราบที่ 3-4	nd.	9.51±2.23[a]	11.36±2.14[a]	12.42±3.08[a]	12.14±2.44[a]

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 17 ความเค็ม พีเอช อุณหภูมิ ของน้ำในการศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้ง

ความเค็ม (ppt.)	ความเค็ม (ppt.)		pH		อุณหภูมิ (ºC)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
0.20	0.15-0.27	0.18±0.03	7.35-7.85	7.62±0.12	26.40-28.10	27.41±0.62
0.35	0.35-0.42	0.38±0.03	7.34-7.73	7.55±0.10	26.40-28.00	27.35±0.61
0.50	0.47-0.60	0.54±0.04	7.30-7.93	7.50±0.16	26.80-28.80	27.72±0.72
1.00	1.08-1.18	1.10±0.01	7.32-7.77	7.55±0.10	26.70-28.80	27.79±0.76
15.00	15-16	15.66±0.57	7.71-8.06	7.92±0.08	27.10-28.70	27.83±0.53

ตารางที่ 18 ความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาผลของความเค็มต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาว

ความเค็ม (ppt.)	ความเป็นด่าง (ppm.)		D.O. (ppm.)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
0.20	22-30	25.33±1.62	7.20-8.50	7.85±0.33
0.35	23-30	26.05±1.60	7.30-8.00	7.79±0.21
0.50	20-26	23.83±1.47	7.50-7.80	7.61±0.09
1.00	23-27	24.46±1.23	7.50-8.10	7.65±0.13
15.00	63-69	67.26±1.64	6.80-7.20	7.04±0.16

ตารางที่ 19 ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ในน้ำในการศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาว

ความเค็ม (ppt.)	แอมโมเนียรวม (ppm.)		ไนไตรท์ (ppm.)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
0.20	0-0.1453	0.0445±0.0484	0-0.0831	0.0205±0.0317
0.35	0.0020-0.2882	0.0752±0.0953	0-0.0051	0.0018±0.0035
0.50	0-0.1205	0.0283±0.0309	0.0006-0.0035	0.0016±0.0009
1.00	0-0.0649	0.0189±0.0202	0.0001-0.0025	0.0009±0.0007
15.00	0-0.1231	0.0412±0.0351	0.0007-0.0899	0.0321±0.0295

ผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตรารอดตายของกุ้งขาว

จากผลการทดลองเบื้องต้นโดยใช้ระยะเวลา 7 วัน น้ำที่ใช้ทดลองมีความเค็มอยู่ที่ระดับ 3 ppt. โดยมีกลุ่มควบคุมคือสูตรที่ 14 ซึ่งเป็นการนำน้ำทะเลธรรมชาติมาเจือจางด้วยน้ำฝนให้ได้ความเค็ม 3 ppt. กุ้งมีอัตรารอดตาย 98.3 % และสูตรที่ 9 ซึ่งใส่สารเคมีตามสูตรน้ำทะเลเทียมกุ้งมีอัตราการรอดตาย 96.6 % สูตรที่ 1 เป็นสูตรที่งดเติมสารประกอบแคลเซียม ทำให้มีปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับต่ำที่ 1.94 ppm. ในสูตรนี้กุ้งขาวมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 90.0 %

การงดเติมสารประกอบแมกนีเซียมในสูตรที่ 2 ซึ่งมีผลให้มีปริมาณ Mg^{+2} ในน้ำที่ระดับต่ำ 0.16 ppm. ทำให้กุ้งตายหมดภายใน 7 วัน เมื่อเพิ่มปริมาณ Mg^{+2} เป็น 12 ppm. ในสูตรที่ 3 โดยการเติมแมกนีเซียมให้ได้ระดับ 10 % ของสูตรน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 9) อัตราการรอดตายของกุ้งเพิ่มเป็น 81.6 % และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวเพิ่มเป็น 85.0 % เมื่อเติมแมกนีเซียมให้ได้ระดับ 20 % ของน้ำทะเลเทียมซึ่งเป็นผลให้มี Mg^{+2} 25 ppm. ในสูตรที่ 4

ในสูตรที่ 5 เมื่องดการเติมสารประกอบโปตัสเซียมทำให้ในน้ำมี K^{+} เพียง 1.03 ppm. กุ้งขาวตายหมดภายใน 3 วัน เมื่อเติมโปตัสเซียมเพื่อปริมาณ ให้ประมาณ 10 % ของสูตรน้ำทะเลเทียมในสูตรที่ 6 ทำให้ K^{+} เพิ่มเป็น 4.48 ppm. อัตราการรอดตายของกุ้งเพิ่มเป็น 75 % เมื่อเพิ่ม K^{+} เป็น 20 % ของสูตรน้ำทะเลเทียม เป็นปริมาณ 7.94 ppm. อัตราการรอดตายของกุ้งขาวเพิ่มเป็น 95.0 %

น้ำทดลองที่มีโปตัสเซียม และแมกนีเซียม 20 % และ 10 % ของน้ำทะเลเทียม (สูตรที่ 11) กุ้งขาวมีอัตราการรอดตาย 85.0 % การงดเติมซัลเฟตในสูตรที่ 8 สูตรที่ 10 สูตรที่ 12 และสูตรที่ 13 ทำให้มีปริมาณซัลเฟตในน้ำต่ำในระดับ 4.19 ppm. ยังคงให้อัตราการรอดตายของกุ้งขาวสูงที่ระดับ 90.0, 81.6, 81.6 และ 83.3 % ตามลำดับ

ผลการทดลองเบื้องต้นพอสรุปได้ว่าน้ำที่มี Ca^{+2} ต่ำในระดับ 1.94 ppm. มี Mg^{+2} ที่ระดับ 12 ppm. มี K^{+} ที่ระดับ 7.94 ppm. และมี SO_4^{-2} ต่ำในระดับ 4.19 ppm. ยังคงมีผลให้กุ้งขาวมีอัตราการรอดตายสูงกว่า 80 % ในช่วงการเลี้ยง 7 วัน และคุณภาพน้ำการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 21-22

ตารางที่ 20 ผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตรารอดตายของกุ้งระยะ PL20

สูตรที่	องค์ประกอบอิออน (ppm.)									อัตรารอดตาย
	Cl	Na	HCO_3	Mg	Ca	K	SO_4	อื่น ๆ	รวม	(%)
1	1,831	1,057	9	127	1.94	35	269	0	3,332	90.0±5.0
2	1,530	1,057	9	0.16	41	35	269	0	2,944	0
3	1,530	1,094	9	12	41	35	269	0	2,994	81.6±7.6
4	1,605	1,057	9	25	41	35	269	0	3,044	85.0±5.0
5	1,870	1,057	9	127	41	1.03	269	0	3,376	0
6	1,873	1,057	9	127	41	4.48	269	0	3,383	75.0±8.6
7	1,876	1,057	9	127	41	7.94	269	0	3,389	95.0±5.0
8	1,901	930	9	127	41	35	4.19	0	3,050	90.0±5.0
9	1,901	1,057	9	127	41	35	269	0	3,442	96.6±2.8
10	1,542	930	9	12	41	7.94	4.19	0	2,549	81.6±2.8
11	1,542	1,057	9	12	41	7.94	269	0	2,941	85.0±5.0
12	1,567	930	9	12	41	35	4.19	0	2,602	81.6±2.8
13	1,876	930	9	127	41	7.94	4.19	0	2,997	83.3±2.8
14	1,506	1,133	7	95	33	29	209	7	3,019	98.3±2.8

ตารางที่ 21 ความเค็ม พีเอช อุณหภูมิ ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาว

สูตรอิออน	ความเค็ม (ppt.)	พีเอช	อุณหภูมิ (ºC)
1	3±0	7.52±0.12	27.85±0.15
2	3±0	7.48±0.19	27.80±0.17
3	3±0	7.49±0.11	27.82±0.12
4	3±0	7.45±0.15	27.77±0.17
5	3±0	7.49±0.12	27.87±0.21
6	3±0	7.46±0.18	27.96±0.15
7	3±0	7.50±0.11	27.96±0.08
8	3±0	7.46±0.16	27.95±0.08
9	3±0	7.49±0.10	27.61±0.33
10	3±0	7.51±0.15	27.46±0.14
11	3±0	7.51±0.22	27.68±0.13
12	3±0	7.49±0.16	27.67±0.12
13	3±0	7.49±0.16	27.81±0.10
14	3±0	7.50±0.11	27.64±0.39

ตารางที่ 22 ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบและปริมาณอิออนในน้ำต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาว

สูตรอิออน	ความเป็นด่าง (ppm.)	แอมโมเนียรวม (ppm.)	ไนไตรท์ (ppm.)
1	39.66±2.64	0.2938±0.2305	0.0011±0.0008
2	36.77±1.39	0.2993±0.1900	0.0007±0.0003
3	36.33±1.32	0.3826±0.2290	0.0009±0.0003
4	35.88±1.26	0.4410±0.2951	0.0022±0.0028
5	36.44±1.01	0.3936±0.2423	0.0024±0.0027
6	37.00±2.87	0.3334±0.2172	0.0014±0.0009
7	35.88±2.08	0.3609±0.1673	0.0011±0.0008
8	35.33±1.73	0.5488±0.3742	0.0101±0.0174
9	35.88±1.45	0.3250±0.2153	0.0129±0.0300
10	31.83±1.47	0.2666±0.2196	0.0064±0.0078
11	34.83±1.47	0.2560±0.2374	0.0010±0.0007
12	33.83±0.75	0.2028±0.1613	0.0011±0.0006
13	32.83±0.98	0.2385±0.1739	0.029±0.0050
14	33.55±2.12	0.3893±0.2471	0.0032±0.0051

ผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงเป็นเวลา 2 เดือน

จากผลการทดลองเบื้องต้น ได้พิจารณาเลือกสูตรน้ำทดลองสูตรที่ 1, 3, 7, 8 และ 10 มาเพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณอิออนต่างๆ ต่ออัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตในระยะยาวโดยใช้เวลาทดลอง 2 เดือน ในการทดลองนี้ใช้น้ำเจือจาง 3 ppt. (สูตรที่ 14) เป็นกลุ่มควบคุม

จากผลการศึกษาการลดปริมาณ Ca^{+2} จนเหลือ 1.49 ppm. ในน้ำสูตรที่ 1 และลดปริมาณ SO_4^{-2} จนเหลือ 4.19 ppm. ในน้ำสูตรที่ 10 ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว โดยอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุมที่เป็นน้ำทะเลเจือจาง 3 ppt. (สูตรที่14) (ตารางที่ 25)

การลดปริมาณ K^+ ลงเหลือ 7.94 ppm. หรือประมาณ 20 % ของน้ำทะเลเทียม ในน้ำสูตรที่ 7 ไม่มีผลอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาว แต่มีผลทำให้อัตราการรอดตายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยที่ 53.3 % เปรียบเทียบกับ 90 % ของกลุ่มควบคุม

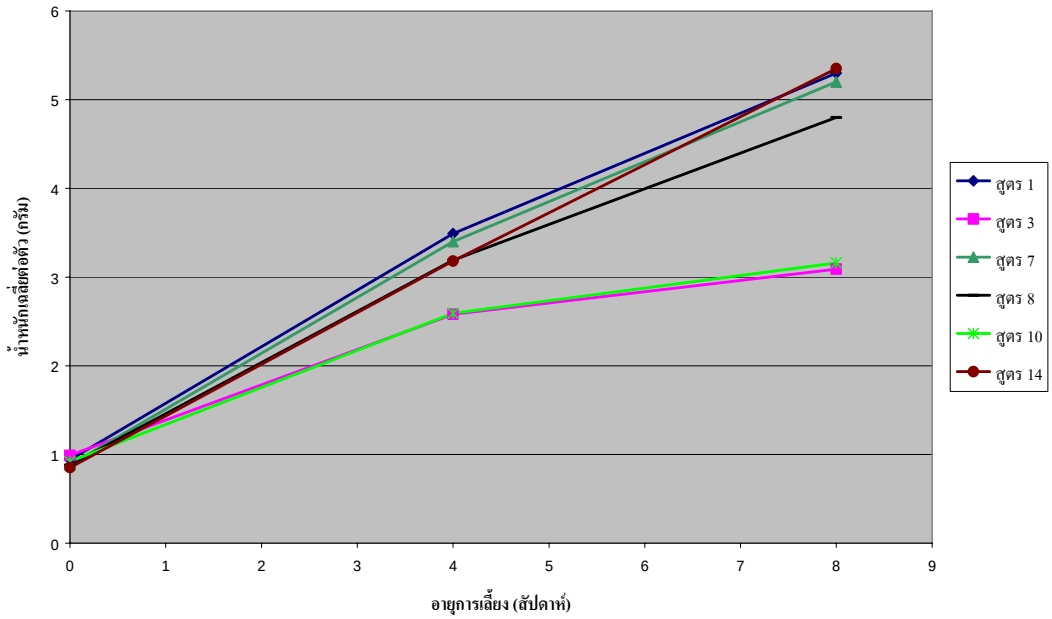
การลดปริมาณ Mg^{+2} ลงเหลือ 12.0 ppm. หรือประมาณ 10 % ของน้ำทะเลเทียม ในน้ำในสูตรที่ 3 มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยที่ระยะ 2 เดือนเพียง 3.3 % เปรียบเทียบกับ 90 % ของกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามในระยะ 4 สัปดาห์แรก อัตราการรอดตายเฉลี่ยยังอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มควบคุมที่ 93.3 % (ตารางที่ 24)

การลดปริมาณ Mg^{+2} ลงเหลือ 12 ppm. หรือ 10 % ของน้ำทะเลเทียม และ K^+ ลงเหลือ 7.94 ppm. หรือ 20 % ของน้ำทะเลเทียม ในสูตรที่ 10 มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราการรอดตายลดลงเหลือ 16.7 % ในสัปดาห์ที่ 4 และ 5.0 % ในสัปดาห์ที่ 8 (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกุ้งที่เลี้ยงในน้ำซึ่งมีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ

สูตรอิออน	น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยต่อตัว (กรัม)		
	เริ่มต้นเลี้ยง	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
1	0.94 ± 0.08^{a}	3.49 ± 0.27^{a}	5.30 ± 0.47^{ab}
3	0.99 ± 0.05^{a}	2.58 ± 0.13^{d}	3.09 ± 0.21^{cde}
7	0.88 ± 0.02^{a}	3.40 ± 0.49^{ab}	5.20 ± 0.38^{abc}
8	0.88 ± 0.06^{a}	3.19 ± 0.40^{abc}	4.80 ± 0.46^{abcd}
10	0.92 ± 0.02^{a}	2.59 ± 0.13^{d}	3.16 ± 0.12^{cde}
14	0.85 ± 0.04^{a}	3.18 ± 0.30^{abc}	5.35 ± 0.31^{a}

*ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 13 แสดงการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนต่างกัน

น้ำสูตรที่ 7 ซึ่งมีปริมาณ K^+ 7.94 ppm. กุ้งเริ่มตายช่วงการเลี้ยง 10-28 วัน หลังจากเลี้ยง 28 วัน มีอัตรารอดตาย 55 % แต่หลังจากนั้นการตายของกุ้งเริ่มลดลง จากรายงานการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่ประเทศเอกวาดอร์ซึ่งมีปัญหาเกี่ยวกับการตายของกุ้งที่เลี้ยง เมื่อนำน้ำมาวิเคราะห์หาอิออนพบว่ามี K^+ ต่ำกว่า 10 ppm. และได้เติมปุ๋ยที่มีส่วนประกอบ K^+ (KCl) จนมีปริมาณ K^+ 50 ppm. พบว่าอัตรารอดของกุ้งเพิ่มขึ้น (Boyd, 2002) กุ้งระยะ Postlarvae และกุ้งขนาดเล็กที่มีการเจริญเติบโต มีระยะการลอกคราบถี่ จะมีความต้องการ K^+ สูง โดย Boyd (2002) ได้ประมาณค่าความต้องการ K^+ สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่น้ำจืดมีค่าเท่ากับ 10.7 ppm. ส่วน Shiau and Hsieh (2001) รายงานว่ากุ้งกุลาดำมีความต้องการแร่ธาตุ K^+ เพิ่มหากอาศัยอยู่ในน้ำกร่อย แต่ไม่มีความจำเป็นหากอาศัยอยู่ในน้ำทะเล น้ำสูตรที่ 10 ซึ่งมีปริมาณ K^+, Mg^{+2} และ SO_4^{-2} เท่ากับ 7.94, 12 และ 4.19 ppm. ตามลำดับ พบว่ากุ้งเริ่มตายหลังจากการเลี้ยง 10 วัน คล้ายกับสูตรอิออนที่ 7 ซึ่งมี K^+7.94 ppm. กุ้งทยอยตายอย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตรารอดตาย 5 % คล้ายเคียงกับสูตรอิออนที่ 3 ซึ่งขาด Mg^{+2} โดยอัตรารอดตายที่ต่ำน่ามาจากปริมาณ K^+ และ Mg^{+2} ที่น้อยเกินไป

ในน้ำสูตรที่ 3 ซึ่งมี Mg^{+2} 12 ppm. กุ้งเริ่มตายหลังจากเลี้ยงได้ 5 สัปดาห์ โดยตายในจำนวนมากอย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตรารอดตายเพียง 3.33 % ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณ Mg^{+2} ในน้ำต่ำไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพของกุ้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boyd (2002) ที่

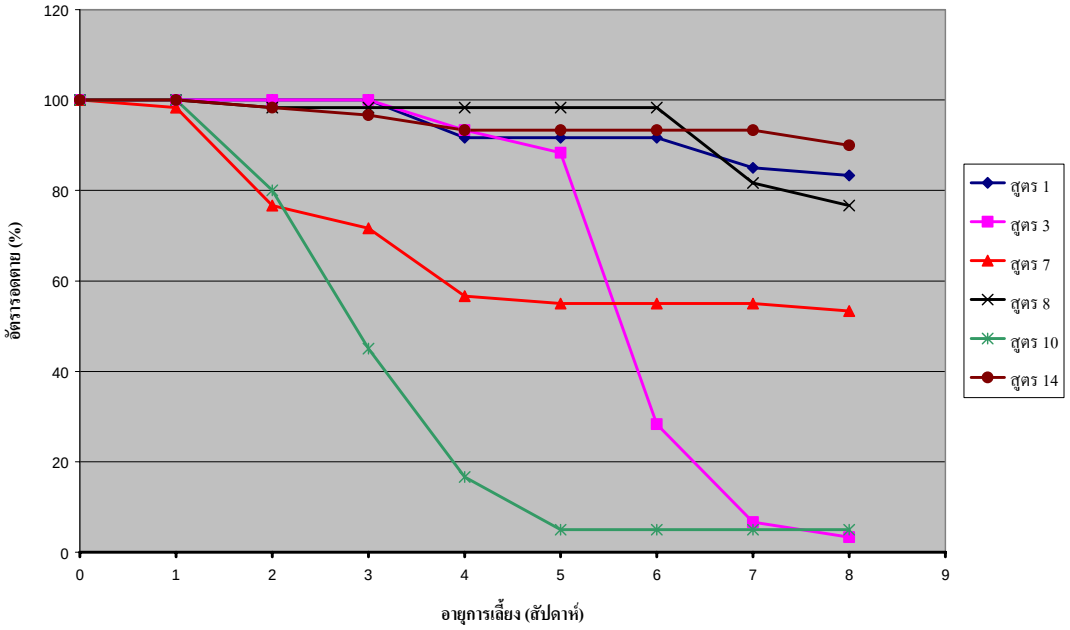
ระบุว่าปริมาณ Mg^{+2} ที่สามารถเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืดได้ควรมีค่าเท่ากับ 39.1 ppm. สำหรับปริมาณ Ca^{+2} และ SO_4^{-2} ในน้ำ Boyd (2002) ได้ระบุระดับอิออน Ca^{+2} และ SO_4^{-2} ที่สามารถเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืดว่าควรมีค่าเท่ากับ 11.6 ppm. และ 78.3 ppm. ตามลำดับ

McGraw and Scarpa (2002) ศึกษาอัตราส่วนของอิออนต่ออัตรารอดตายของกุ้งขาว *Litopenaes vannamei* ระยะ PL18 ในน้ำจืดความเค็มต่ำกว่า 1 ppt. ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง น้ำทดลองมีอัตราส่วนของ monovalent (Na^+, K^+) และ divalent (Mg^{+2}, Ca^{+2}) หลายระดับแตกต่างกัน พบว่าอัตราส่วนของ monovalent มากกว่า divalent (70:30 %) กุ้งมีอัตรารอดสูงสุด (73 %) ถ้าไม่มีส่วนของ Na^+ และ K^+ พบว่ากุ้งตาย 100 % แต่ถ้าไม่มี Mg^{+2}, Ca^{+2} เลยกุ้งมีอัตรารอด 37 % ดังนั้นในบ่อเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืดควรให้ความสำคัญทั้ง monovalent และ divalent โดยปรับน้ำให้มีอัตราส่วนอิออนให้เหมาะสม

ตารางที่ 24 อัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำซึ่งมีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ

สูตรอิออน	อัตรารอดตายของกุ้ง (%)	
	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
1	91.6±2.8^{ab}	83.3±12.5^{ab}
3	93.3±7.6^{ab}	3.3±2.8^{d}
7	56.6±5.7^{c}	53.3±2.8^{c}
8	98.3±2.8^{a}	76.6±10.4^{ab}
10	16.6±7.6^{d}	5.0±5.0^{d}
14	93.3±5.7^{ab}	90.0±10.0^{a}

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 14 แสดงอัตรารอดตายของกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนต่างกัน

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยและอัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำซึ่งมีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 2 เดือน

สูตรอิออน	น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยต่อตัว (กรัม)	อัตรารอดตาย (%)
1	5.30 ± 0.47^{ab}	83.3 ± 12.5^{ab}
3	3.09 ± 0.21^{cde}	3.3 ± 2.8^{d}
7	5.20 ± 0.38^{abc}	53.3 ± 2.8^{c}
8	4.80 ± 0.46^{abcd}	76.6 ± 10.4^{ab}
10	3.16 ± 0.12^{cde}	5.0 ± 5.0^{d}
14	5.35 ± 0.31^{a}	90.0 ± 10.0^{a}

* ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 26 แสดงผลค่าความเค็ม พีเอช อุณหภูมิ ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้ง

สูตรอิออน	ความเค็ม (ppt.)		pH		อุณหภูมิ (ºC)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1	3.0-3.5	3.25±0.26	7.22-7.65	7.34±0.13	26.30-28.10	27.30±0.65
3	3.0-3.5	3.15±0.24	7.09-7.47	7.29±0.12	26.80-27.90	27.47±0.43
7	3.0-3.5	3.12±0.22	7.12-7.41	7.30±0.14	26.40-28.10	27.29±0.60
8	2.0-3.0	2.75±0.45	7.10-7.38	7.25±0.11	26.50-28.00	27.30±0.53
10	2.5-3.0	2.70±0.25	7.29-7.39	7.34±0.03	27.10-28.00	27.55±0.41
14	3.0-4.0	3.50±0.36	7.01-7.30	7.25±0.14	26.90-28.20	27.57±0.52

ตารางที่ 27 แสดงผลค่าความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้ง

สูตรอิออน	ความเป็นด่าง (ppm.)		D.O. (ppm.)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1	36-44	40.00±3.12	5.7-7.4	6.85±0.67
3	29-38	35.11±3.33	6.5-7.5	7.10±0.39
7	29-39	34.44±3.90	6.0-7.5	6.95±0.55
8	30-38	34.77±2.68	6.3-7.5	7.08±0.46
10	28-37	32.55±3.25	6.5-7.7	7.23±0.46
14	30-39	34.00±3.53	6.0-7.7	6.98±0.77

ตารางที่ 28 ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ของน้ำในการศึกษาผลขององค์ประกอบอิออนต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของกุ้ง

สูตรอิออน	แอมโมเนียรวม (ppm.)		ไนไตรท์ (ppm.)	
	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1	0.1712-0.9443	0.6657±0.2527	0.0040-0.0691	0.0197±0.0227
3	0.0091-0.8560	0.6341±0.2671	0.0050-0.0999	0.0337±0.0400
7	0.0352-0.8640	0.3877±0.3043	0.0090-0.0970	0.0618±0.0516
8	0.0444-0.9005	0.6125±0.3181	0.0050-0.0687	0.0251±0.0277
10	0-0.6890	0.3933±0.2290	0.0030-0.0705	0.0284±0.0283
14	0.0222-0.7840	0.4451±0.2884	0.0040-0.0678	0.0198±0.0247

สรุป

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กุ้งขาวสามารถทนน้ำจืดที่ระดับ 0.2 ppt. ในระยะเวลา 7 วันโดยจะมีอัตรารอดที่ 93.3 % สำหรับกุ้ง PL17 95.0 % สำหรับกุ้งขนาด 0.60 กรัม และ 86.6 % สำหรับกุ้งขนาด 2.07 กรัม ที่ระดับความเค็มนี้กุ้งขาวขนาด 0.43 กรัม เริ่มทยอยตายหลังจาก 10 วัน และตายหมดภายใน 21 วัน ความเค็มระดับต่ำเหล่านี้ไม่มีผลต่อระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งขาวแต่มีผลต่อการแข็งตัวของเปลือกกุ้ง

2. ที่ระดับความเค็ม 0.35 ppt. กุ้งขาวในระยะ PL 17 กุ้งขนาด 0.60 กรัม และกุ้งขนาด 2.07 กรัม สามารถทนความเค็มระดับนี้ได้ดีในระยะเวลา 7 วัน โดยมีอัตรารอด 91.6, 98.3 และ 96.6 % ตามลำดับ เมื่อนำกุ้งขาวขนาด 0.43 กรัม มาเลี้ยงในระดับความเค็มนี้ในระยะยาวกุ้งมีปัญหาการสร้างเปลือกหลังการลอกคราบ ทำให้กุ้งมีตัวนิ่มและมีอัตราการตายสูง โดยมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 28.3 % ที่ 56 วัน

3. ที่ระดับความเค็ม 0.5 และ 1.0 ppt. กุ้งขาวมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt. แต่มีอัตรารอดตายลดลงเหลือเฉลี่ยที่ 61.7 และ 66.7 % ตามลำดับ ซึ่งอัตรารอดตายของกุ้งที่เลี้ยงที่ความเค็ม 0.5 และ 1.0 ppt. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การลดลงของปริมาณ Ca^{+2} ในน้ำและปริมาณ SO_4^{-2} ในน้ำลงมาอยู่ที่ระดับ 1.94 และ 4.19 ppm. ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระยะเวลา 2 เดือน

5. การลดลงของปริมาณ Mg^{+2} ในน้ำลงมาอยู่ที่ระดับ 12 ppm. ทำให้กุ้งขาวตายเกือบหมดภายในระยะเวลา 2 เดือน โดยมีอัตรารอดตายพียง 3.3-5.0 %

6. การลดลงของปริมาณ K^+ ในน้ำลงมาอยู่ที่ระดับ 7.94 ppm. ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาว แต่ทำให้อัตราการรอดตายลดลงเหลือเพียง 53.3 % ภายในระยะเวลา 2 เดือน

จากผลการศึกษาในภาพรวมกุ้งขาวสามารถทนน้ำจืดที่ระดับ 0.20 ppt. ได้ประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะตายหมดที่ประมาณ 21 วัน ที่ระดับความเค็ม 0.5-1.0 ppt. สามารถเลี้ยงกุ้งขาวได้ 2 เดือน โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต แต่อัตราการรอดตายจะลดลงเหลือ 61.7 และ 66.7 %, Mg^{+2} และ K^+ ในน้ำเป็นอิออนที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวมากเมื่อลดลงมาอยู่ในระดับต่ำ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการเลี้ยงกุ้งขาวไม่ควรให้ระดับความเค็มของน้ำต่ำกว่า 0.5 ppt. เกินกว่า 1 สัปดาห์ เพราะจะทำให้กุ้งตายหมด หรือมีอัตรารอดตายต่ำ

2. ในการเลี้ยงกุ้งขาวไม่ควรให้ความเค็มของน้ำลดต่ำมาอยู่ที่ระดับ 0.5-1.0 ppt. เกิน 4 สัปดาห์ เพราะหลังจากนั้นจะทำให้มีการตายของกุ้งบางส่วน เพื่อให้ได้อัตราการรอดตายที่ดีควรรักษาระดับความเค็มของน้ำให้ไม่ต่ำกว่า 2.0 ppt. ตามที่เคยมีรายงานมา

3. การขาด K^+ และ Mg^{+2} เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาว จึงควรมีการวิเคราะห์อิออนทั้ง 2 ชนิดนี้เพื่อแก้ไขเมื่อมีปัญหา ระดับที่เหมาะสมที่เคยมีรายงานคือ 10.7 และ 39.1 ppm. ตามลำดับ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2546. **สถานการณ์การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ.

จิราภรณ์ ไตรศักดิ์. 2533. **ระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งกุลาดำขนาดต่างๆ และการทดลองกระตุ้นการลอกคราบโดยการเปลี่ยนน้ำ การปรับความเค็ม การตัดก้านตา และการใช้กากชา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประจวบ หลำอุบล. 2537. **สรีรวิทยาของกุ้ง.** เจริญรัตน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ 2543. อดีต-อนาคตกุ้งไทย**,** น.1-66. ใน **เสวนาวิชาการเรื่องกุ้ง**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ พวงลดา. 2538. **ระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 115 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุริยะ จันทร์แก้ว. 2540. **ผลของแอมโมเนียและความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโต ระยะเวลาการลอกคราบ และปริมาณแคลเซียมในเปลือกของกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริ เอกมหาราช. 2548. ยุทธศาสตร์กุ้งไทย: พัฒนาเพื่อความอยู่รอดของเกษตรกร, ใน **บทคัดย่อสัมมนาวิชาการด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจำปี 2548**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1980. **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater**. 15th ed., American Publlic Health Association, Washington, D.C.

_____ 1998. **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater**. 20th ed., American Publlic Health Association, Washington, D.C.

Boyd, C.E. 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming Series 2.** Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University.

_____ and Tucker, C.S., 1998. **Pond aquaculture water quality management.** Kluwer academic publishers. USA.

_____ 2002. Dissolved salt in water for inlow low-salinity shrimp culture**. Global Aquaculture Advocate** 5: 40-50.

Bray, W.A., Lawrence, A.L., Leung-Trujillo, J.R., 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei* with observations on the interaction of IHHN virus and salinity. **Aquaculture** 122: 133-146.

Brown, J.H., Wickins, J.F. and MacLean, M.H., 1991. The effect of water hardness on growth and carapace mineralization of juvenile freshwater prawns, *Macrobracium rosenbergii* de Man. **Aquaculture** 95: 329-345.

Burford M.A., Williams K.C., 2001. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. **Aquaculture** 198: 79-93.

Castille F.L., Lawrence A.L., 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. **Comparative Biochemistry and Physiology** 68A: 75-80.

Cawthorne, D.F., Beard, T., Davenport, J. and Wickins J.F., 1983. Responses of juvenile *Penaeus monodon* Fabricius to natural and artificial seawater of low salinity. **Aquaculture** 32: 165-174.

Chen, J.C., and Chen, S.F., 1992. Effect of nitrite on growth and molting of *Penaeus monodon* juveniles. **Comparative Biochemistry and Physiology** 101C: 453-458.

Cheng, W., Liu, C.H., Yan, D.F., and Chen, J.C., 2002. Hemolymph oxyhemocyanin, protein, osmolality and electrolyte levels of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* in relation to size and molt stage. **Aquaculture** 211: 325-339.

Dore, I. And C. Frimodt. 1987. **An Illustrated Guide to Shrimp of the World.** Osprey Books, Huntington, NY, U.S.A. 229 pp.

Duncan, D.B., 1955. **Multiple-rang and multiple F-test**. Biometric 11: 1-42.

Eddleman, B.R., 1998. **Summation of world shrimp Production in 1994 World Shrimp Farming**. Texas A&M University.

Grasshoff, H. 1976. **Methods of Seawater Analysis**. Veriag Chemic, New York. 317p.

Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot and R. Metailler. 2001. **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans.** Praxis Publishing Ltd, Chishester.

Hoang, T., Barchiesis, M., Lee, S.Y., Kenan, C.P. and Marsden, G.E., 2002. Influences of light intensity and photoperiod on mouiting and growth of *Penaeus merguiensis* cultured under laboratory conditions. **Aquaculture** 216: 343-354

Holthuis, L.B., 1980. **Shrimps and Prawns of the World.** FAO Species Catalogue, Vol. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Huner, J.V., Colvin, L.B. and Reid, B.L., 1979**.** Postmolt mineralization of the exoskeleton of juvenile california brown shrimp, *Penaeus californiensis* (Decapoda:Penaeidae). **Comparative Biochemistry and Physiology** 62A: 889-893.

Jiang D.H., Lawrence A.L., Neill W.H. and Gong H., 2000. Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by Litopenaeus vannamei juveniles. **J. Exp. Mar. Ecol.** 253: 193-209

Lemaire P., Bernard E., Martinez-Paz. and Chim L., 2002. Combined effect of temperature and salinity on osmoregulation of juvenile and subadult *Penaeus stylirostris*. **Aquaculture** 209: 307-317.

Lin, S.C., Liou, C.H. and Cheng, J.H., 2000. The role of the antennal glands in ion and body volume regulation of cannulated *Penaeus monodon* reared in various salinity conditions. **Comparative Biochemistry and Physiology** 127: 121-129

Lin, Y.C. and Chen, J.C., 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Aquaculture** 259: 109-119.

McGraw, W.J. and J. Scarpa. 2002. Determining ion concentrations *for Litopenaeus vannamei* culture in freshwater. **Global Aguaculture Advocate** 5: 36-38.

_____ Davis, D.A., Teichert-Coddington, D. and Rouse, D.B., 2002. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* post larvae to low salinity: influence of age, salinity endpoint and rate of salinity reduction. **J.World Aquac. Soc.** 33(1): 78-84.

Ponce-Palafox, J., Martinez- Palacios, C.A. and Ross, L.G., 1997. The effect of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture** 157: 107-115.

Poss, S.G., 1998. **Non-indigenous species in the gulf of mexico ecosystem**. A cooperative program between the Gulf of Mexico Program and the Gulf Coast Research Laboratory museum , The university of Southern mississippi.

Saha S.B., Bhattacharyya S.B. and Choudhury A., 1999. Preliminary observation on culture of *Penaeus monodon* in low saline water. **Naga** 22: 30-33.

Samocha, T.M., Lawrence, A.L. and Pooser D., 1998. Growth and Survival of juvenile *Penaeus vannamei* in low salinity water in a semi-closed recirculating system. **The Israeli Journal of Aquaculture-Barnidgeh** 50 (2): 55-59.

Saoud, I.M., Davis, D.L. and Rouse, D.B., 2002. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture** 62134: 1-11.

Shiau, S.Y. and Hsieh, J.F., 2001**.** Dietary potassium requirement of juvenile grass shrimp *Penaeus monodon*. **Fisheries Science** 67: 592-595.

Skinner, D.M., 1986. **Molting and Regeneration**. pp. 44-128. In D.B. Bliss (ed.) The Biology of Crustacea Vol.9. Academic Press, New York.

Stainton, M.P., M.J. Capel and F.A.J. Armstog., 1977. **The Chemical Analysis of Freshwater.** Fisheries and Marine Service. Miscellaneous Special Publication, Manitoba.

Tsuzuki, M.Y., Cavalli, R.O. and Bianchini, A., 2000. The effects of temperature, age, and acclimation to salinity on the survival of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae. **J. World. Soc.** 31 (3): 459-468.

Vijayan, K.K. and Diwan, A.D., 1996. Flutuations in Ca, Mg and P levels in the Hemolymph, Muscle, Midgut Gland and Exoskeleton During the Molt Cycle of the Indian White Prawn, *Penaeus indicus* (Decapoda: Penaeidae). **Comparative Biochemistry and Physiology** 114A: 91-97.

Whetstone, J.M., Treece, G.D., Browdy, C.L. and Stokes, A.D., 2002. **Opportunities and Constraints in Marine Shrimp Farming**. SRAC Publication No. 2600.

Wyban, J., Walsh, W.A. and Godin D.M., 1995**.** Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture** 138: 267-279.

ภาคผนวก

<u>ตารางผนวกที่ 1</u> จำนวนกุ้งขาวที่รอดตายหลังจากเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่าง ๆ เป็นเวลา 1 สัปดาห์

(หน่วย : ตัว)

ระดับความเค็ม (ppt.)	PL17			0.60 กรัม			2.07 กรัม		
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3
0.20	19	19	18	18	19	20	18	18	16
0.35	19	16	20	19	20	20	20	18	20
0.50	19	17	18	20	19	19	20	19	20
1	17	17	19	19	18	19	20	19	19
2	20	20	18	19	20	20	19	20	20
3	18	18	17	20	19	19	19	19	20
4	17	17	19	20	20	20	19	20	18
5	16	16	18	20	20	20	19	20	20

<u>ตารางผนวกที่ 2</u> การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างกัน ตลอดระยะการทดลอง 8 สัปดาห์

ระดับความเค็ม (ppt.)	ซ้ำที่	น้ำหนักกุ้งเฉลี่ย/ตัว (กรัม)		
		เริ่มต้นเลี้ยง	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
0.20	1	0.45	nd.	nd.
	2	0.44	nd.	nd.
	3	0.43	nd.	nd.
0.35	1	0.43	1.60	4.31
	2	0.44	1.94	3.97
	3	0.43	1.11	2.89
0.50	1	0.43	1.94	4.16
	2	0.44	2.14	4.83
	3	0.43	2.27	6.32
1	1	0.44	1.52	3.44
	2	0.43	2.66	5.62
	3	0.45	1.28	2.58
15	1	0.44	2.53	5.53
	2	0.43	2.61	6.07
	3	0.44	2.95	6.67

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนกุ้งขาวที่รอดตายเมื่อทดลองเลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ระดับความเค็ม (ppt.)	ซ้ำที่	จำนวนกุ้ง (ตัว)		
		เริ่มต้นเลี้ยง	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
0.20	1	20	0	0
	2	20	0	0
	3	20	0	0
0.35	1	20	9	8
	2	20	4	4
	3	20	5	5
0.50	1	20	16	16
	2	20	17	11
	3	20	10	10
1	1	20	19	14
	2	20	11	11
	3	20	18	15
15	1	20	19	18
	2	20	20	18
	3	20	20	20

ตารางผนวกที่ 4 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการลอกคราบจากคราบที่ 1 – 2 ของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ

ระดับความเค็ม (ppt.)	ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบ (วัน)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	เฉลี่ย
0.2	5.74	6.54	5.98	7.31	7.23	6.56±0.71
0.35	7.20	6.89	7.10	6.89	7.00	7.01±0.13
0.5	6.40	6.40	7.68	6.91	6.60	6.79±0.53
1	6.10	7.51	7.10	6.25	5.74	6.54±0.73
15	7.33	7.91	8.65	7.12	6.56	7.51±0.79

ตารางผนวกที่ 5 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการลอกคราบจากคราบที่ 2 – 3 ของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ

ระดับความเค็ม (ppt.)	ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบ (วัน)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	เฉลี่ย
0.2	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	-
0.35	8.46	7.80	7.58	7.91	8.35	8.02±0.37
0.5	11.00	7.00	9.66	7.13	11.50	9.25±2.11
1	11.90	9.79	10.00	8.25	15.23	11.03±2.67
15	9.75	8.00	11.50	14.56	7.62	10.28±2.84

ตารางผนวกที่ 6 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการลอกคราบจากคราบที่ 3 – 4 ของกุ้งขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่างๆ

ระดับความเค็ม (ppt.)	ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบ (วัน)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	เฉลี่ย
0.2	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	-
0.35	7.51	12.27	9.08	7.34	11.38	9.51±2.23
0.5	13.39	12.00	11.00	7.87	12.58	11.37±2.13
1	10.83	10.30	15.50	9.47	16.00	12.42±3.08
15	10.62	10.00	11.83	16.25	12.00	12.14±2.44

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนกุ้งขาวระยะ PL20 ที่รอดตายหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบและปริมาณอิออนต่างๆ เป็นเวลา 7 วัน

สูตรอิออน	จำนวนกุ้ง (ตัว)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	19	17	18	18.0±1.0
2	0	0	0	0
3	15	16	18	16.3±1.5
4	18	17	16	17.0±1.0
5	0	0	0	0
6	14	14	17	15.0±1.7
7	20	19	18	19.0±1.0
8	19	17	18	18.0±1.0
9	19	20	19	19.3±0.5
10	16	17	16	16.3±0.5
11	17	18	16	17.0±1.0
12	16	16	17	16.3±0.5
13	16	17	17	16.6±0.5
14	20	20	19	19.6±0.5

ตารางผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกุ้งขาวหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนสูตรต่างๆ ตลอดระยะการทดลอง 8 สัปดาห์

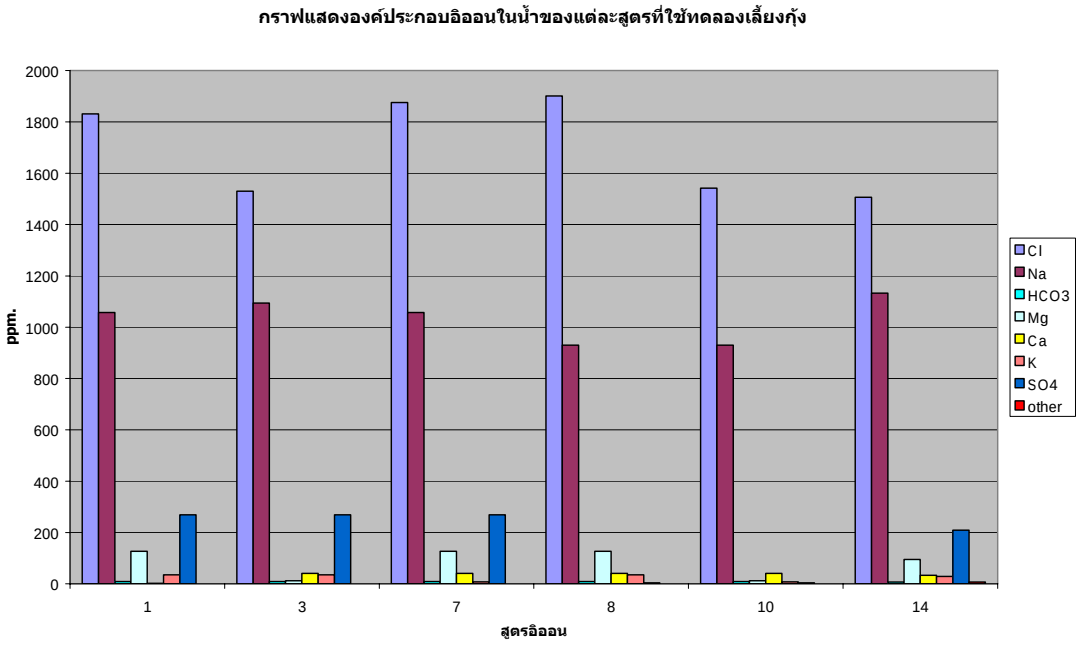
สูตรอิออน	ซ้ำที่	น้ำหนักกุ้งเฉลี่ย/ตัว (กรัม)		
		เริ่มต้นเลี้ยง	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
1	1	1.04	3.44	5.22
	2	0.89	3.80	5.81
	3	0.90	3.25	4.88
3	1	0.93	2.71	2.94
	2	1.01	2.44	3.25
	3	1.04	2.59	nd.
7	1	0.86	2.88	5.25
	2	0.90	3.46	4.48
	3	0.89	3.87	5.56
8	1	0.85	3.35	5.00
	2	0.96	3.50	5.14
	3	0.84	2.74	4.28
10	1	0.95	2.53	3.25
	2	0.91	2.75	nd.
	3	0.91	2.51	3.08
14	1	0.82	3.45	5.68
	2	0.85	3.25	5.32
	3	0.90	2.86	5.06

ตารางผนวกที่ 9 จำนวนกุ้งรอดตายหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนสูตรต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

สูตรอิออน	ซ้ำที่	จำนวนกุ้ง (ตัว)		
		เริ่มต้นเลี้ยง	อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์	อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์
1	1	20	18	14
	2	20	18	17
	3	20	19	19
3	1	20	20	1
	2	20	19	1
	3	20	17	0
7	1	20	12	11
	2	20	12	11
	3	20	10	10
8	1	20	20	16
	2	20	20	17
	3	20	19	13
10	1	20	2	1
	2	20	3	0
	3	20	5	2
14	1	20	18	18
	2	20	18	16
	3	20	20	20

ตารางผนวกที่ 10 การปรับลดความเค็มของกุ้งในถังปรับความเค็มเพื่อให้ได้ระดับความเค็มที่ใช้ในการทดลอง

วันที่	ระดับความเค็มของน้ำแต่ละถัง (ppt.)							
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6	ถังที่ 7	ถังที่ 8
1	30	30	30	30	30	30	30	30
2	25	25	25	25	25	25	25	25
3	20	20	20	20	20	20	20	20
4	15	15	15	15	15	15	15	15
5	10	10	10	10	10	10	10	10
6	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	4	3	2	1	1	1	1
8	5	4	3	2	1	0.5	0.5	0.5
9	5	4	3	2	1	0.5	0.35	0.2



ภาพผนวกที่ 1 แสดงองค์ประกอบอิออนในน้ำที่ทดลองการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์รอดตายของกุ้งขาวระยะ PL17 ที่เลี้ยงระดับความเค็มต่ำ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	7	333	47.57	1.34^{ns}
Error	16	567	35.43	
Total	23	900		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์รอดตายของกุ้งขาวขนาด 0.60 กรัม ที่เลี้ยงระดับความเค็มต่ำ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	7	115	16.42	1.96^{ns}
Error	16	134	8.37	
Total	23	249		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์รอดตายของกุ้งขาวขนาด 2.07 กรัม หลังทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่ำ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	7	317	45.28	2.71*
Error	16	267	16.68	
Total	23	584		

หมายเหตุ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งจากคราบที่ 1-2 ซึ่งเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	4	3.5	0.87	2.23^{ns}
Error	20	7.97	0.39	
Total	24	11.47		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งจากคราบที่ 2 – 3 ซึ่งเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	25.65	8.55	1.72^{ns}
Error	16	79.50	4.96	
Total	19	105.15		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งจากคราบที่ 3 – 4 ซึ่งเลี้ยงในระดับความเค็มต่าง ๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	26	8.66	1.38^{ns}
Error	16	100	6.25	
Total	19	126		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ ระดับความเค็ม 0.35 ppt.

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	16	8	4.57*
Error	12	21	1.75	
Total	14	37		

หมายเหตุ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ ระดับความเค็ม 0.5 ppt.

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	52	26	8.22**
Error	12	38	3.16	
Total	14	90		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ระดับความเค็ม 1 ppt.

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	94	47	8.17**
Error	12	69	5.75	
Total	14	163		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาของการลอกคราบในแต่ละช่วงคราบที่ระดับความเค็ม 15 ppt.

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	54	27	5.49*
Error	12	59	4.91	
Total	14	113		

หมายเหตุ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวเมื่อเริ่มต้นเลี้ยง ในระดับความเค็มต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	4	0	0	0^{ns}
Error	10	0	0	
Total	14	0		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ ในระดับความเค็มต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	2.08	0.69	3.28^{ns}
Error	8	1.69	0.21	
Total	11	3.77		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ ในระดับความเค็มต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	11.16	3.72	3.29^{ns}
Error	8	9.06	1.13	
Total	11	20.22		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายของกุ้งที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ ในระดับความเค็มต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	4	19276	4819	23.73**
Error	10	2034	203	
Total	14	21310		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายของกุ้งที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ ในระดับความเค็มต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	4	15783	3945.75	38.79**
Error	10	1017	101.70	
Total	14	16800		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งขาวเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	0.07	0.01	0ns
Error	12	0	0	
Total	17	0.07		

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 4 สัปดาห์ ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	2.36	0.47	4.70*
Error	12	1.23	0.10	
Total	17	3.59		

หมายเหตุ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักตัวเฉลี่ยกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	12.65	2.53	14.88**
Error	10	1.77	0.17	
Total	15	14.42		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุ 4 สัปดาห์ ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	15700	3140	94.20**
Error	12	400	33.33	
Total	17	16100		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตรารอดตายเฉลี่ยของกุ้งขาวที่อายุเลี้ยง 8 สัปดาห์ ในน้ำที่มีองค์ประกอบอิออนตามสูตรต่างๆ

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	22840	4568	67.9**
Error	12	817	68.08	
Total	17	23657		

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ