ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง | ชีววิทยาประมง

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของปริมาณอิออนที่มีระดับแตกต่างกันต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Effect of Different Ionic Concentrations on Survival and Growth of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Reared in Low-Salinity Waters

นามผู้วิจัย นายนิธิศ ภัทรกุลชัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

กรรมการ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

กรรมการ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....
(รองศาสตราจารย์อนงค์ จีรภัทร์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 4 **เดือน** มิถุนายน **พ.ศ.** 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของปริมาณอิออนที่มีระดับแตกต่างกันต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Effect of Different Ionic Concentrations on Survival and Growth of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Reared in Low-Salinity Waters

โดย

นายนิธิศ ภัทรกุลชัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2550

นิธิศ ภัทรกุลชัย 2550: ผลของปริมาณอิออนที่มีระดับแตกต่างกันต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 207 หน้า

การศึกษาผลของปริมาณอิออนที่แตกต่างกันในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำในการทดลองที่ 1 เลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา 15 (PL 15) ด้วยน้ำความเค็ม 5 ส่วนในพันส่วน(พีพีที) จากแหล่งต่างกัน คือ น้ำทะเล น้ำนาเกลือ น้ำบาดาล น้ำเกลือ และน้ำแร่ธาตุ ในถังทดลองขนาด 3 ลูกบาศก์เมตรอัตราความหนาแน่นลูกกุ้ง 150 ตัวต่อถัง หลังจากเลี้ยงระยะเวลา 70 วัน พบว่า กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือ น้ำบาดาล และน้ำทะเลมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือมีอัตราการรอดตาย และ น้ำหนักดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำบาดาล และตามด้วยน้ำทะเล ตามลำดับ ส่วนลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุตายหมดภายในเวลา 48 ชั่วโมง การทดลองที่ 2 เลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำระยะ PL 15 ด้วยน้ำนาเกลือที่เจือจางด้วยน้ำจืดได้ความเค็มแตกต่างกัน คือ 10, 5, 3, และ 1 พีพีที ผลการเลี้ยงนาน 70 วันพบว่าที่ความเค็ม 10 พีพีที มีอัตราการรอดตายและน้ำหนักสูงสุด ตามด้วยที่ระดับความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ตามลำดับ ซึ่งทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างทางสถิติต่อกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งใช้น้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดให้ได้ความเค็ม 5 พีพีที จำนวน 8 บ่อในจังหวัดราชบุรี กับบ่อทดลองจำนวน 8 บ่อ ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ซึ่งใช้น้ำบาดาลผสมน้ำจืดให้ได้ความเค็ม 5 พีพีที ผลการศึกษาพบว่า น้ำนาเกลือได้ผลผลิต 1,010 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักกุ้ง 19.กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.15 กรัมต่อวัน และอัตราการรอดตาย 85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำบาดาลได้ผลผลิต 1,665 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักกุ้ง 31 กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.21 กรัมต่อวัน และอัตราการรอดตาย 85 เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตและน้ำหนักกุ้งในฟาร์มที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ดีกว่าเนื่องจากมีการจัดการระบบการให้อากาศที่ดีกว่าทำให้สภาพพื้นบ่อสะอาด เลี้ยงได้นานถึง 147 วัน ในขณะที่ฟาร์มจังหวัดราชบุรี เลี้ยงได้เพียง 122 วัน การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในฟาร์มที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันแต่มีผลผลิตต่างกันมาก ใช้บ่อทดลองฟาร์มละ 12 บ่อ ปล่อยลูกกุ้งในคอกพลาสติกในอัตราความหนาแน่นไร่ละ 80,000 ตัว ความเค็ม 8-10 พีพีที หลังจากอนุบาลนาน 3 วัน เปิดคอกให้ลูกกุ้งกระจายทั่วบ่อ วิเคราะห์ปริมาณอิออนสำคัญและคุณสมบัติของน้ำตลอดการเลี้ยง หลังจากจับกุ้งฟาร์มที่ 1 มีผลผลิตปกติ 899 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าฟาร์มที่ 2 ที่มีผลผลิตเพียง 560 กิโลกรัมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการวิเคราะห์ปริมาณอิออนสำคัญในระยะแรกจะไม่แตกต่างกัน แต่ที่ 30 วัน ปริมาณโซเดียมและแมกนีเซียมในฟาร์มที่ 2 จะต่ำกว่าฟาร์มที่ 1 และในช่วงเดือนสุดท้ายปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมจะต่ำมาก เนื่องจากฟาร์มที่ 2 มีการเติมน้ำจืดมากกว่าเพราะมีการรั่วซึมมากเนื่องจากฟาร์มที่ 1 มีอนุภาคดินเหนียวมากกว่าเนื้อดินในฟาร์มที่ 2 ทำให้ความเค็มในฟาร์มที่ 1 อยู่ในระดับที่สูงกว่า โดยสรุปการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยใช้น้ำนาเกลือผสมกับน้ำจืดได้ระดับความเค็ม 5 พีพีทีควรจะมีอัตราส่วนของอิออนต่างๆ คล้ายน้ำทะเล ไม่ควรลดความเค็มในระยะแรกอย่างรวดเร็วจะมีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ 22 / 05 / 50

Nitis Pattarakulchai 2007: Effect of Different Ionic Concentrations on Survival and Growth of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Reared in Low-Salinity Waters. Doctor of Philosophy (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Assistant Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 207 pages.

Effect different ionic concentrations for rearing black tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) in low salinity water were studied. In experiment 1, postlarvae (PL) 15 were stocked at the density of 150 PL/tank (3 cubic meters) containing water with a salinity of 5 parts per thousand (ppt) from different sources: seawater, brine water, underground water, sodium chloride solution and mineral mixed water. After the 70-days rearing trial, shrimp in the brine water group showed the highest survival rate and average weight followed by the underground water and the seawater groups, respectively. There were significant differences ($p<0.05$) among the three groups. The shrimp in sodium chloride solution and the mineral mixed water groups died within 48 hours. In experiment 2, PL15 were stocked at the same density as in experiment 1, using brine water with four different salinity levels 10,5,3 and 1 ppt. After 70 days, shrimp in the 10 ppt group exhibited the highest survival rate and weight, followed by the 5, 3 and 1 ppt groups, respectively. There were significant differences ($p<0.05$) among the four groups. In experiment 3, yield and growth rate of black tiger shrimp reared in eight earthen ponds using brine water with a salinity of 5 ppt in Ratchaburi province were compared with eight earthen ponds using underground water with a salinity of 5 ppt in Prachuapkhirikhan province. The results showed that the average yield, weight, growth rate and survival rate of shrimp in brine water group were 1,010 kg/rai, 19 g, 0.15 g/day and 85% compared with 1,665 kg/rai, 31 g, 0.21 g/day and 85% of shrimp in the underground water group. The growth rate and average weight of the Prachuapkhirikhan group were higher than for the Ratchaburi group due to better aeration management which resulted in better pond bottom conditions, as well as a longer culture period of up to 147 days, while the culture period was only 122 days for Ratchaburi group. Experiment 4 was conducted in Ratchaburi province. Farm 1 had normal production and farm 2 had lower production from previous growout cycles. Both farms were located in the same geographical area. PL15 were stocked into a plastic nursery enclosure in the ponds at the density of 80,000 PL/rai with a salinity of 8-10 ppt. Twelve ponds were used for each farm. After nursing for 3 days, shrimp were released from the plastic enclosure. Ionic concentrations and water quality were analyzed throughout the culture period. Considering the shrimp harvest results, farm 1 had normal yield of 899 kg/rai significantly higher ($P<0.05$) than 560 kg/rai in farm 2. Major ions were similar for both farms until 30 days after stocking, with Na^+ and Mg^{2+} in farm 2 significantly lower than for farm 1. Before harvest, ionic concentrations, especially Na^+, Mg^{2+} and K^+ from farm 2, were significantly lower than farm 1 because more freshwater was added into the pond during the culture period due to seepage. Farm 1 pond bottom soil had more clay particles than the soil in farm 2. The salinity in farm 1 was higher than that of farm 2 from 60 days after stocking. In conclusions, shrimp culture using low salinity from brine water diluted to 5 ppt should have ionic profiles similar to seawater. Salinity should be maintained during the first month in order to achieve good survival and growth rates of shrimp.

Nitis Pattarakulchai Chalor Limsuwan 22 / 05 / 07

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลิ้มสุวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราห์ เทพาหุดี กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก และ รองศาสตราจารย์ ดร. ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณตรีชฎา ด่านวัฒนานุสรณ์ คุณเกศินี หลายสุทธิสาร คุณสาธิต ประเสริฐศรี คุณสุธี วงศ์มณีประทีป และคุณปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตลอดจนการจัดพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ คุณเดชา บรรลือเดช ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาวิจัย คุณสุภาวิฑา ภัทรกุลชัย ภรรยาผู้เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในระหว่างการศึกษาทดลองเป็นอย่างดี รวมทั้งลูกๆ ทั้ง 5 คน ที่คอยเป็นกำลังใจตลอดเวลาที่ข้าพเจ้าเริ่มศึกษาจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขออุทิศให้แก่ บิดา มารดา ผู้ล่วงลับ ตลอดจนครูบาอาจารย์ทั้งหลายที่ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิธิศ ภัทรกุลชัย

เมษายน 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลและวิจารณ์	22
สรุปและข้อเสนอแนะ	91
สรุป	91
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พื้นที่ และผลผลิต ระหว่างปี พ.ศ. 2530-2544	6
2	ปริมาณอิออนชนิดต่าง ๆ ในน้ำทะเล และน้ำจืด	10
3	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	22
4	อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	23
5	คุณสมบัติของน้ำเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	26
6	ปริมาณอิออนเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำที่มาจากแหล่งต่างกัน	34
7	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดในระดับความเค็มแตกต่างกัน	40
8	อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดในระดับความเค็มแตกต่างกัน	41
9	คุณสมบัติของน้ำเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มแตกต่างกัน	44
10	ปริมาณอิออนเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	53
11	ค่าเฉลี่ยผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	59
12	คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	65
13	ปริมาณอิออนในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี และจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์	73
14	แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฟาร์มจังหวัดราชบุรีและฟาร์มจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	75
15	ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากจากฟาร์มที่มีผลิตปกติ (ฟาร์ม 1) และผลผลิตต่ำ(ฟาร์ม 2)	81
16	แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

17 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของอิออนหลักในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 83
18 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วัน 85
19 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 5 วัน 86
20 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 30 วัน 87
21 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 60 วัน 88
22 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 90 วัน 89
23 แสดงคุณภาพน้ำก่อนจับกุ้งกุลาดำ 1 วัน 90

ตารางผนวกที่

1 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำทะเล (5 พีพีที) ในการทดลอง ตามระยะเวลาเลี้ยง 108
2 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ (5 พีพีที) ในการทดลอง ตามระยะเวลาเลี้ยง 113
3 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำบาดาล (5 พีพีที) ในการทดลอง ตามระยะเวลาเลี้ยง 118
4 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำเกลือ (5 พีพีที) ในการทดลอง ตามระยะเวลาเลี้ยง 123
5 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำแร่ธาตุ (5 พีพีที) ในการทดลอง ตามระยะเวลาเลี้ยง 128
6 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำทะเล ความเค็ม 10 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง 133
7 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 10 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง 138
8 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 5 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง 143
9 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 3 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง 148
10 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 1 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง 153
11 ปริมาณอิออนในน้ำก่อนการทดลองที่ 1 158

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 15 วัน	158
13	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 30 วัน	159
14	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 45วัน	161
15	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 60 วัน	162
16	ปริมาณอิออนในน้ำก่อนการทดลองที่ 2	163
17	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 15 วัน	163
18	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 30 วัน	164
19	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 45 วัน	165
20	ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 60 วัน	167
21	ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรีและบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	168
22	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่1 จ. ราชบุรี (130 วัน)	169
23	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่2 จ. ราชบุรี (115 วัน)	170
24	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่3 จ.ราชบุรี (118 วัน)	171
25	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่4 จ. ราชบุรี (120 วัน)	172
26	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 5 จ. ราชบุรี (120 วัน)	173
27	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่6 จ.ราชบุรี (126 วัน)	174
28	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 7 จ.ราชบุรี (124 วัน)	175
29	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 8 จ. ราชบุรี (124 วัน)	176
30	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 1 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (145 วัน)	177
31	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 2 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (145 วัน)	178
32	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 3 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (150 วัน)	179
33	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 4 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (150) วัน	181
34	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 5 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (147 วัน)	183
35	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 6 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (147 วัน)	184
36	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 7 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (149 วัน)	186

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
37	ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 8 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (149วัน)	187
38	ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของบ่อทดลอง จ. ราชบุรี	189
39	ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของบ่อทดลอง จ .ประจวบคีรีขันธ์	191
40	แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จ.ราชบุรี	194
41	แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จ.ประจวบคีรีขันธ์	195
42	ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	196
43	ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	200
44	แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	204
45	แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	205
46	แสดงผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	206
47	แสดงผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	207

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	23
2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	30
3	การเปลี่ยนแปลงความเค็มในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	30
4	การเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้าในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	31
5	การเปลี่ยนแปลงพีเอชเฉลี่ยในรอบวันในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	31
6	การเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างรวมในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	32
7	การเปลี่ยนแปลงความกระด้างในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	32
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	33
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	33
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	36
11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	36
12	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโซเดียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	37
13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอไรด์อิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	38
15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟตอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	38
16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไบคาร์บอเนตในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน	39
17	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดให้ได้ระดับความเค็มแตกต่างกัน	41
18	อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดให้ได้ระดับความเค็มต่างกัน	42
19	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยในรอบวันในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	49
20	การเปลี่ยนแปลงความเค็มในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	49
21	การเปลี่ยนแปลงความนำไฟฟ้าในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	50
22	การเปลี่ยนแปลงพีเอชในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	50
23	การเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างรวมในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	51
24	การเปลี่ยนแปลงความกระด้างในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	51
25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	52
26	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน	52
27	ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน	54
28	ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีคววามเค็มแตกต่างกัน	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
29	ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน	55
30	ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน	56
31	ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน	56
32	ไบคาร์บอเนตตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน	57
33	ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน	57
34	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตอนเช้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	65
35	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตอนบ่ายตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	66
36	พีเอชในตอนเช้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	66
37	พีเอชในตอนบ่ายตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	67
38	อุณหภูมิในตอนเช้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	67
39	อุณหภูมิในตอนบ่ายตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	68
40	ความเป็นด่างรวมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	68
41	ความเป็นกระด้างตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
42	ปริมาณแอมโมเนียรวมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	69
43	ปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรีและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	70
44	ค่าความโปร่งแสงตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรีและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	70
45	ความเค็มตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	71
46	ความนำไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	71
47	ปริมาณอิออนเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์	73

ภาพผนวกที่

1	การคัดเลือกลูกกุ้งและนับลูกกุ้งก่อนนำมาเลี้ยงในบ่อทดลอง	103
2	การปล่อยลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา 15 ลงเลี้ยงในบ่อทดลอง	103
3	บ่อทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2	104
4	การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อทดลอง	104
5	การปล่อยกุ้งในการทดลองที่ 3	105
6	การเติมน้ำในระหว่างการเลี้ยงในการทดลองที่ 3	105
7	กุ้งกุลาดำที่จับจากบ่อทดลอง จ. ราชบุรี	106
8	กุ้งกุลาดำที่จับจากบ่อทดลอง จ. ประจวบคีรีขันธ์	106
9	การวางเครื่องให้อากาศของบ่อทดลอง จ. ประจวบคีรีขันธ์	107
10	การวางเครื่องให้อากาศของบ่อทดลอง จ.ราชบุรี	107

ผลของปริมาณอิออนที่มีระดับแตกต่างกันต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Effect of Different Ionic Concentrations on Survival and Growth of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Reared in Low-Salinity Waters

คำนำ

กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) เป็นสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ สามารถสร้างรายได้จากการส่งออกได้ปีละหลายหมื่นล้านบาท และเคยส่งออกทำเงินตราเข้าประเทศได้มากถึงหนึ่งแสนเจ็ดพันล้านบาท ในปี พ.ศ. 2543 นอกจากนี้กุ้งกุลาดำยังมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เช่น การสร้างงาน การกระจายรายได้และการพัฒนาอุตสาหกรรมต่อเนื่องและกุ้งกุลาดำยังจัดเป็นสินค้ายุทธศาสตร์ ตามแผนแม่บทการพัฒนาและส่งเสริมการส่งออกสินค้าอาหารในระยะปานกลาง (พ.ศ.2544 - 2548) ด้วย

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แบบพัฒนาในประเทศไทยได้เริ่มมีการเลี้ยงเมื่อปี พ.ศ. 2528 บริเวณจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการและสมุทรสงคราม หลังจากนั้นได้ขยายพื้นที่การเลี้ยงไปทางภาคตะวันออกและภาคใต้ ตามจังหวัดชายทะเลทั่วประเทศ เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้ขณะนั้นสูงมาก แต่รูปแบบการเลี้ยงโดยทั่วไปเป็นระบบเปิดมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมาก ในการเตรียมบ่อบางพื้นที่ใช้วิธีการฉีดเลนลงแหล่งน้ำสาธารณะ ทำให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมทำให้มีการเกิดโรคระบาดเพิ่มมากขึ้น จนในที่สุดพื้นที่การเลี้ยงกุ้งหลายแห่งไม่สามารถเลี้ยงกุ้งในพื้นที่เดิมได้อีกต่อไป (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2542) สำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ เริ่มจากจังหวัดฉะเชิงเทรา และได้มีการพัฒนาวิธีการเลี้ยงจนขยายเข้าไปในเขตพื้นที่ภาคกลางเนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือ มีปัญหาเรื่องโรคน้อยกว่าการเลี้ยงริมชายฝั่งทะเลที่ใช้น้ำความเค็มสูงและต้นทุนในการสร้างฟาร์มและการจัดการระหว่างการเลี้ยงต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รวมทั้งปัจจุบันผู้ที่เลี้ยงกุ้งในพื้นที่ซึ่งติดกับชายฝั่งทะเล ก็หันมาปรับปรุงการเลี้ยงของตนให้กลายมาเป็นการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดปัญหาการเกิดโรคระบาด (ชลอ และคณะ, 2541) จนทำให้การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งของประเทศไทย โดยผลผลิตในปี พ.ศ. 2543 –2544 ประมาณปีละ 300,000 เมตริกตัน เป็นผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติบริเวณชายฝั่งทะเลเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ และอีก 60 เปอร์เซ็นต์

เป็นผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2545) แต่ปัญหาที่พบในหลายพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ คือ จะมีบ่อเลี้ยงกุ้งบางส่วนมีปริมาณผลผลิตเพียงประมาณ 200 – 400 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราการรอดตายของกุ้งประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่า 0.1 กรัมต่อวันต่อตัว โดยปัญหาต่างๆเหล่านี้น่าจะมีผลเกี่ยวข้องกับปริมาณอิออนต่างๆที่มีอยู่ในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้ง เนื่องจากความแตกต่างของสมบัติของดินและน้ำในแต่ละพื้นที่ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของอิออนชนิดต่าง ๆ บางพื้นที่อาจจะไม่แตกต่างกันมากกับอิออนที่มีในน้ำทะเล (Forsberg and Neill, 1977) องค์ประกอบของอิออนและความเค็มของน้ำบางพื้นที่ในพื้นที่แผ่นดินใหญ่ไม่สามารถใช้เลี้ยงกุ้งได้โดยตรง (Boyd *et al*., 2002; Davis *et al*. 2002; Saoud *et al*., 2003) โดยเฉพาะฟาร์มที่อยู่ห่างไกลทะเล ที่ใช้น้ำใต้ดิน เช่นน้ำใต้ดินในประเทศอินเดียโดยทั่วไปจะมีปริมาณแคลเซียม (Ca^{2+}) สูง แต่มีแมกนีเซียม (Mg^{2+}) และโพแทสเซียม (K^{+}) น้อยมาก (Jain *et al*., 2002) ความแตกต่างในปริมาณของอิออนเหล่านี้จะมีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง (Fielder *et al*., 2001) Boyd *et al*. (2002) ได้วิเคราะห์หาค่าอิออนต่างๆในหลายพื้นที่ที่เลี้ยงกุ้งโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ พบว่าบางแห่งมีปริมาณ K^{+} ต่ำมาก ทำให้กุ้งที่เลี้ยงมีอัตราการรอดตายต่ำ ส่วน McGraw and Scarpa (2002) พบว่าถ้าน้ำที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ไม่มี โซเดียม (Na^{+}) และ K^{+} ลูกกุ้งจะตายหมดภายใน 2 วัน ส่วนน้ำที่ขาด Ca^{2+} และ Mg^{2+} จะมีอัตราการรอดตายต่ำมาก นอกจากนี้ยังพบว่า โซเดียมและโพแทสเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงมากกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมอีกด้วย

เนื่องจากมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการวิจัยอย่างจริงจังถึงระดับความเหมาะสมหรือระดับต่ำสุดของอิออนต่าง ๆ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-} และ SO_4^{2-} ต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ ให้ได้ผลผลิตที่ยังสามารถประกอบอาชีพแก่เกษตรกรได้ การศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปเผยแพร่และแนะนำให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง เพื่อทำให้การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำประสบผลสำเร็จ เพิ่มปริมาณผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร และช่วยรักษาระดับความเป็นผู้นำในด้านการผลิตและการส่งออกกุ้งของประเทศไทยต่อไปได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งความเค็มที่แตกต่างกัน

2.เพื่อเปรียบเทียบอัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงโดยใช้น้ำที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน

3. เปรียบเทียบปริมาณอิอออนสำคัญในฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้แหล่งความเค็มจากน้ำบาดาล กับฟาร์มที่เลี้ยงโดยการใช้แหล่งความเค็มจากน้ำนาเกลือ

4. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณอิอออนชนิดต่าง ๆ จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำเท่ากันแต่มีผลผลิตแตกต่างกันมาก

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญของอุตสาหกรรมกุ้งไทย

อุตสาหกรรมกุ้งไทยใช้เวลาพัฒนาประมาณ 6 ปี จากปี พ.ศ. 2528-2533 ก็ก้าวสู่ความเป็นหนึ่งในด้านการผลิตและส่งออกกุ้งจากการเพาะเลี้ยงมากที่สุดในโลก ยาวนานถึง 11 ปี จากปีพ.ศ. 2534-2544 ด้วยตัวเลขผลผลิต 200,000-350,000 ตันต่อปี มูลค่าการส่งออกประมาณ 50,000-100,000 ล้านบาทต่อปี โดยมีผู้เกี่ยวข้องจำนวนมากนับล้านคน ตั้งแต่เรือประมงอวนลากสำหรับจับพ่อแม่พันธุ์ในทะเล ผู้ประกอบการโรงเพาะฟักและอนุบาลลูกกุ้ง บริษัทผู้ผลิตอาหารกุ้ง และปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำ ตัวแทนจำหน่าย ผู้รับเหมาก่อสร้างและปรับปรุงฟาร์ม คนจับกุ้ง แพรับซื้อกุ้ง ตลาดกลางการค้ากุ้ง โรงงานแปรรูปกุ้ง เพื่อการส่งออก แรงงาน นักวิชาการ ตลอดจนหน่วยงานที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ล้วนมีบทบาทสำคัญในการช่วยผลักดันให้อุตสาหกรรมกุ้งไทยก้าวเข้ามายืนในตำแหน่งผู้นำในด้านการผลิตและผู้ส่งออก (นิธิศ, 2546) ตารางที่ 1 แสดงจำนวนฟาร์มเลี้ยงกุ้ง พื้นที่ และผลผลิตในระยะเวลา 15 ปี

2. ระบบการเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย

สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล(2542)แบ่งลักษณะการเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทยได้ 3 รูปแบบคือ

1. การเลี้ยงแบบดั้งเดิม หรือ แบบธรรมชาติ (extensive culture) โดยอาศัยปล่อยน้ำทะเลเข้าบ่อเลี้ยงกุ้ง ใช้ลูกกุ้งธรรมชาติ ไม่มีการให้อาหาร และเครื่องให้อากาศ

2. การเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive culture) เป็นการเลี้ยงที่มีการปล่อยลูกกุ้งเสริมจากลูกกุ้งธรรมชาติมีการให้อาหารเสริมหรืออาหารสมทบ แต่ยังไม่มีการใช้เครื่องให้อากาศ

3. การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (intensive culture) เป็นการเลี้ยงโดยการปล่อยลูกกุ้งตั้งแต่ 25 ตัวต่อตารางเมตรขึ้นไป มีการให้อาหารสำเร็จรูป เครื่องให้อากาศ และใช้วิชาความรู้ต่างๆ เข้ามาจัดการ ชลอ (2543) แบ่งรูปแบบการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาออกเป็น 3 ระบบคือ

1. ระบบเปิด เป็นระบบการเลี้ยงที่ใช้น้ำปริมาณมากและน้ำที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีด้วย เนื่องจากจะเปลี่ยนถ่ายน้ำในปริมาณที่มากต่อการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้ง เพื่อลดปริมาณของเสียและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน ระบบนี้สามารถปล่อยลูกกุ้งได้ถึง 60 ตัวต่อตารางเมตร และกุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 25-35 กรัมในระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน การเลี้ยงในระบบนี้อยู่ในระยะแรกของการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา แต่ในปัจจุบันระบบนี้ได้รับความนิยมลดลง หลังจากเกิดการระบาดของไวรัสหัวเหลืองในปี พ.ศ. 2533 และโรคไวรัสดวงขาวปลายปี พ.ศ. 2537

2. ระบบการถ่ายน้ำน้อย เป็นระบบการเลี้ยงที่ลดปริมาณการใช้น้ำจากภายนอกในระหว่างการเลี้ยงโดยจะเริ่มจากสูบน้ำทะเลที่สะอาดบำบัดด้วยสารเคมีเพื่อกำจัดสัตว์ที่ไม่ต้องการโดยเฉพาะสัตว์จำพวกกุ้งและปูที่อาจจะเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสจากน้ำ จึงปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร และเลี้ยงนานประมาณ 100-120 วันจะได้กุ้งขนาด 15-20 กรัม ถึงแม้ว่าระบบนี้จะไม่ต้องการถ่ายน้ำในระยะช่วงแรกแต่จะต้องรักษาระดับน้ำในบ่อโดยการเติมน้ำเข้าไปเพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยหรือรั่วซึมออกด้วยน้ำเค็ม หรือน้ำจืดก็ได้ อาจจะมีการถ่ายน้ำบ้างในช่วงท้าย ๆ ถ้าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสม ระบบนี้สามารถใช้ได้กับทุกพื้นที่ แม้แต่ในแผ่นดินใหญ่ห่างไกลจากทะเลซึ่งไม่มีน้ำเค็มเข้าถึง ข้อด้อยของระบบนี้คือต้องปล่อยลูกกุ้งจำนวนที่เหมาะสม คือไม่มากกว่า 30 ตัวต่อตารางเมตร หรือไม่เกิน 50,000 ตัวต่อไร่ และต้องการน้ำที่มีคุณภาพดีประกอบด้วยการให้ความสำคัญในการควบคุมการให้อาหาร และการบำบัดของเสียภายในบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยงที่ดีด้วย

3. ระบบปิดแบบใช้น้ำหมุนเวียน เป็นระบบการเลี้ยงโดยใช้น้ำจากนอกฟาร์มให้น้อยที่สุด โดยการแบ่งพื้นที่ฟาร์มออกเป็นบ่อเลี้ยง 50-60 เปอร์เซ็นต์ และบ่อเก็บน้ำ บ่อตกตะกอน บ่อบำบัด คลองน้ำทิ้งและพื้นที่ใช้สอยอื่นๆ รวม 40-50 เปอร์เซ็นต์ อาจจะใช้น้ำทะเลหรือน้ำจากแม่น้ำลำคลองที่สะอาด น้ำทั้งหมดที่นำเข้าไปในระบบการเลี้ยงกุ้งจะมีการบำบัดฆ่าเชื้อหรือผ่านการกรองและพักไว้เป็นเวลานานจึงนำมาใช้ และในระหว่างการเลี้ยงน้ำที่ระบายออกจากบ่อเลี้ยงจะถูกถ่ายลงสู่บ่อตกตะกอนและบำบัดด้วยสารเคมี หรือด้วยกลไกทางชีวภาพตามความเหมาะสมและความชำนาญของแต่ละฟาร์ม แล้วจะสูบไปเก็บในบ่อพักน้ำ ซึ่งจะมีการบำบัดโดยวิธีชีวภาพ โดยทั่วไปจะใช้ปลากินพืช เพื่อบำบัดสารอินทรีย์ และอาหารที่หลงเหลือก่อนที่จะนำไปใช้ในบ่อเลี้ยงอีก อัตราความหนาแน่นของกุ้งทั่วไปจะอยู่ที่ระดับ 30-50 ตัวต่อตารางเมตร และจะใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 110-130 วัน แล้วแต่ความต้องการของผู้เลี้ยง

ตารางที่ 1 จำนวนฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พื้นที่ และผลผลิต ระหว่างปี พ.ศ. 2530-2544

พ.ศ.	จำนวนฟาร์ม	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิตกุ้ง (ตัน)			ผลผลิตกุ้งกุลาดำ (ตัน)
			การเพาะเลี้ยง	จับจากทะเล	รวม	
2530	5,899	279,812	23,566	128,100	151,666	10,544
2531	10,246	342,364	55,633	110,200	165,633	40,774
2532	12,545	444,785	93,495	110,800	204,295	81,492
2533	15,072	403,787	118,227	107,400	225,627	107,969
2534	18,998	470,826	162,070	129,100	291,170	155,069
2535	19,403	454,975	184,884	91,616	276,500	179,358
2536	20,027	449,292	225,514	95,514	321,028	217,900
2537	22,198	457,793	263,446	97,773	361,219	259,083
2538	26,145	468,386	259,541	105,914	365,455	255,890
2539	22,913	434,148	239,500	109,160	348,660	235,035
2540	23,723	457,000	227,560	105,735	333,295	223,551
2541	25,977	475,117	252,731	110,000	362,731	247,676
2542	26,000	480,000	270,000	100,000	370,000	250,000
2543	27,500	495,000	315,000	95,000	410,000	290,000
2544	30,000	520,000	350,000	85,000	435,000	320,000

ข้อมูลโดย: กรมประมง (ประเมินโดยฝ่ายการตลาดบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด)
ที่มา: นิธิศ (2546)

3. การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ

3.1 การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทย

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทยส่วนหนึ่งได้รับอิทธิพลมาจากความล้มเหลวของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในบริเวณชายฝั่งบางแห่งเกิดจากการเปลี่ยนอาชีพจากการเลี้ยงปลาที่มีผลตอบแทนค่อนข้างต่ำ บางรายเกิดจากการล้มเหลวของการประกอบอาชีพการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากความพยายามจะเลี้ยงกุ้งเนื่องจากฟาร์มที่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้ผลตอบแทนในการลงทุนสูงกว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือการเกษตรชนิดอื่นๆ (ชวนพิศ และคณะ 2539) การเลี้ยงกุ้งระบบความเค็มต่ำในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา จากนั้นได้มีการขยายไปสู่พื้นที่ใกล้เคียงและพื้นที่ภาคกลางอย่างรวดเร็วทดแทนการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาบริเวณชายฝั่งทะเลที่ประสบปัญหาเรื่องโรคระบาดที่เกิดอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากแบคทีเรียเรืองแสงที่มีสาเหตุจาก *Vibrio harveyi* ไวรัสหัวเหลือง (yellow-head virus) และไวรัสดวงขาว (white spot syndrome virus) ทำให้การเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำประสบความสำเร็จมากกว่าการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มปกติ ทำให้มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ ด้วยน้ำความเค็มต่ำทั่วโลกที่คล้ายกับประเทศไทย คือ ลดความเค็มของน้ำระหว่างการเลี้ยงเพื่อหลีกเลี่ยงโรคระบาดที่เกิดจากไวรัสและแบคทีเรียเรืองแสง (ชลอ, 2543)

3.2 การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศต่างๆ

จากความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทย ทำให้วิธีการเลี้ยงมีการแพร่หลายไปในประเทศเอกวาดอร์ และประเทศในกลุ่มลาตินอเมริกา รวมทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา (Boyd ,2001) โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งขาวแปซิฟิกในประเทศบราซิล และเอกวาดอร์ ซึ่งมีอัตราการรอดตายสูงและสามารถช่วยลดการเกิดโรคระบาด เช่น แบคทีเรียเรืองแสงได้ทำให้มีการขยายพื้นที่การเลี้ยงเพิ่มขึ้นในทั้งสองประเทศ (Nunes and Lopez, 2001)

สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกามีรายงานการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำบาดาลความเค็มต่ำและได้ผลดีในมลรัฐเท็กซัส (Texas) (Treece, 2002) และมีการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับ

การเลี้ยงกุ้งชนิดนี้ในมลรัฐฟลอริด้า (Florida) ในปัจจุบันนี้มีการเลี้ยงในแผ่นดินใหญ่ (inland) ห่างไกลจากทะเลในมลรัฐอลาบามา (Alabama) อะริโซนา (Arizona) อินเดียน่า (Indiana) มิชิแกน (Michigan) มิสซิสซิปปี้ (Missisippi) เซ้าคาโรไลน่า (South Carolina) โดยใช้น้ำบาดาลที่มีความเค็มต่ำ เนื่องจากกุ้งขาวชนิดนี้สามารถเลี้ยงได้ในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันมากตั้งแต่ 1-40 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) และลูกกุ้งสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มต่ำได้ดี จึงเหมาะสมที่จะเลี้ยงในแผ่นดินใหญ่ที่ห่างไกลจากทะเล (Devis *et al*., 2004)

4. รูปแบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทย

ชลอ (2543) ได้จัดรูปแบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำไว้ 2 รูปแบบ คือ

1. ใช้น้ำจากแม่น้ำลำคลองที่มีความเค็มต่ำ ไม่เกิน 10 พีพีที ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่อยู่ไกลจากปากแม่น้ำ หรือเป็นการเลี้ยงในช่วงฤดูฝนที่น้ำในแม่น้ำลำคลองมีความเค็มต่ำ ในจังหวัดที่มีแม่น้ำสายใหญ่ๆ จะมีการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำกันมากและได้ผลผลิตสม่ำเสมอดีกว่าพื้นที่ริมชายฝั่งทะเลที่ใช้น้ำทะเลความเค็มปกติ ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่การเลี้ยงตามริมชายฝั่งแม่น้ำต่างๆ ที่อยู่ห่างไกลจากทะเลมากขึ้นเรื่อยๆ

2. เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ แต่เป็นพื้นที่ซึ่งไม่ใช้น้ำมีความเค็มจากแม่น้ำลำคลองต้องมีการบรรทุกน้ำเค็มเข้าไปเติมในบ่อเลี้ยงกุ้งผสมกับน้ำจืดจนได้ความเค็มต่ำ ระหว่างการเลี้ยงมีการเติมน้ำจืดเข้าไปทดแทนน้ำที่หายไปเรื่อยๆ จากการซึมและการระเหย การเลี้ยงกุ้งในระบบนี้มีด้วยกัน 2 แบบคือ

2.1 ปล่อยลูกกุ้งในบ่อที่มีความเค็มประมาณ 5 พีพีที โดยเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อประมาณ 60-80 เซนติเมตร และเติมน้ำเค็มที่มีความเค็มสูงระหว่าง 100-250 พีพีทีจากนาเกลือเข้าไป จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที ดังนั้นลูกกุ้งจะต้องมีการปรับความเค็มตั้งแต่โรงเพาะฟักจนได้ความเค็มประมาณ 10 พีพีที หรือต่ำกว่าจึงจะนำมาปล่อยที่บ่อ หลังจากปล่อยกุ้งแล้วจะมีการเติมน้ำจืดไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเต็มบ่อที่มีระดับความลึกระหว่าง 1.20-1.50 เมตร หลังจากการเลี้ยงไปประมาณ 100-110 วันความเค็มจะลดลงมาไม่เกิน 1.0 พีพีทีก็จะจับกุ้ง บางฟาร์มอาจจะนำน้ำเค็มมาเติมอีกเพื่อรักษาระดับความเค็มไม่ให้ต่ำกว่า 2 พีพีทีและเลี้ยงต่อไปอีก ซึ่งจะทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งได้ขนาดโตขึ้นมากกว่าเดิม

2.2 ปล่อยกุ้งในคอกที่กั้นด้วยผ้าพลาสติกเป็นแบบที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย คอกจะมีพื้นที่ขนาด 10x10 เมตรอาจจะเล็กกว่าหรือใหญ่กว่าเล็กน้อยตามความเหมาะสมของจำนวนลูกกุ้งที่ปล่อยในคอก โดยบริเวณที่กั้นคอกจะเติมน้ำเค็มจากนาเกลือจนได้ความเค็มประมาณ 10 พีพีที ระดับความลึกประมาณ 1 เมตร ในขณะที่น้ำในบ่อที่ล้อมรอบคอกควรจะเติมน้ำเค็มจนได้ความเค็มระหว่าง 2-3 พีพีที หลังจากปล่อยกุ้งลงไปในคอกจึงค่อยๆ ลดความเค็มของน้ำในคอกโดยเติมน้ำในบ่อที่อยู่ภายนอกเข้ามาในคอก และระบายน้ำจากคอกออกไปอย่างช้าๆ ใช้เวลาลดความเค็มลงเรื่อยๆ ประมาณ 5-14 วัน ก็จะเปิดคอกให้กุ้งออกไปอยู่กระจายทั่วบ่อ ดังนั้นความเค็มของน้ำในบ่อทั้งหมดจะอยู่ประมาณ 2-4 พีพีที หลังจากนั้นก็จะมีการเติมน้ำจืดเข้ามาเรื่อยๆ จนเต็มบ่อ และใช้เวลาเลี้ยงนานประมาณ 100-110 วันจึงจะจับกุ้ง ความเค็มของน้ำตอนจับกุ้งจะไม่เกิน 0.5 พีพีที

5. องค์ประกอบและสัดส่วนของอิออนหลักในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Boyd *et al*. (2002) รายงานว่าแหล่งที่มาของความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ มาจาก 3 แหล่ง คือ ความเค็มจากน้ำบาดาลหรือน้ำผิวดิน ความเค็มจากการใช้เกลือสมุทร และความเค็มจากน้ำนาเกลือและได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของอิออนหลัก ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-} และ Cl^{-} ในน้ำทะเล น้ำเลี้ยงกุ้งบริเวณชายฝั่ง และน้ำเลี้ยงกุ้งที่มีความเค็มต่ำ พบว่าระดับความเข้มข้นของอิออนหลักเหล่านี้จะลดลงตามระดับความเค็มของน้ำ และแนะนำว่าสัดส่วนขององค์ประกอบของอิออนหลักที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทะเล ควรมีสัดส่วนเหมือนหรือใกล้เคียงกับน้ำทะเลปกติ เช่นเดียวกับ Davis *et al.* (2004) ที่กล่าวว่าการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำถ้าความเค็มมากกว่า 0.5 พีพีที ปริมาณ Na^{+}, Cl^{-} และ K^{+} ควรจะมีสัดส่วนใกล้เคียงกับน้ำทะเล เมื่อเจือจางให้ได้ความเค็มเท่ากันและควรจะมีปริมาณ Ca^{2+} สูง ความเป็นด่าง (alkalinity) มากกว่า 75 มิลลิกรัมต่อลิตร

สำหรับปริมาณอิออนที่สำคัญในน้ำทะเลปกติคือมีความเค็มประมาณ 35 พีพีที (Boyd, 1987) และในน้ำจืด (Leopold, 1974) แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณอิออนชนิดต่าง ๆ ในน้ำทะเล และน้ำจืด

แร่ธาตุ	อิออน	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
		น้ำทะเล[1]	น้ำจืด[2]
คลอไรด์	Cl^-	19,000	7.8
โซเดียม	Na^+	10,500	6.3
ซัลเฟต	SO_4^{2-}	2,700	11.2
แมกนีเซียม	Mg^{2+}	1,350	4.1
แคลเซียม	Ca^{2+}	400	15
โพแทสเซียม	K^+	380	2.3
ไบคาร์บอเนต	HCO_3^-	142	61
ซิลิเกต	$Si(OH)_4$	6.4	13.1
โบรมีน	Br^-	68	0.02

ที่มา : 1. Boyd (1987)

2. Leopold (1974)

6. สมดุลของแร่ธาตุในน้ำ และดินสำหรับการเลี้ยงกุ้ง

Boyd *et al*. (2002) รายงานว่าปฏิกิริยาของดินพื้นบ่อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของอิออนในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะขึ้นกับค่า CEC (cation exchange capacity) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) ปริมาณความเข้มข้นของอิออนบวกในดินและน้ำ บริเวณจุดแลกเปลี่ยน (cation exchange site) และอัตราการผสมของน้ำในบ่อ

สุริยา (2547) กล่าวว่า ดินพื้นบ่อซึ่งเป็นที่อยู่ของกุ้งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของกุ้งทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้เนื่องจากดินจะเป็นแหล่งของแร่ธาตุและอินทรียวัตถุที่จำเป็นสำหรับกุ้ง นอกจากนี้แร่ธาตุซึ่งจำเป็นต่อแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะเชื่อมโยงไปถึงแพลงก์ตอนสัตว์ที่ใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร กุ้งสามารถดูดซึมหรือขับแร่ธาตุได้โดยตรงจากน้ำในธรรมชาติ โดยผ่านทางเหงือก และลำตัว ความต้องการแร่ธาตุขึ้นกับความเข้มข้นของเกลือแร่ในสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวกุ้ง อินทรียวัตถุในดินจะมีบทบาทสำคัญในระยะแรกของการเตรียมบ่อโดย

อินทรียวัตถุจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และจะเกิดสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอน:ไนโตรเจน (C:N) ต่ำ จะเกิดการปลดปล่อยแอมโมเนีย ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะนำแอมโมเนียไปใช้ในการเจริญเติบโต หลังจากนั้นจะเกิดโรติเฟอร์ หรือแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่นๆการปล่อยลูกกุ้งในช่วงเวลาดังกล่าวลูกกุ้งจะมีอาหารธรรมชาติมาก ทำให้ลูกกุ้งมีอัตรารอดสูงและมีการเจริญเติบโตเร็ว ส่วนแร่ธาตุต่างๆที่ได้จากดินและจากปุ๋ยจะเกี่ยวข้องกับแพลงก์ตอนพืช ทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตดีและมีอายุยืนยาว ทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีพีเอชคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก การจัดการบ่อที่ดีต้องให้ความสำคัญของการให้อากาศในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะนอกจากจะเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้แก่กุ้งแล้ว ยังมีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและดิน

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระหว่าง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำและให้ผลผลิตสูง (Boyd,1995) ส่วนอัตราส่วนระหว่าง C:N ระหว่าง 10-15 จะเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากบ่อที่มีอัตราส่วนระหว่าง C:N สูงมากจะพบมากในพื้นบ่อที่มีสารอินทรีย์สูงมากซึ่งอาจจะทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นมากและอาจจะเกิดสภาพการขาดออกซิเจนในชั้นที่มีตะกอนและการย่อยมาก

7. ความสำคัญของแร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ

กุ้งเป็นสัตว์ในกลุ่มครัสเตเซียน ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกายได้ โดยกุ้งจะใช้พลังงานในการพยายามควบคุมแร่ธาตุและน้ำในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ คือมีค่าออสโมลาลิตีประมาณ 600 – 700 mOsm ซึ่งหากความเค็มของน้ำต่ำมากกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกายให้คงที่ ในทำนองเดียวกัน ถ้าความเค็มสูงกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย การนำกุ้งทะเลเข้ามาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำจึงเป็นการฝืนธรรมชาติ เนื่องจากกุ้งจะต้องใช้พลังงานอย่างมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆในร่างกายให้คงที่ทำให้กุ้งไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่ ดังนั้นกุ้งที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ จึงมักจะมีขนาดเล็ก โตช้า และให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ นอกจากนี้หากปริมาณแร่ธาตุในร่างกายมีไม่เพียงพอก็จะส่งผลให้กระบวนการลอกคราบของกุ้งไม่สมบูรณ์ และทำให้กุ้งตายระหว่างการลอกคราบได้ ดังนั้นแร่ธาตุจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งค่อนข้างมากโดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในพื้นทีมีความเค็มของน้ำต่ำ (บุญรัตน์ , 2545)

8. แร่ธาตุสำคัญที่กุ้งต้องการ

บุญรัตน์ (2545) กล่าวว่ากุ้งสามารถได้รับแร่ธาตุต่างๆ จากน้ำได้โดยการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร หรือการแพร่แร่ธาตุผ่านเหงือก หรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง ทั้งนี้การที่กุ้งจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุได้มากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในน้ำและอาหาร แร่ธาตุที่กุ้งต้องการแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณมาก (macro minerals) ต้องการวันละไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมขึ้นไป มี 7 ชนิด คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ โซเดียม คลอไรด์ และแมกนีเซียม

2. แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย (micro / trace minerals) ต้องการวันละไม่มาก มี 16 ชนิด คือ เหล็ก แมงกานีส คอปเปอร์ ไอโอดีน โคบอลต์ ซีเซียม นิกเกิล ซิลีเนียม ฟลูออรีน โมลิบดีนัม ดีบุก โครเมียม สตรอนเซียม วาเนเดียม และซิลิคอน

แต่สุริยา (2547) กล่าวว่าเกลือแร่ธาตุหลักที่สัตว์น้ำเค็มต้องการมีประมาณ 5 ชนิด คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ส่วนเกลือแร่ย่อยที่กุ้งต้องการ มี 6 ชนิด คือ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง ไอโอดีน และโคบอลท์

McGraw and Scarpa (2002) ศึกษาผลของความเข้มข้นของอิออนในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าลูกกุ้งที่ขาดโซเดียมและโพแทสเซียมจะตายหมดภายในเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนลูกกุ้งที่ขาดแคลเซียมและ แมกนีเซียมจะมีอัตรารอดตาย 37 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าโซเดียมและโพแทสเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว ที่เลี้ยงมากกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียม อีกด้วย

Boyd *et al.* (2002) ได้วิเคราะห์หาค่าอิออนต่างๆในหลายประเทศที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่าบางแห่งมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำมาก ทำให้ลูกกุ้งระยะที่ปรับความเค็มตายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้กุ้งระยะที่เลี้ยงในบ่อยังมีอัตราการรอดตายต่ำเช่นกัน แต่เมื่อมีการเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ลงไปเพิ่มโพแทสเซียมอิออน จนมีค่าถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอัตราการรอดตายของลูกกุ้งเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณแคลเซียมในน้ำที่ต่ำจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และระยะการลอกคราบของกุ้งกุลาดำจะมากขึ้น (สุริยา, 2547)

ร่างกายของกุ้งต้องการแร่ธาตุ เพื่อทำหน้าที่ต่างๆกันจำแนกหน้าที่ของแร่ธาตุต่างๆที่สำคัญแต่ละชนิด (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001)

แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างเปลือกตามปกติแคลเซียมจะสะสมในตับและตับอ่อนในรูปของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต ($CaPO_4$) มีการสะสมแคลเซียมในเลือด และส่วนอื่นของร่างกาย เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ควบคุมการหลั่งฮอร์โมน โดยทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยให้การย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ควบคุมการเต้นของหัวใจ และการทำงานของระบบประสาทที่รอยต่อกับกล้ามเนื้อ

แมกนีเซียมกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆให้ทำงานดีขึ้น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่จะเปลี่ยน ATP (adenosine triphosphate) ให้เป็น ADP (adenosine diphosphate) ซึ่งเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนและการเจริญเติบโต ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม

โซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม แร่ธาตุทั้ง 3 ชนิด เมื่ออยู่ในสภาพอิออน (Na^+ ,Cl^- และ K^+) ทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ซึ่งภาวะปกติภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากกว่า และมีโซเดียมและคลอไรด์น้อยกว่าภายนอกเซลล์ ซึ่งความเข้มข้นของเกลือแร่ทั้ง 3 ชนิดนี้มีอิทธิพลต่อการผ่านเข้าและออกนอกเซลล์ของน้ำ ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่ในเซลล์สูงกว่านอกเซลล์น้ำจะซึมเข้าเซลล์ แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่นอกเซลล์สูงกว่าน้ำจะซึมออกมาอยู่นอกเซลล์ ดังนั้นสมดุลเกลือแร่ภายในและภายนอกเซลล์ จะช่วยรักษาปริมาณน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

1.1 การเตรียมน้ำในการทดลอง

ทำการทดลองในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเอกชนในเขตอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี โดยทดลองในถังไฟเบอร์ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตรใส่น้ำปริมาตร 2.5 ลูกบาศก์เมตร (ภาพผนวกที่ 3) ที่มีการให้อากาศตลอดเวลาอย่างพอเพียง จากแหล่งต่าง ๆ กัน ดังนี้คือ

กลุ่มที่ 1 ใช้น้ำทะเลความเค็มปกติ 35 พีพีที เจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 2 ใช้น้ำจากนาเกลือ ความเค็ม 80-100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 3 ใช้น้ำบาดาลจากแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ประสบความสำเร็จ (กิ่งอำเภอสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์) มาเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 4 ใช้เกลือเม็ด (NaCl) ละลายในน้ำจืดจากบ่อพักน้ำ ภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 5 ใช้เกลือแร่สำเร็จรูปโซดามิกซ์ ($NaHCO_3$) ผสมกับน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์มจนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที จำนวน 3 ถัง

1.2 การเลี้ยงกุ้งและเก็บตัวอย่างน้ำ

นำกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา 15 (พี 15) ที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR: polymerase chain reaction) หรือปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสว่าไม่มีไวรัสดวงขาว เลี้ยงโดยใช้อาหารสำเร็จรูป 4 มื้อต่อวัน(ภาพผนวกที่ 4) เลี้ยงเป็นเวลานาน 70 วัน ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ(ภาพผนวกที่ 6) สัปดาห์ละ 2 ครั้ง สุ่มกุ้งเพื่อชั่งน้ำหนักศึกษาอัตราการเจริญเติบโตทุก 14 วัน (ภาพผนวกที่ 5) เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์อิออนทุก ๆ 2 สัปดาห์ ส่วนคุณภาพน้ำที่สำคัญจะตรวจวัดทุก ๆ 3 วัน ปริมาณอิออนบวก (cation) ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2} K^{+} และ Na^{+} วิเคราะห์โดยวิธี Atomic Absorption spectophotometer (Hitachi 170-30) ส่วนอิออนลบ (anion) ได้แก่ Cl^{-}, HCO_3^{-} และ SO_4^{2-} วิเคราะห์โดยวิธี titration (UNEP. GEMS, 1985) ความเค็มและค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) วัดด้วยเครื่อง YSI 30/10 FT พีเอชวัดด้วยเครื่อง pH meter (ORION Model Sa 520) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) วัดด้วยเครื่อง DO meter (oxy guard II) ความเป็นด่าง (alkalinity) ความกระด้าง (hardness) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน วิเคราะห์ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972)

1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

หลังจากสิ้นสุดการทดลองนาน 70 วัน บันทึกจำนวนกุ้งที่เหลือรอดในแต่ละถัง อัตราการเจริญเติบโต และข้อมูลปริมาณอิออนในแต่ละช่วงเวลามาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี ANOVA (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan’s multiple range test(DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Steel and Torrie, 1980)

2. การศึกษาเปรียบเทียบอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มแตกต่างกัน

ใช้สถานที่ทดลอง ถังทดลอง ลูกกุ้ง การให้อาหาร การเปลี่ยนถ่ายน้ำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมใช้น้ำทะเลเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์มจนได้ความเค็มประมาณ 10 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 2 ใช้น้ำจากนาเกลือ ความเค็ม 80-100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 10 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 3 ใช้น้ำจากนาเกลือ ความเค็ม 80-100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 4 ใช้น้ำจากนาเกลือ ความเค็ม 80-100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 3 พีพีที จำนวน 3 ถัง

กลุ่มที่ 5 ใช้น้ำจากนาเกลือ ความเค็ม 80-100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อพักน้ำภายในฟาร์ม จนได้ความเค็มประมาณ 1 พีพีที จำนวน 3 ถัง

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์อิออนและคุณภาพน้ำที่สำคัญ การศึกษาอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโตและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอิออนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยอาศัยแหล่งความเค็มจากน้ำบาดาลกับใช้แหล่งความเค็มจากน้ำนาเกลือ

ทำการศึกษาในฟาร์มกุ้ง 2 แห่งที่มีประสบการณ์เลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำมาเป็นเวลานาน และได้ผลผลิตอยู่ในระดับที่ดี แต่ใช้แหล่งของความเค็มที่แตกต่างกันคือ

- ใช้แหล่งความเค็มโดยอาศัยน้ำบาดาล อยู่ที่ตำบลไร่เก่า อำเภอสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้น้ำบาดาลที่มีความเค็มประมาณ 50 พีพีที ผสมกับน้ำจืด จนได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีที ก่อนที่จะนำลูกกุ้งที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ว่าไม่มีไวรัสดวงขาวและลูกกุ้งผ่านการตรวจคุณภาพโดยวิธีชริมไบโอเทค มาปล่อยในอัตราความหนาแน่น 80,000 ตัวต่อไร่ จำนวน 8 บ่อ พื้นที่บ่อละประมาณ 4.5 ไร่ ระดับความลึกประมาณ 1.40 เมตร

- ใช้แหล่งความเค็มโดยอาศัยน้ำจากนาเกลือ อยู่ที่อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็มระหว่าง 100-250 พีพีที มาเติมลงไปในบ่อผสมกับน้ำจืดให้ได้ความเค็มทั้งบ่อประมาณ 5 พีพีที ก่อนที่จะนำลูกกุ้งจากแหล่งเดียวกันและผ่านการด้วยเทคนิคพีซีอาร์ว่าไม่มีไวรัสดวงขาวและลูกกุ้งผ่านการตรวจคุณภาพโดยวิธีชริมไบโอเทค และปล่อยในอัตราความหนาแน่น 80,000 ตัวต่อไร่ จำนวน 8 บ่อ พื้นที่บ่อละ 3.4-4 ไร่ ระดับความลึกประมาณ 1.40 เมตร

3.1 การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นบ่อกุ้งหลังเตรียมบ่อเสร็จก่อนปล่อยน้ำเข้าบ่อเลี้ยงกุ้งทั้ง 16 บ่อ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินบ่อละ 5 จุด โดยใช้ core sample ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินความลึกประมาณ 10 เซนติเมตรแล้วนำตัวอย่างดินในแต่ละจุดมาผสมรวมกัน ใส่ถุงพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

3.1.1 การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินมาผึ่งลมให้แห้ง บดดินให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรง (seive) ขนาดช่องตา 2 มิลลิเมตร สำหรับดินที่จะวิเคราะห์หาอินทรียวัตถุจะร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร

3.1.2 การวิเคราะห์สมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ

- เนื้อดิน (soil texture) ใช้ hydrometer method (Boyd, 1982)

- พีเอชดิน (soil pH) ใช้ตัวอย่างดินผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 แล้ววัดด้วย pH meter (Boyd, 1982)

- ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) วิเคราะห์โดยใช้ Walkley-Black method (Jackson, 1958)

- ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม วิเคราะห์ตามวิธีของทัศนีย์และคณะ (2537)

3.2 ระบบการให้อากาศและวิธีการจัดการระหว่างการเลี้ยง

3.2.1 ฟาร์มในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ระบบการให้อากาศใช้เครื่องรถยนต์ 4 สูบ (ED 33) ขนาด 100 แรงม้า โดย 1 เครื่องจะใช้สำหรับบ่อเลี้ยง 2 บ่อ แตละบ่อมี 8 แขน แต่ละแขนจะมีใบพัดตีน้ำ 12-15 วง ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที ในระหว่างการเลี้ยงจะมีการเติมน้ำจืดจากคลองส่งน้ำ และมีการเติมน้ำเค็มบาดาล เพื่อควบคุมไม่ให้ความเค็มของน้ำต่ำมากจนถึงระดับที่มีปัญหาต่อการเจริญเติบโต

3.2.2 ฟาร์มในจังหวัดราชบุรี

ระบบการให้อากาศใช้เครื่องยนต์นาด 11 แรงม้า บ่อละ 2 เครื่อง แต่ละเครื่องมี 2 แขนยาว แต่ละแขนมีใบพัดตีน้ำ 20-25 วง มีความเร็วรอบ 60-65 รอบต่อนาที ในระหว่างการเลี้ยงจะมีการเติมน้ำจืดจากบ่อพักน้ำเข้าไปทดแทนน้ำบางส่วนที่มีการรั่วซึม และระเหยออกไป แต่ไม่มีการนำน้ำเค็มมาเติมในระหว่างการเลี้ยง อาจจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ้าง ตามความเหมาะสมโดยน้ำที่ถ่ายออกจากบ่อเลี้ยงทั้งหมดจะสูบเข้าไปเก็บไว้ในบ่อพักน้ำ และนำกลับมาใช้ใหม่อีก ไม่มีการระบายออกภายนอกฟาร์ม

3.3 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำและปริมาณอิออนที่สำคัญในระหว่างการเลี้ยง

3.3.1 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ

คุณสมบัติของน้ำที่สามารถวิเคราะห์ได้ระหว่างการเก็บตัวอย่างที่ทำในพื้นที่ได้ทันที ได้แก่ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สำหรับคุณสมบัติของน้ำที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในพื้นที่จะนำกลับมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยจะเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ในกล่องโฟม รักษาระดับอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียสในระหว่างลำเลียง ก่อนทำการวิเคราะห์รอจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง วิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับในข้อ 1.2

3.3.2 ปริมาณอิออนที่สำคัญ

เก็บตัวอย่างน้ำก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วัน และหลังจากกุ้งมีอายุ 30 60 90 และก่อนจับกุ้ง 1 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญ วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับในข้อ 1.2

3.4 การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิต

สุ่มกุ้งโดยใช้แหครั้งแรก เมื่อกุ้งอายุ 30 วัน และครั้งต่อไปสุ่มทุก 14 วัน เพื่อวัดความยาวจากปลายกรีถึงปลายหาง เป็นเซนติเมตรโดยใช้ไม้บรรทัด และชั่งน้ำหนักกุ้งแต่ละตัว โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล ใช้ตัวอย่างกุ้งแต่ละครั้ง 70 ตัว เพื่อหาค่าเฉลี่ยความยาวและน้ำหนักกุ้งแต่ละครั้ง

ภายหลังจากจับกุ้ง นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงกุ้งทั้งหมดมาคำนวณอัตราการรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนักและผลผลิต

4. การศึกษาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของอิออนที่สำคัญที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ แต่ให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน

ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ฟาร์ม ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันในอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นฟาร์มเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำเลี้ยงแบบระบบปิดน้ำหมุนเวียน แต่ละฟาร์มมีบ่อเลี้ยง 12 บ่อ และมีพื้นที่บ่อพักน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อเลี้ยงทั้งหมด โดยฟาร์มที่ 1 (ฟาร์มที่ให้ผลผลิตปกติ) มีผลการเลี้ยงในระหว่าง 6 ปีที่ผ่านมา อยู่ในระดับที่ปกติ คือ ปริมาณผลผลิตอยู่ระหว่าง 700-1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อรอบการเลี้ยงนานประมาณ 120 วัน ส่วนฟาร์มที่ 2 (ฟาร์มที่ให้ผลผลิตต่ำ) เป็นฟาร์มที่ใหม่กว่าเพราะเพิ่งผ่านการเลี้ยงกุ้งเพียง 2 ปี แต่มีปริมาณผลผลิตต่ำกว่าฟาร์มที่ 1 คือมีเพียง 400-600 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการเลี้ยงนานประมาณ 120 วัน แม้ทั้งสองฟาร์มจะใช้ลูกกุ้งที่มาจากแหล่งเดียวกัน มีการเลี้ยงและการจัดการในระหว่างการเลี้ยงแบบเดียวกัน แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้นั้นแตกต่างกันอย่างชัดเจนทุกรอบการเลี้ยงในฤดูกาลเดียวกัน

4.1 การศึกษาคุณสมบัติของดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง

หลังจากเตรียมบ่อเสร็จแล้วเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติของดินในห้องปฏิบัติการของบ่อทดลองทั้ง 2 ฟาร์ม จำนวน 24 บ่อ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1, 3.2 และ 3.3

4.2 การเตรียมน้ำ

หลังจากการเตรียมบ่อเสร็จแล้วกั้นคอกด้วยผ้าพลาสติกมีพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร สูบน้ำจากบ่อพักน้ำเข้าไปในบ่อทดลองผ่านถุงกรองไนลอนจนได้ระดับความลึก 70-80 เซนติเมตร เติมน้ำเค็มจากนาเกลือที่มีความเค็มระหว่าง 100-250 พีพีที ลงในคอกพลาสติกจนได้ความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที ส่วนความเค็มของน้ำภายในบ่อโดยรอบประมาณ 3-5 พีพีที เปิดเครื่องให้อากาศเพื่อผสมน้ำเค็มให้คลุกเคล้ากับน้ำจืดในบ่อ

4.3 การปล่อยลูกกุ้งและวิธีการเลี้ยง

นำลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา 15 ที่ผ่านการปรับลดความเค็มลงมาที่ 10 พีพีที และผ่านการตรวจโดยวิธีชริมไบโอเทค ปล่อยลงในคอกพลาสติกในอัตราความหนาแน่น 80,000 ตัวต่อไร่ (50 ตัวต่อตารางเมตร) ทั้ง 24 บ่อ หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดความเค็มของน้ำในคอก โดยเติมน้ำที่อยู่ภายนอกเข้ามาในคอกแล้วระบายน้ำในคอกออกไปอย่างช้า ๆ ใช้เวลาลดความเค็มลงเรื่อย ๆ ประมาณ 3 วัน เปิดคอกให้กุ้งออกไปกระจายทั่วทั้งบ่อ ในระหว่างการเลี้ยงให้อาหารสำเร็จรูปวันละ 4 มื้อ ปรับอาหารตามวิธีของชลอ (2543) วิธีการเลี้ยงในระยะ 90 วันแรกอาจจะไม่มีการถ่ายน้ำ แต่จะมีการเติมน้ำจืดจากบ่อพักน้ำเข้าไปเพิ่มระดับน้ำและทดแทนปริมาณน้ำที่ระเหยและรั่วซึม จนเต็มความลึกของบ่อ 1.30-1.40 เมตร ในกรณีที่มีการถ่ายน้ำเนื่องจากมีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมาก หรือคุณสมบัติของน้ำไม่เหมาะสม น้ำที่ถ่ายออกมาในระหว่างการเลี้ยง และในขณะที่กำลังจับกุ้งจะสูบเข้าไปเก็บไว้ในบ่อพักน้ำ และจะนำกลับมาใช้ใหม่ ไม่มีการระบายออกจากฟาร์ม

4.4 การศึกษาปริมาณอิออนและคุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ

เก็บตัวอย่างน้ำในคอกเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำบางประการและปริมาณอิออนต่าง ๆ ก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วัน และหลังจากเปิดคอกแล้ว 2 วัน (วันที่ 5) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำบางประการและปริมาณอิออนต่าง ๆ ในวันที่ 30, 60 , 90 และ 1 วันก่อนจับกุ้ง ส่วนวิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

หลังจากจับกุ้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว บันทึก ผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้ง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อของแต่ละบ่อ ข้อมูลด้านการเลี้ยงกุ้งรวมทั้งข้อมูลปริมาณอิออนในแต่ละช่วงเวลาและคุณสมบัติของน้ำทั้งหมดจากทั้ง 2 ฟาร์ม จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้วิธี student t-test (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์

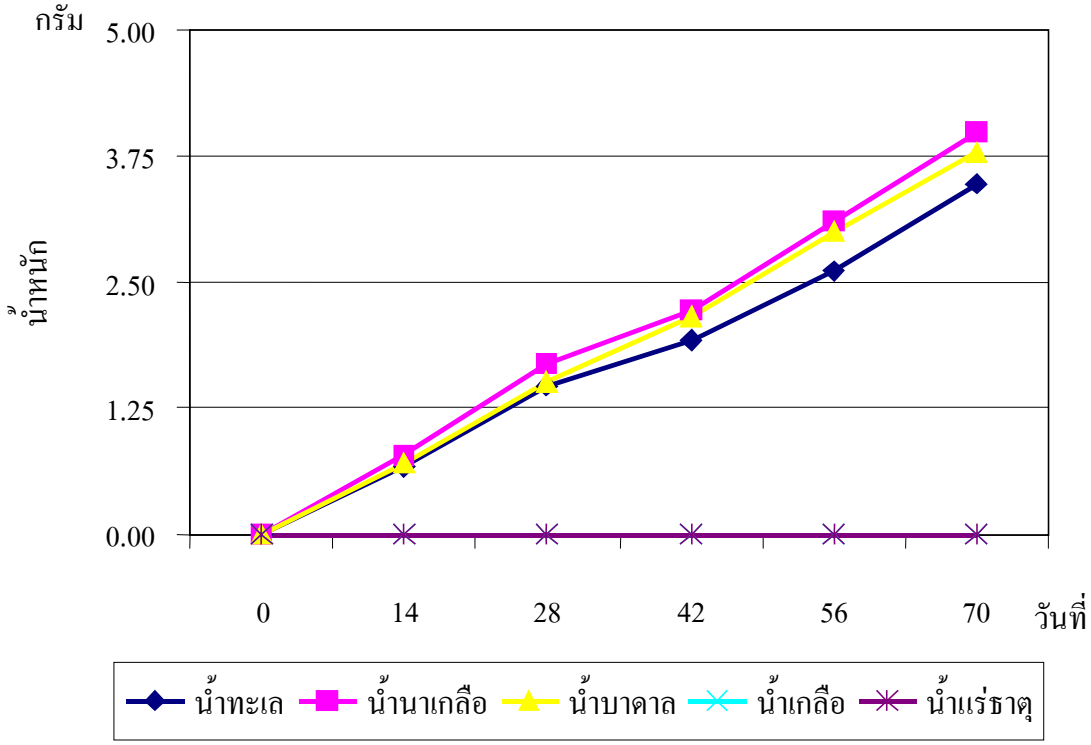
1. การศึกษาอัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโต ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายเฉลี่ยจากการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) ที่มาจากแหล่งต่างๆ กัน 5 แหล่ง เป็นเวลานาน 70 วัน แสดงไว้ใน ตารางที่ 3,4 และภาพที่ 1

ตารางที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

กลุ่มทดลองที่	น้ำที่ใช้ทดลอง	อายุกุ้ง (วัน)				
		14	**28**	**42**	**56**	**70**
1	น้ำทะเล	0.67±0.04 [b]	1.46±0.15 [a]	1.92±0.07 [b]	2.61±0.08 [b]	3.48±0.06 [c]
2	น้ำนาเกลือ	0.77±0.02 [a]	1.69±0.08 [a]	2.22±0.06 [a]	3.09±0.11 [a]	3.98±0.08 [a]
3	น้ำบาดาล	0.71±0.02 [b]	1.51±0.37 [a]	2.15±0.04 [a]	3.00±0.07 [a]	3.78±0.05 [b]
4	น้ำเกลือ	0 [c]	0 [b]	0 [c]	0 [c]	0 [d]
5	น้ำแร่ธาตุ	0 [c]	0 [b]	0 [c]	0 [c]	0 [d]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b>c>d>e)



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

กลุ่มทดลองที่	น้ำที่ใช้ทดลอง	จำนวนกุ้งที่เลี้ยง (ตัว)	จำนวนกุ้งที่เหลือ (ตัว)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1	น้ำทะเล	150	114±2.2	75.83±1.44^{c}
2	น้ำนาเกลือ	150	131±3.8	87.50±2.5^{a}
3	น้ำบาดาล	150	126±5.0	83.77±3.29^{b}
4	น้ำเกลือ	150	0	0^{d}
5	น้ำแร่ธาตุ	150	0	0^{d}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b>c>d>e)

จากตารางที่ 3 เมื่อกุ้งอายุ 14 วัน ในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลและน้ำบาดาลมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อมาเมื่อกุ้งอายุ 28 วัน ทั้งสามกลุ่มมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อกุ้งอายุ 42 และ 56 วัน กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือและน้ำบาดาลมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง (กุ้งอายุ 70 วัน) กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำทั้งสามแหล่งมีน้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือมีน้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการรอดตายสูงที่สุด รองลงมา คือ กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำบาดาลและน้ำทะเล ตามลำดับ ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุตายหมดภายในเวลาเพียง 48 ชั่วโมง เนื่องจากในน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุมีปริมาณ K^+ และ Mg^{2+} น้อยมากตั้งแต่เริ่มเลี้ยง (ภาพที่ 12 และ14) และต่ำกว่าที่ Boyd *et al*. (2002) ได้กำหนดระดับต่ำสุดของ K^+ และ Mg^{2+} ที่ควรจะมีในน้ำที่ความเค็ม 5 พีพีทีที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คือ 54 และ196 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกุ้งที่ปล่อยเป็นลูกกุ้งในระยะโพสลาร์วา 15 การตายของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุสอดคล้องกับรายงานของ Boyd *et al*. (2002) ได้ วิเคราะห์ค่าอิออนต่างๆในหลายประเทศที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่า บางแห่งมีปริมาณ K^+ ต่ำมาก ทำให้ลูกกุ้งระยะปรับความเค็มตายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้กุ้งระยะที่เลี้ยงในบ่อ ยังมีอัตราการรอดตายต่ำเช่นกัน แต่เมื่อมีการเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ลงไปเพิ่ม K^+ จนมีค่าถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอัตราการรอดของลูกกุ้งเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณ Ca^{2+} ที่ต่ำในน้ำ จะมีผลต่อการเจริญเติบโต และระยะการลอกคราบของกุ้งกุลาดำมากขึ้นด้วย ผลการวิจัยดังกล่าวคล้ายกับรายงานของ McGraw and Scarpa (2002) ซึ่งได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของอิออนในการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิกหรือกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าลูกกุ้งที่ขาด Na^+ และ K^+ จะตายหมด ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนลูกกุ้งที่ขาด Ca^+ และ Mg^{2+} จะมีอัตราการตาย 37 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า Na^+ และ K^+ มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงมากกว่า Ca^+ และ Mg^{2+} อีกด้วย ในการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ของร่างกายจะต้องมีแรธาตุทั้ง 3 ชนิดคือ โซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม ซึ่งในสภาพอิออน คือ Na^+, Cl^- และ K^+ ที่เหมาะสม เพื่อช่วยรักษาสมดุลเกลือแร่ และการผ่านเข้าออกเซลล์ของน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อการปรับตัว และอัตราการรอดตายด้วย

ผลการศึกษาปริมาณอิออนในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำมาจากแหล่งต่างกัน พบว่า ลูกกุ้งที่เลี้ยงในน้ำที่เจือจางจากน้ำทะเล น้ำนาเกลือ และน้ำบาดาลมีน้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันมาก แต่เนื่องจากน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่จะมีปริมาณแร่ธาตุแตกต่างกัน ซึ่งบางแหล่งอาจมีแร่ธาตุหลักไม่เพียงพอต่างกับน้ำบาดาลที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งเป็นบริเวณที่เลี้ยง

กุ้งกุลาดำได้ผลผลิตสูงเนื่องจากมีแร่ธาตุต่าง ๆ พอเพียง น้ำบาดาลบางแหล่งอาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ ด้วย การจะนำน้ำบาดาลมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุตลอดจนการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำบาดาลนั้นๆ ก่อนจะนำมาใช้ นอกจากนี้พื้นที่ที่จะสามารถนำน้ำบาดาลมาใช้เลี้ยงนั้นจะต้องเป็นพื้นที่ที่รัฐบาลอนุญาต ให้สามารถนำน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์ได้ มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนบริเวณนั้นได้ จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้เลือกใช้น้ำทะเลและน้ำจากนาเกลือ เพื่อใช้ในการทดลองในลำดับต่อไป

1.1 คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกันเป็นเวลา 70 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 5 และภาพที่ 3-10

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของน้ำเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

คุณสมบัติของน้ำ	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	น้ำทะเล	น้ำนาเกลือ	น้ำบาดาล	น้ำเกลือ	น้ำแร่ธาตุ
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.7±0.42 [a]	28.8±0.43 [a]	28.8±0.42 [a]	28.8±0.43 [a]	28.8±0.41 [a]
ความเค็ม (พีพีที)	5.3±0.49 [a]	5.3±0.53 [a]	5.2±0.53 [a]	5.2±0.53 [a]	5.2±0.53 [a]
ความนำไฟฟ้า (mmhos./cm.)	9.44±0.88 [a]	9.38±0.92 [a]	9.33±0.93 [a]	9.31±0.92 [a]	9.29±0.92 [a]
พีเอช	7.70±0.14 [bc]	7.74±0.14 [b]	7.83±0.14 [a]	7.58±0.11 [d]	7.63±0.15 [cd]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	122±10.9 [a]	122±10.6 [a]	122±11.0 [a]	121±11.8 [a]	120±11.9 [a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	1,153±60.7 [a]	1,151±65.0 [a]	1,141±62.5 [a]	1,104±37.1 [b]	1,099±36.3 [b]
ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.30±0.33 [a]	0.36±0.34 [a]	0.34±0.33 [a]	0.09±0.08 [b]	0.06±0.05 [b]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.03±0.027 [a]	0.039±0.03 [a]	0.038±0.031 [a]	0.024±0.024 [b]	0.016±0.017 [b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b>c>d>e)

1.1.1 อุณหภูมิ

ผลการเปรียบเทียบทางสถิติอุณหภูมิของน้ำในทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากเป็นการทดลองในถังที่ตั้งอยู่ภายในบริเวณเดียวกัน และได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิของอากาศและปัจจัยอื่น ๆ ภายนอกเหมือนกันตลอดการทดลอง โดยอุณหภูมิของน้ำในทุกการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (ชลอ, 2534)

1.1.2 ความเค็ม

ความเค็มของน้ำทะเล น้ำนาเกลือ น้ำบาดาล น้ำเกลือ และน้ำแร่ธาตุ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเค็มมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากเมื่อเริ่มการทดลองพยายามปรับความเค็มเริ่มต้นในทุกกลุ่มทดลองให้ใกล้เคียงกันและมีการเติมน้ำจืดที่มีปริมาณอิออนต่าง ๆ น้อยมาก เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำจากถังทดลอง ทำให้ความเค็มของน้ำทั้ง 5 แหล่ง อยู่ในช่วงระหว่าง 4-5 พีพีที น้ำเค็มปกติจะมีแร่ธาตุหลัก 7 ชนิด ที่เป็นประกอบของความเค็มของน้ำ คือ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ ซัลเฟตและไบคาร์บอเนต ซึ่งความเค็มของน้ำมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งพืชและสัตว์ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

1.1.3 ค่าความนำไฟฟ้า

ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำทะเล น้ำนาเกลือ น้ำบาดาล น้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุ มีแนวโน้มลดลงในทางเดียวกับความเค็ม โดยการนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มข้นของอิออน การเคลื่อนที่ ประจุ อุณหภูมิ คุณสมบัติของน้ำและของเหลวอื่น ๆ (สิริ, 2528) ซึ่งในกลุ่มทดลองทั้ง 5 แหล่งความเค็มมีแร่ธาตุที่สามารถแตกตัวเป็นอิออนได้และเนื่องจากในการทดลองเริ่มต้นมีค่าความเค็มใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกันด้วยเช่นเดียวกัน

1.1.4 พีเอช

ค่าพีเอชในรอบวันเฉลี่ยของน้ำบาดาลมีความแตกต่างจาก น้ำทะเล น้ำนาเกลือ น้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าพีเอชในรอบวันเฉลี่ยของน้ำทั้ง 5 แหล่ง พบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเลี้ยงและมีความแตกต่างกันน้อย เนื่องจากเป็นการศึกษาในถังทดลอง ซึ่งมีการควบคุมคุณภาพน้ำเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้งอย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยพีเอชของน้ำทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงเช่นเดียวกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ค่าความเป็นด่าง การผลิตและการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ โดยพีเอชที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งอยู่ในช่วง 7.5-8.5 (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

1.1.5 ความเป็นด่าง

ความเป็นด่างรวมของน้ำทั้ง 5 กลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าลดลงตามระยะเวลา ซึ่งเกิดจากการเติมน้ำจืดที่มีปริมาณอิออนต่าง ๆ น้อยมากในระหว่างการทดลอง ความเป็นด่างรวมของน้ำทั้ง 5 แหล่งอยู่ในช่วง 100-140 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เพราะมากกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ, 2543; Chanratchakool *et al*., 1995) นอกจากนี้ความเป็นด่างยังช่วยควบคุมพีเอชไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงมาก น้ำที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบความเป็นด่างอยู่เลย (Mairs, 1966) น้ำที่มีความเป็นด่างต่ำมากและพีเอชต่ำกุ้งกุลาดำลอกคราบไม่ออกและตายเป็นจำนวนมาก (ชลอ, 2543)

1.1.6 ความกระด้าง

ความกระด้างของน้ำทั้ง 5 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความกระด้างมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันความเค็มและความนำไฟฟ้าและมีค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำคือมีค่าไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร(ชลอ และคณะ, 2547) เนื่องจากความกระด้างประกอบด้วย แคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นส่วนใหญ่ จึงมีความสำคัญเพราะแคลเซียมจะเกี่ยวข้องกับการสร้างเปลือก ส่วนแมกนีเซียมกระตุ้นการทำงานของ

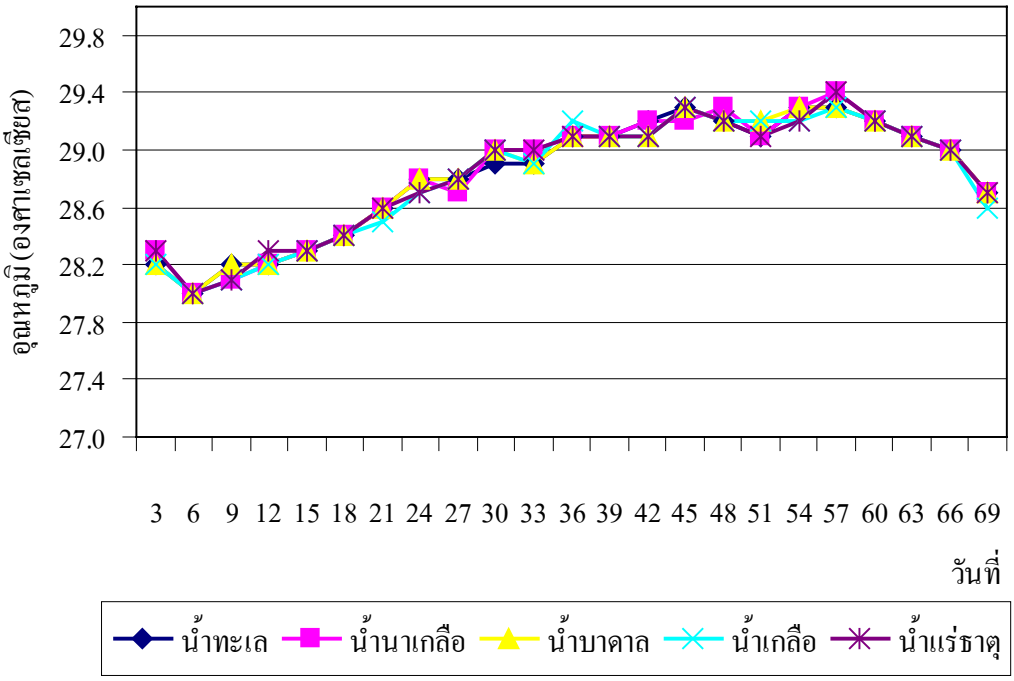
เอนไซม์ต่าง ๆ การยืดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม และเป็นแร่ธาตุหลักที่กุ้งต้องการมาก (บุญรัตน์, 2545; สุริยา,2547)

1.1.7 ปริมาณแอมโมเนียรวม

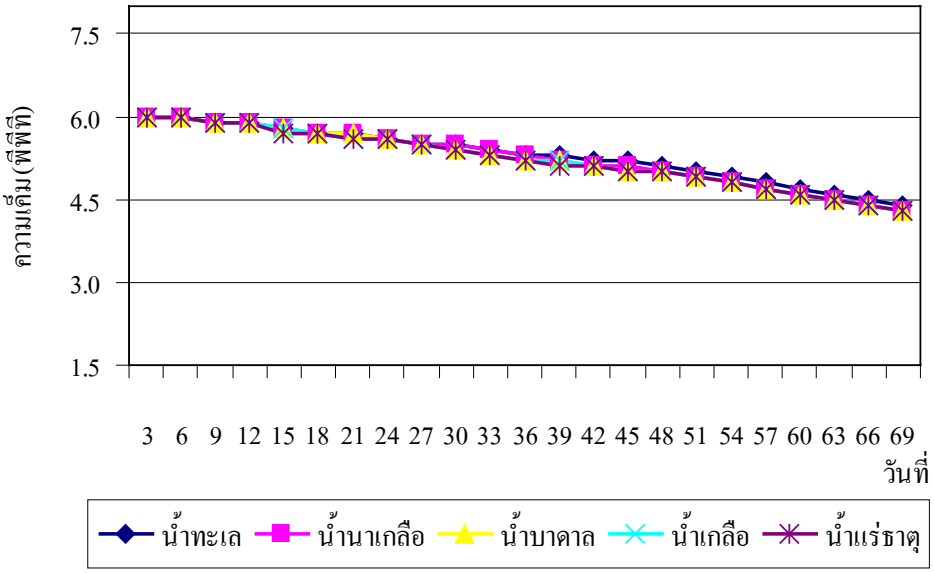
ปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มน้ำทะเล น้ำนาเกลือ และน้ำบาดาล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่น้ำทั้ง 3 แหล่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) กับน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุ ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียรวมต่ำกว่าน้ำทะเล น้ำนาเกลือ และน้ำบาดาล เนื่องจากลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา15 ที่เลี้ยงตายหมดภายใน 48 ชั่วโมงหลังจากปล่อยลงเลี้ยงในถังทดลองจึงหยุดหารให้อาหารดังนั้นปริมาณของเสียจะเกิดขึ้นจากสิ่งขับถ่ายและการย่อยสลายอาหารที่หลงเหลือจึงมีน้อยกว่าในกลุ่มน้ำบาดาล น้ำทะเล และน้ำนาเกลือ ที่มีอัตราการรอดตายของลูกกุ้งสูง ต้องมีการให้อาหารตลอดการทดลองนาน 70 วัน แต่จากภาพที่ 9 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำแร่ธาตุและน้ำเกลือก็ยังมีอยู่แต่มีอยู่ในปริมาณที่ต่ำ เนื่องภายในถังทดลองยังพบการเจริญเติบโตของสาหร่ายจำนวนหนึ่งในช่วงท้ายๆ ของการเลี้ยง Boyd (1982) รายงานว่าปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำประกอบกับกระบวนการเน่าสลายของเศษอาหารที่เหลือแพลงก์ตอนที่ตาย เศษซากพืชซากสัตว์และสารอินทรีย์อื่น ๆ โดยจุลินทรีย์

1.1.8 ปริมาณไนไตรท์

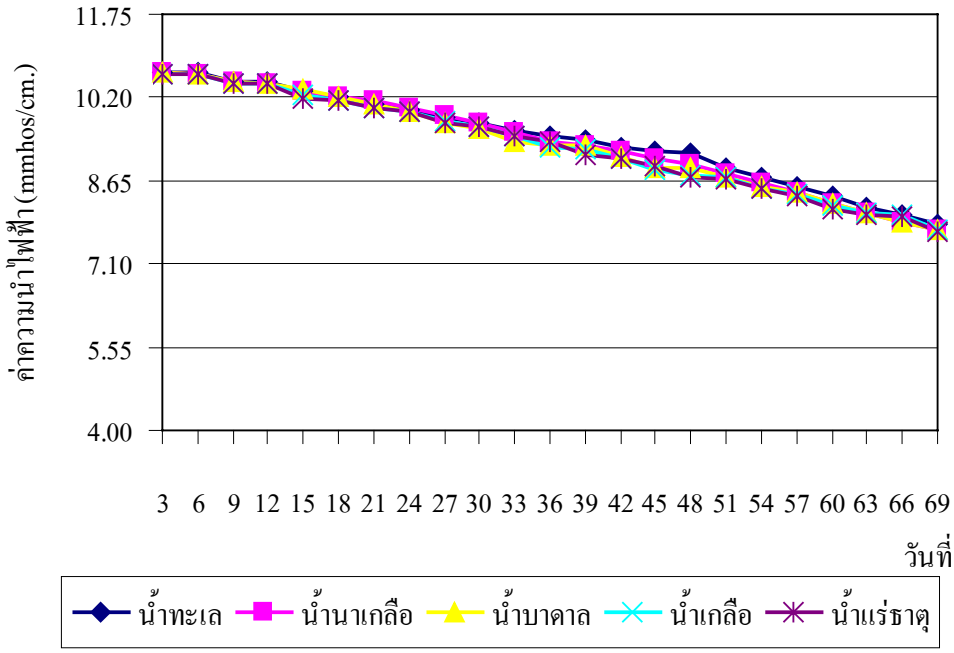
ปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มที่ใช้ทะเล น้ำบาดาล และน้ำนาเกลือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้ง 3 แหล่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) กับน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุโดยปริมาณไนไตรท์จะมีการเพิ่มขึ้นตลอดการเลี้ยง เนื่องจากมีปริมาณแอมโมเนียรวมมากอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นซึ่งเป็นกระบวนการออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (พุทธ, 2537; ชลอ และ พรเลิศ, 2547; Boyd, 1990)



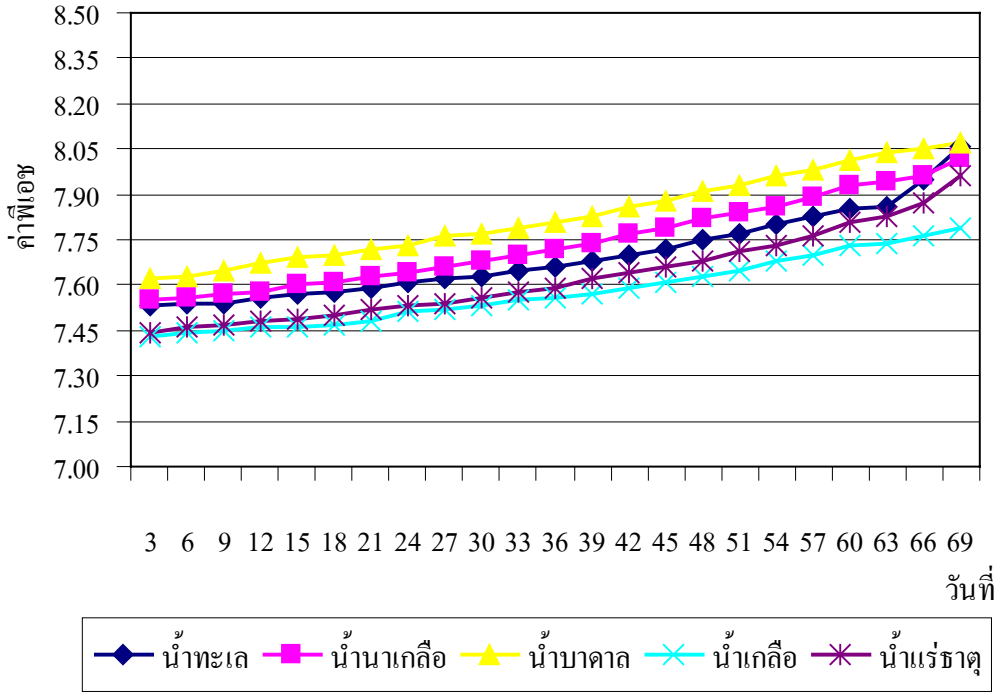
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



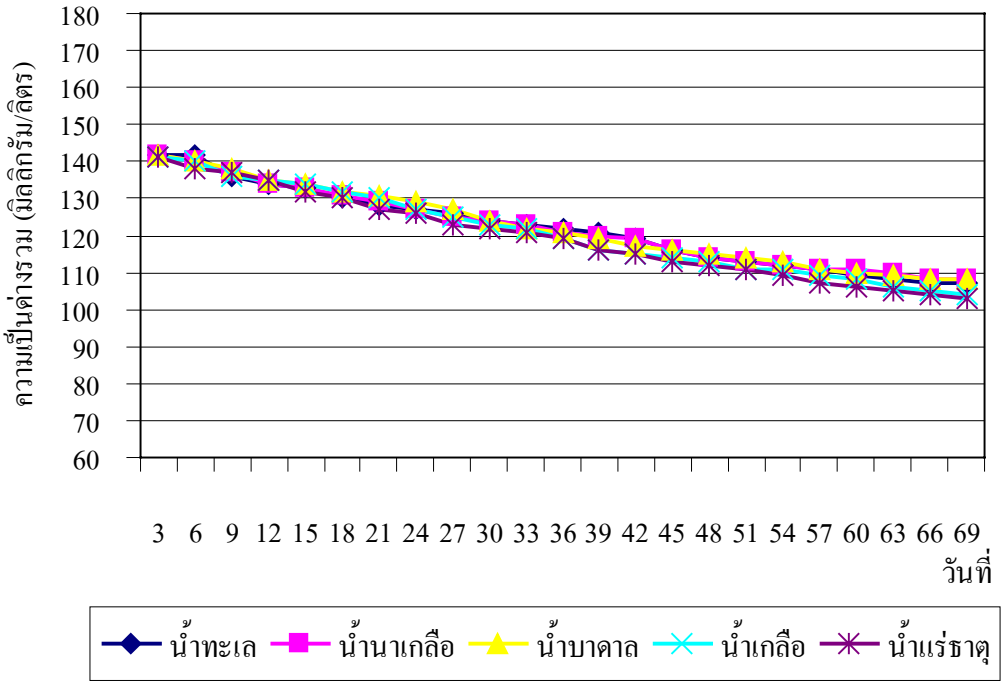
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเค็มในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



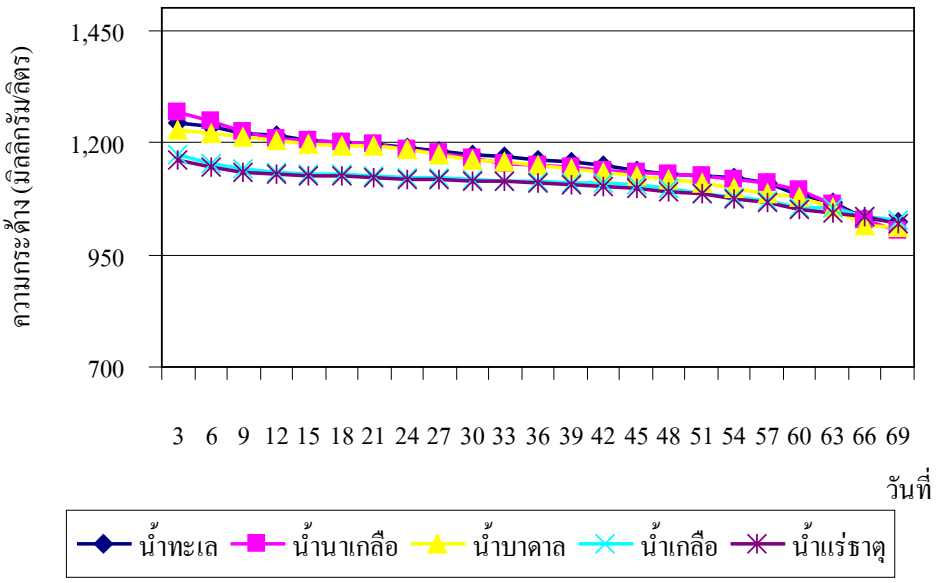
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้าในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



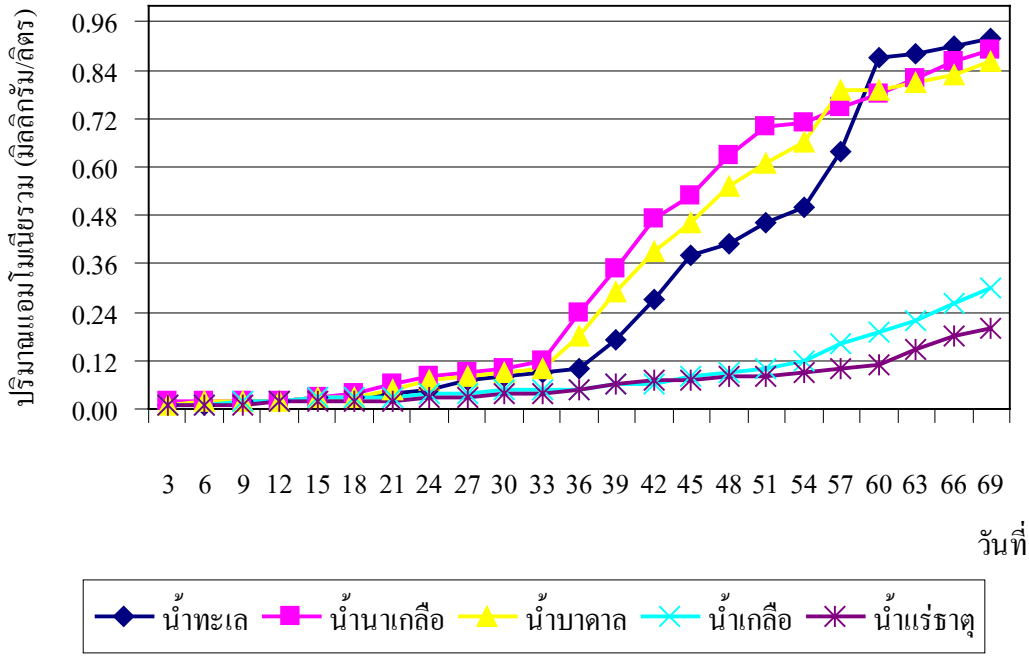
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงพีเอชเฉลี่ยในรอบวันในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



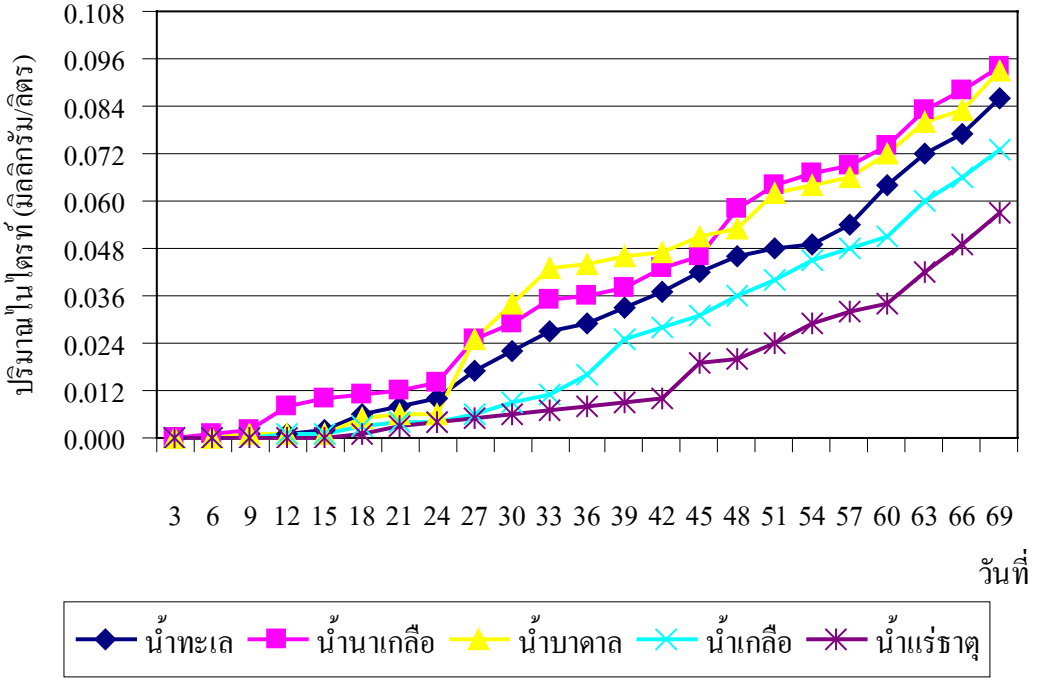
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างรวมในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความกระด้างในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

1.2 การศึกษาปริมาณอิออนชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5 พีพีที) ที่มาจากแหล่งต่างกัน

ปริมาณอิออนในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ ที่มาจากแหล่งต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 6 และภาพที่ 11-17

ตารางที่ 6 ปริมาณอิออนเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำที่มาจากแหล่งต่างกัน

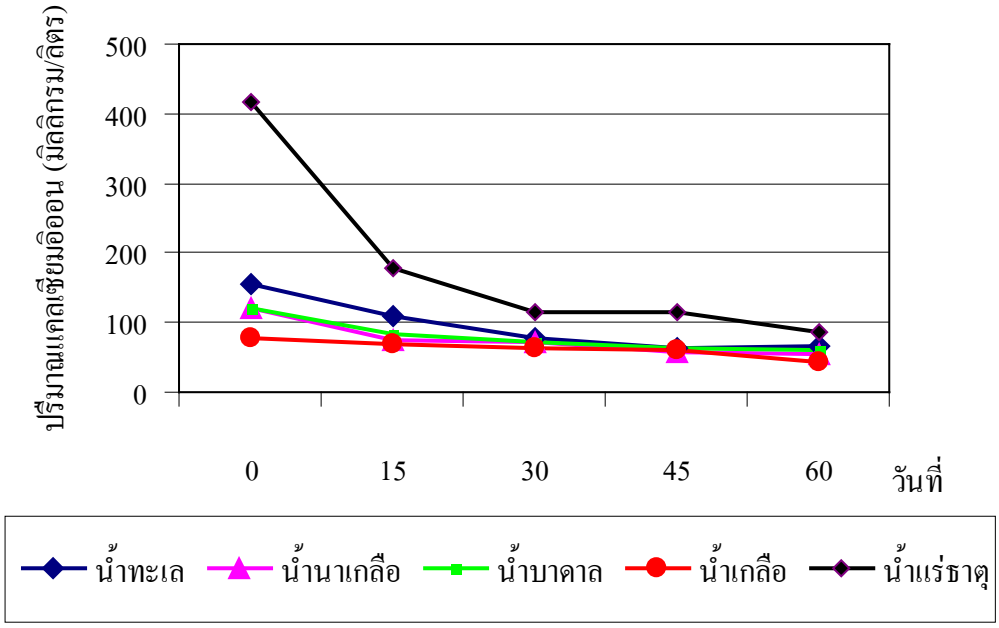
อิออน	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
(มิลลิกรัม/ลิตร)	น้ำทะเล	น้ำนาเกลือ	น้ำบาดาล	น้ำเกลือ	น้ำแร่ธาตุ
แคลเซียม	94.3±38.71 [b]	76.6±26.54 [b]	78.6±25.24 [b]	62.2±12.72 [b]	181.5±135.81 [a]
แมกนีเซียม	123.9±87.98 [a]	123.3±83.61 [a]	117.5±66.16 [a]	40.8±15.00 [b]	39.4±9.85 [b]
โซเดียม	1,018.5±669.13 [a]	938.2±584.88 [a]	960.7±587.62 [a]	1,114.9±979.39 [a]	816.1±474.21 [a]
โพแทสเซียม	35.2±17.85 [a]	37.3±23.63 [a]	34.6±22.17 [a]	8.1±4.23 [b]	6.7±1.53 [b]
คลอไรด์	1,641.6±816.95 [a]	1,648.6±713.22 [a]	1,710.4±918.05 [a]	1,564.2±954.53 [a]	1,321.6±727.86 [a]
ไบคาร์บอเนต	112.3±8.86 [a]	113.5±7.71 [a]	115.1±8.42 [a]	113.2±7.92 [a]	108.0±21.14 [a]
ซัลเฟต	246.3+84.43 [a]	217.1±65.68 [a]	249.7±139.14 [a]	183.7±72.30 [a]	316.9±389.57 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b)

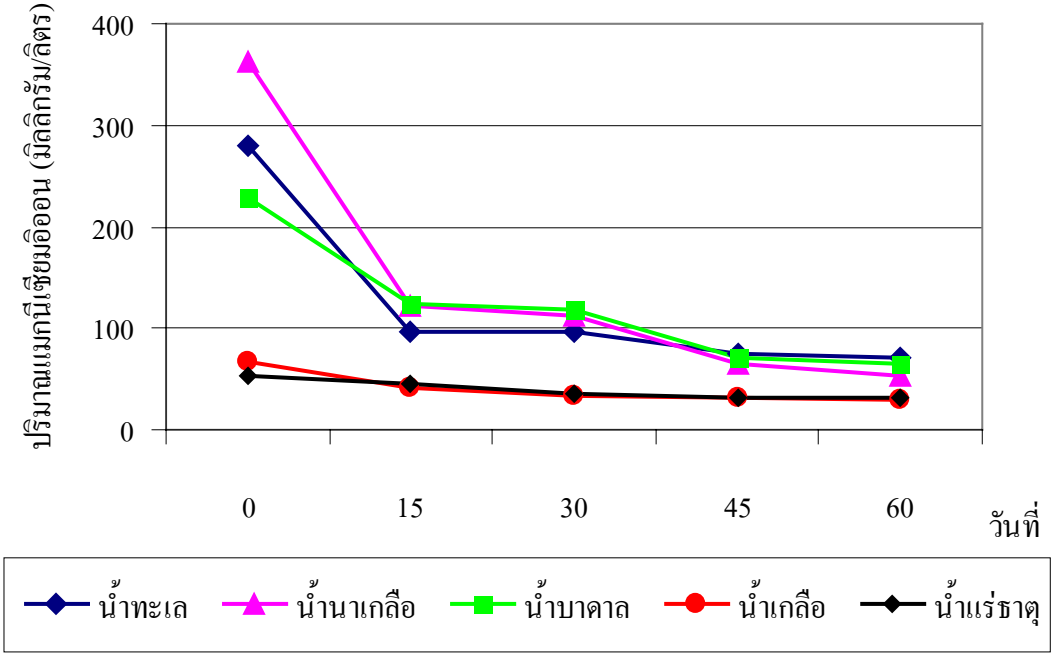
จากการวิเคราะห์ปริมาณอิออนชนิดต่างๆ พบว่า ปริมาณ Na^+, Cl^-, HCO_3^- และ SO_4^{2-} ของน้ำจากทุกแหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมอิออนของน้ำแร่ธาตุมีปริมาณมากกว่าแหล่งน้ำอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบหลักของแร่ธาตุผสมคือยิบซั่ม ($CaSO_4$) ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมและซัลเฟตสูง ในขณะที่ปริมาณของ Mg^{2+} และ K^+ ของน้ำจากแหล่งน้ำทะเล น้ำนาเกลือ และน้ำบาดาล มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับน้ำจากแหล่งน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุ เนื่องจากเกลือเม็ดหรือเกลือสมุทรได้มาจากการนำน้ำทะเลเข้าไปในบ่อจนน้ำระเหยไปเรื่อย ๆ แต่เมื่อความเข้มข้น

ของน้ำนาเกลือสูงเกิน 250 พีพีที แร่ธาตุบางอย่าง เช่น แมกนีเซียมได้ตกตะกอนไปบ้างน้ำส่วนที่เหลือในบ่อสุดท้ายที่เป็นเกลือจึงมีธาตุบางอย่างน้อยลงโดยเฉพาะแมกนีเซียม (สมฤดี, 2545)

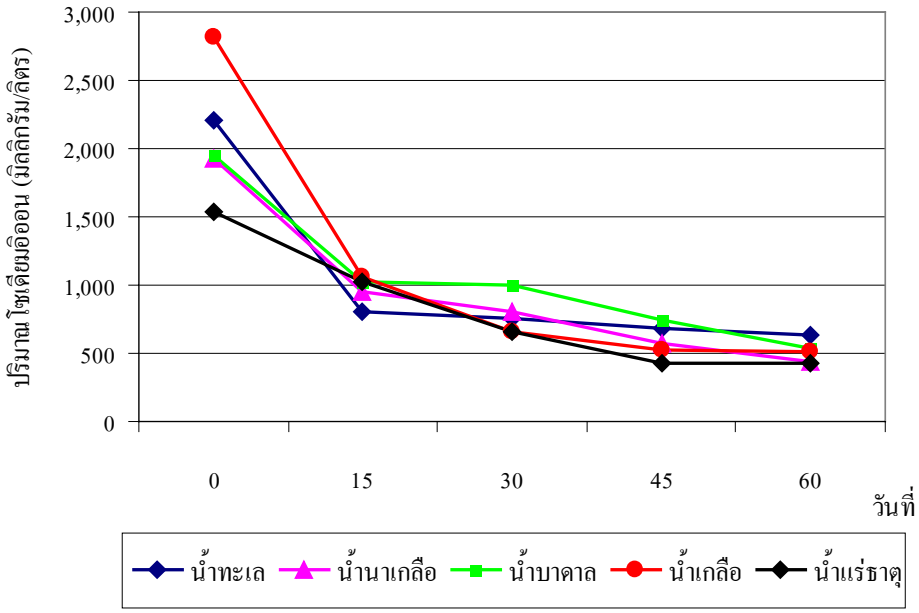
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอิออนทั้งหมดตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 11-17) พบว่า ระดับความเข้มข้นของอิออนหลัก Ca^{+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} และ Cl^{-} จะลดลงตามระดับความเค็มของน้ำ โดยปริมาณแร่ธาตุหลักในน้ำทะเล น้ำนาเกลือและน้ำบาดาล จะมีการลดลงอย่างมาก เนื่องจากการเติมน้ำในการเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยงมีผลทำให้ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ลดลง และเนื่องจากกุ้งในถังทดลองนำแร่ธาตุเหล่านี้มาใช้ในการเจริญเติบโตสอดคล้องกับรายงานของ Boyd *et al.,* (2002) เนื่องจากน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุมีปริมาณแมกนีเซียมและโพแทสเซียมที่น้อยมากและไม่เพียงพอทำให้ลูกกุ้งตายหมดภายใน 48 ชั่วโมง แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระดูก เกล็ดเลือดและเนื้อ เช่นเดียวกับแคลเซียมและฟอสฟอรัส แมกนีเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ร่วมกับฟอสฟอรัส เช่น เอนไซม์ pyruvate kinase, phosphokinase และ Mg dependent ATPase เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและกรดไขมัน รวมทั้งการเปลี่ยนATP ให้เป็น ADP ช่วยในการย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว นอกจากนี้แมกนีเซียมยังมีส่วนในระบบการปรับสมดุลของน้ำและอิออน การสังเคราะห์โปรตีน เร่งการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำและช่วยควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ ยับยั้งการหดของกล้ามเนื้อ โดยแมกนีเซียมทำหน้าที่ดึงเส้นใยกล้ามเนื้อไมโอซิน (myosin) ให้ยืดตัว โดยโปรตีนโทรโปนิน (troponin) ทำหน้าที่ป้องกันการหดตัวของกล้ามเนื้อ การหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น เมื่อแคลเซียมดึงโปรตีนโทรโปนินออกจากหน้าที่ ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อไมโอซินสามารถเกาะกับแอกติน (actin)ได้ (วีรพงษ์, 2536; Lovell 1989; Guillaume *et al*.,2001) และโพแทสเซียมจัดเป็นสารอิเล็กโทรไลต์หรือสารบัพเฟอร์ที่พบมากที่สุดในร่างกายของสิ่งมีชีวิต และพบเฉพาะในของเหลวภายในเซลล์ (intracellular fluid) เช่นเดียวกับแมกนีเซียม (วีรพงษ์, 2536; Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001) โพแทสเซียมยังทำงานร่วมกับแคลเซียมและโซเดียม เพื่อช่วยควบคุมระบบการปรับสมดุลของน้ำและอิออนในร่างกายให้คงที่ โดยควบคุมสารที่ผ่านเข้าและออกจากเซลล์ให้เป็นปกติ จึงทำให้ความดันออสโมติก (osmotic pressure)คงที่ นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสมดุลของพีเอชของของเหลวภายในร่างกาย โดยโพแทสเซียมจะทำงานร่วมกับแคลเซียม ในการทำงานของกล้ามเนื้อและยับยั้งการทำงานร่วมกับโซเดียมในการส่งกระแสประสาท ช่วยในการถ่ายทอดสัญญาณประสาทหรือกระแสความรู้สึก ส่วนคลอไรด์ยังช่วยในการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ของเม็ดเลือดแดง สร้างกรดเกลือและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร (Silva and Williammas, 2001)



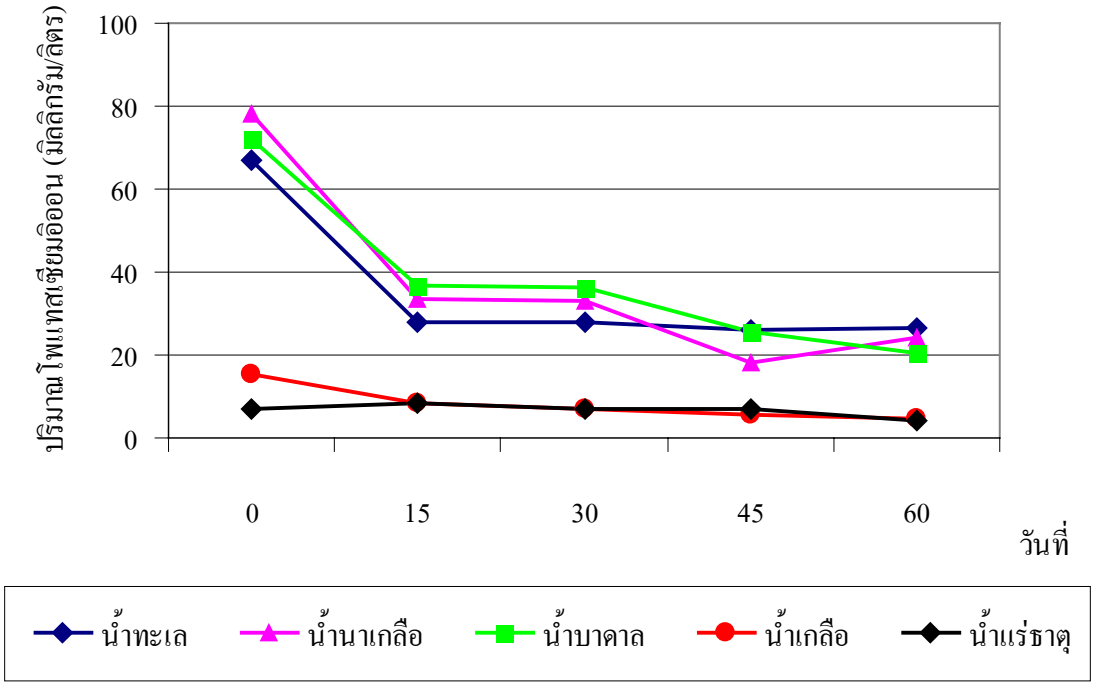
ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



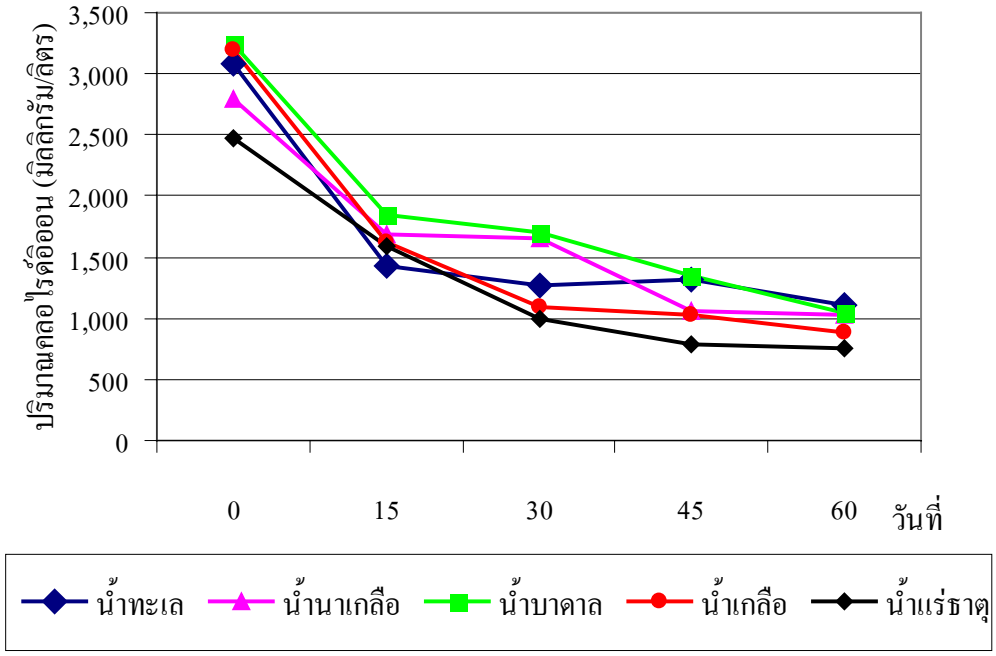
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



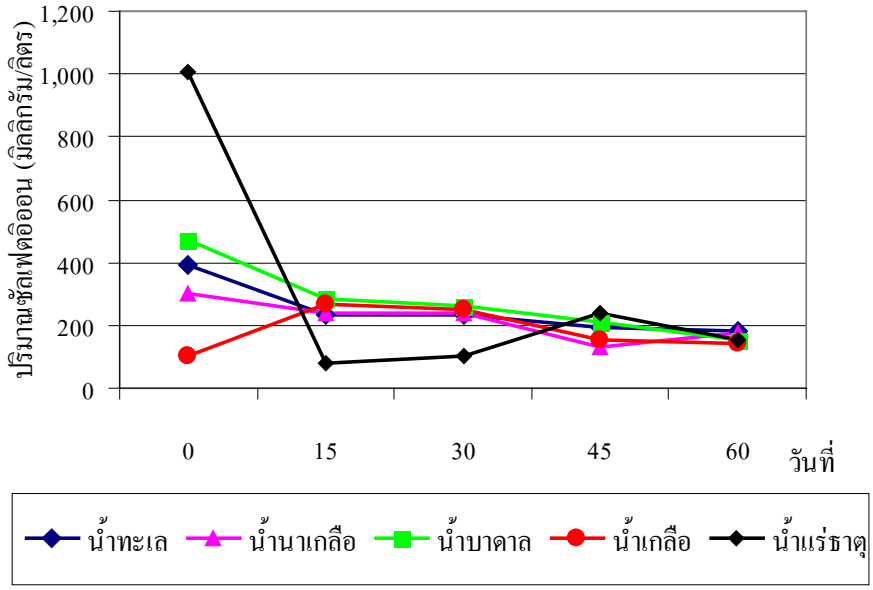
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโซเดียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



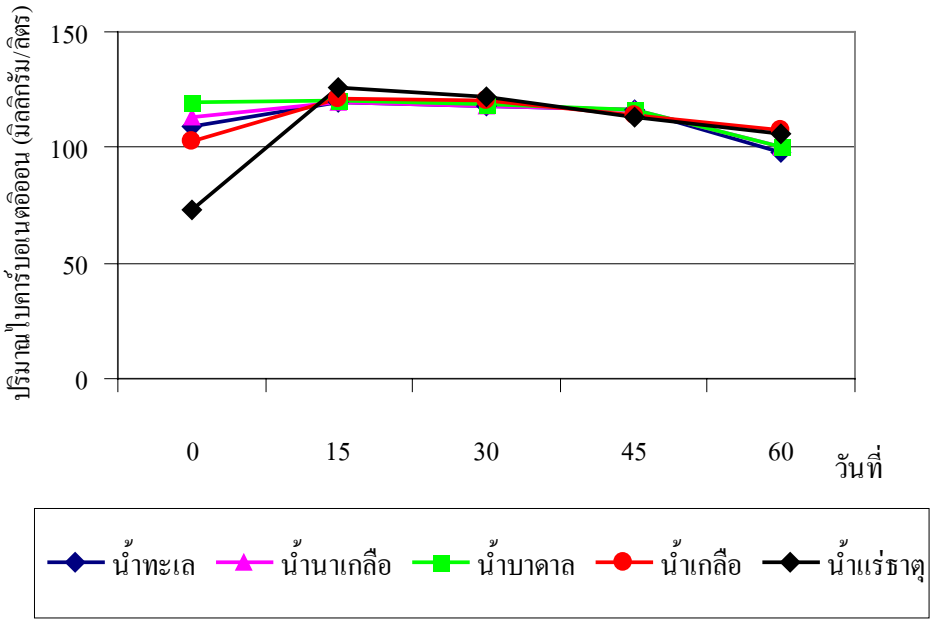
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอไรด์อิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟตอิออนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไบคาร์บอเนตในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกัน

2. การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย คุณภาพน้ำและปริมาณอิออนในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มแตกต่างกัน

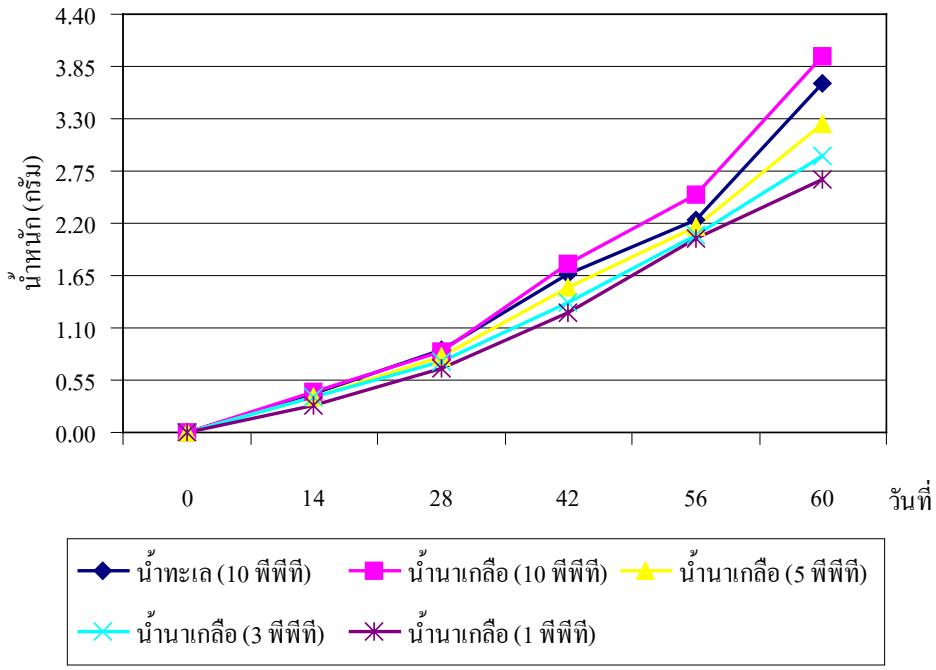
ผลการทดลองเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำด้วยน้ำนาเกลือที่เจือจางด้วยน้ำจืดให้มีระดับความเค็มแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 3, 5 และ 10 พีพีทีเป็นเวลา 70 วัน แสดงไว้ใน ตารางที่ 7, 8 และภาพที่ 18, 19

ตารางที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดในระดับความเค็มแตกต่างกัน

กลุ่มทดลองที่	น้ำที่ใช้ทดลอง	อายุกุ้ง (วัน)				
		14	**28**	**42**	**56**	**70**
1	น้ำทะเล* (10 พีพีที)	0.41±0.31^{a}	0.86±0.03^{a}	1.67±0.06^{b}	2.24±0.02^{b}	3.68±0.09^{b}
2	น้ำนาเกลือ (10 พีพีที)	0.43±0.02^{ab}	0.86±0.02^{a}	1.77±0.03^{a}	2.50±0.05^{a}	3.96±0.02^{a}
3	น้ำนาเกลือ (5 พีพีที)	0.37±0.04^{b}	0.80±0.02^{b}	1.52±0.02^{c}	2.17±0.10^{b}	3.25±0.07^{c}
4	น้ำนาเกลือ (3 พีพีที)	0.37±0.03^{b}	0.74±0.03^{c}	1.37±0.03^{d}	2.07±0.01^{c}	2.91±0.07^{d}
5	น้ำนาเกลือ (1 พีพีที)	0.29±0.03^{c}	0.67±0.02^{d}	1.26±0.03^{e}	2.04±0.02^{d}	2.66±0.02^{e}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b>c>d>e)

* น้ำทะเล 10 พีพีที เป็นกลุ่มควบคุม



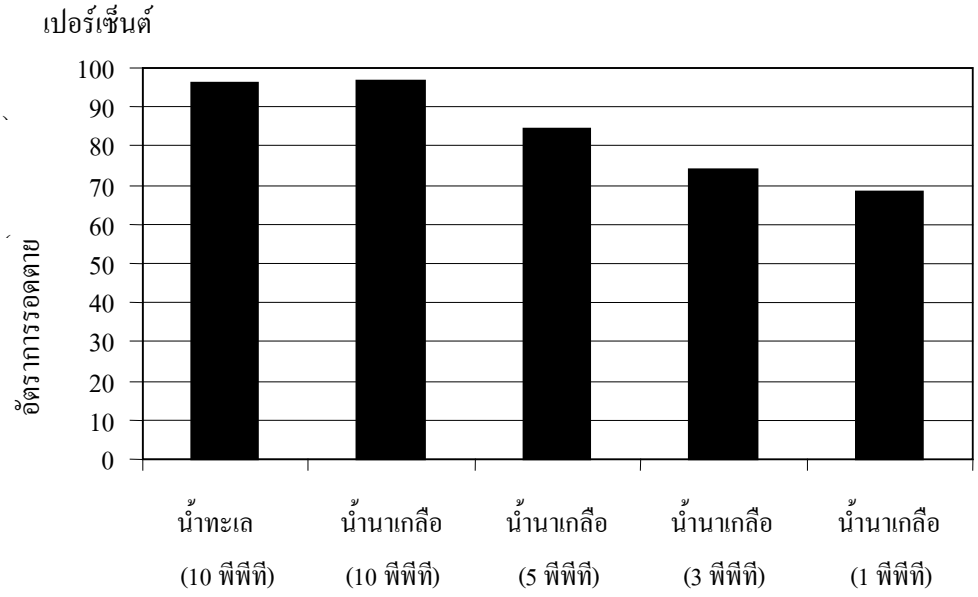
ภาพที่ 17 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดให้ได้ระดับความเค็มแตกต่างกัน

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดในระดับความเค็มแตกต่างกัน

กลุ่มทดลองที่	น้ำที่ใช้ทดลอง	จำนวนกุ้งที่ปล่อย (ตัว)	จำนวนกุ้งที่รอด (ตัว)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1	น้ำทะเล (10 พีพีที)*	150	144±2.1	96.2±1.36 [a]
2	น้ำนาเกลือ (10 พีพีที)	150	145±0	96.7±0 [a]
3	น้ำนาเกลือ (5 พีพีที)	150	127±1	84.7±0.65 [b]
4	น้ำนาเกลือ (3 พีพีที)	150	111±0.58	74.2±0.40 [c]
5	น้ำนาเกลือ (1 พีพีที)	150	102±2.52	68.2±1.66 [d]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b>c>d)

* น้ำทะเล 10 พีพีทีเป็นกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 18 อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือเจือจางด้วยน้ำจืดให้ได้ระดับความเค็มต่างกัน

จากตารางที่ 7 พบว่า เมื่อลูกกุ้งอายุ 14 วัน กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5 และ 3 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 1 พีพีที ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่ระดับความเค็มอื่นที่สูงกว่า ต่อมาเมื่อกุ้งอายุ 28 วัน กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลและน้ำนาเกลือความเค็ม 10 พีพีที ยังคงมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณากุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที พบว่า กุ้งทั้ง 4 กลุ่ม มีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ตามลำดับ เมื่อกุ้งอายุ 42 วัน กุ้งทั้ง 5 กลุ่ม มีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือความเค็ม 10 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลความเค็ม 10 พีพีที ตามด้วยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ตามลำดับ แต่เมื่อกุ้งอายุ 56 วัน กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือความเค็ม 10 พีพีที ยังคงมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดและมีความแตกต่างกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลความเค็ม 10 พีพีที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาในระหว่าง

กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที พบว่า กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือความเค็ม 10 และ 5 พีพีที มีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่แตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 3 และ 1 พีพีที (P<0.05) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กุ้งอายุ 70 วัน) พบว่า กุ้งทั้ง 5 กลุ่ม มีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือความเค็ม 10 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลความเค็ม 10 พีพีที กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำ นาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการรอดตายของกุ้งทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และทั้ง 2 กลุ่มมีอัตราการรอดสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือและน้ำทะเลที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมา คือ กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ตามลำดับ

บุญรัตน์ (2545) อธิบายว่ากุ้งต้องใช้พลังงานในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุและน้ำในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ คือ มีค่าออสโมลาริตีประมาณ 600-700 mOsm ซึ่งหากความเค็มของน้ำต่ำมาก กุ้งก็ต้องใช้พลังงานปริมาณมากเพื่อรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกายให้คงที่ ดังนั้นการนำกุ้งทะเลเข้ามาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ ทำให้กุ้งต้องใช้พลังงานอย่างมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกายให้คงที่ส่งผลให้กุ้งไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ทำให้กุ้งที่เลี้ยงในน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ1 มีน้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการรอดตายลดต่ำลงตามระดับความเค็ม จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำทะเลความเค็ม 10 พีพีที และน้ำนาเกลือที่ความเค็มเท่ากัน 10 พีพีทีเมื่อเจือจางโดยน้ำจืดสามารถเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ผลที่ดี แต่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่ความเค็มต่ำห่างไกลจากทะเลการขนส่งน้ำเค็มทำได้ยากและส่งผลให้ต้นทุนการเลี้ยงสูงขึ้น เพื่อลดต้นทุนในการเลี้ยงและป้องกันปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเกษตรกรส่วนใหญ่จึงใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็มสูงมาผสมกับน้ำจืดให้ได้ความเค็มประมาณ 5 พีพีทีเพื่อใช้ในการเลี้ยง และในระหว่างการเลี้ยงจะการเติมน้ำจืดเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอน ซึ่งจะทำให้ความเค็มลดลงทำให้ปริมาณอิออนและแร่ธาตุต่างๆ ลดลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการเติมเกลือแร่ หรือน้ำเค็มลงในบ่อในช่วงเดือนสุดท้ายเพื่อรักษาระดับปริมาณอิออนต่างๆ ไม่ให้ต่ำเกินไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของกุ้งได้ (ชลอ, 2543)

2.1 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในน้ำที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน

คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันเป็นเวลานาน 70 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 9 และภาพที่ 20-27

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของน้ำเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มแตกต่างกัน

	ค่าเฉลี่ย+ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	น้ำทะเล* **(10 พีพีที)**	**น้ำนาเกลือ (10 พีพีที)**	**น้ำนาเกลือ (5 พีพีที)**	**น้ำนาเกลือ (3 พีพีที)**	**น้ำนาเกลือ (1 พีพีที)**
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28+0.56^{a}	28+0.54^{a}	28+0.56^{a}	28+0.54^{a}	28+0.56^{a}
ความเค็ม (พีพีที)	8.2+1.0^{a}	8.5+1.0^{a}	4.4+0.50^{b}	2.7+0.30^{c}	0.9+0.20^{d}
ความนำไฟฟ้า (mmhos./cm.)	13.72+1.73^{a}	14.09+1.72^{a}	7.3+0.80^{b}	4.53+0.50^{c}	1.57+0.36^{d}
พีเอช	8.3+0.31^{a}	8.2+0.32^{ab}	8.1+0.36^{bc}	8.1+0.28^{bc}	8.0+0.29^{c}
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	117.8+15.22^{a}	117.7+15.06^{a}	113.3+14.06^{a}	111+14.97^{a}	110.4+15.37^{a}
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	1,803.1+326.30^{a}	1,713.8+353.34^{a}	1,239+295.35^{b}	1,007.6+134.42^{c}	628.6+109.22^{d}
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.4+0.37^{a}	0.3+0.32^{ab}	0.2+0.24^{bc}	0.1+0.15^{c}	0.1+0.12^{c}
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.06+0.042^{a}	0.05+0.041^{ab}	0.03+0.032^{bc}	0.03+0.028^{c}	0.03+0.026^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (a>b>c>d>e)

* น้ำทะเลความเค็ม10 พีพีทีเป็นกลุ่มควบคุม

2.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันของน้ำในการทดลองทั้งหมดในครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำในถังทดลองทั้งหมดจะมีความใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากสถานที่ทำการทดลองอยู่ในบริเวณเดียวกัน และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการทดลองจะเป็นไปตามสภาวะอากาศในแต่ละช่วงเวลา แต่อุณหภูมิของน้ำส่วนใหญ่ก็อยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ(Chiang *et al*., 1989)

2.1.2 ความเค็ม

ความเค็มของการทดลองครั้งนี้จะมีความแตกต่างกันตามระดับความเค็มของแต่ละกลุ่มทดลอง และความเค็มของทุกกลุ่มทดลองจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น โดยการเติมน้ำจืดที่มีอิออนต่างๆ น้อยมาก โดยเฉพาะความเค็มในกลุ่มทดลองเริ่มต้น 1 พีพีที ในช่วง 10 วันสุดท้าย ความเค็มเกือบจะเป็นศูนย์ แต่ในกลุ่มอื่นๆ ความเค็มยังอยู่ในระดับที่กุ้งกุลาดำสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้โดยกลุ่มที่เริ่มต้นที่ความเค็ม 10 พีพีที เมื่อสิ้นสุดการทดลองความเค็มยังอยู่ในระดับมากกว่าความเค็มเริ่มต้นของกลุ่มทดลอง 5 พีพีที ซึ่ง Ling (1977) กล่าวว่ากุ้งกุลาดำสามารถอาศัยในช่วงความเค็มที่กว้าง และ Wickins and Danial O'C. (2002) รายงานว่า ความเค็มที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอยู่ระหว่าง 5-25 พีพีที

2.1.3 ค่าความนำไฟฟ้า

ค่าความนำไฟฟ้าของทุกการทดลองจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับความเค็ม Boyd (1982) อธิบายความสัมพันธ์ของอิออนที่สำคัญกับความเค็มของน้ำ ดังนั้นการวัดค่าการนำไฟฟ้าอาจใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่มีความสัมพันธ์กับความเค็มได้ การเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยงและบางช่วงเกิดฝนตก ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงตามช่วงระยะการเลี้ยง ซึ่งค่านำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (total dissolved solid) และปริมาณอิออนหลักต่าง ๆ ได้แก่ Ca^{2+}, Na^{+}, Cl^{-}, K^{+}, Mg^{2+} และ SO_4^{2-} (ลวไมย, 2546)

2.1.4 พีเอช

พีเอชในรอบวันเฉลี่ยของน้ำในกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณากลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที พบว่า กลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5 และ 3 พีพีที มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 1 พีพีที (P<0.05) จากภาพที่ 23 พบว่าพีเอชในรอบวันของน้ำในการทดลองที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีค่ามากกว่าในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที เนื่องจากอัตราการรอดตายของกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือความเค็ม 10 พีพีที มีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือความเค็ม 5, 3 และ 1 และพีเอชเฉลี่ยในรอบวันของทุกการทดลองจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากการย่อยสลายของเสียโดยแบคทีเรียและการหายใจของกุ้งและแพลงก์ตอนรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในบ่อในเวลากลางคืน ทำให้พีเอชช่วงเช้าต่ำ และพีเอชช่วงบ่ายมีค่าสูงมากเกิดจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนที่มีปริมาณมาก (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ซึ่งการผันแปรของพีเอชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการเป็นบัพเฟอร์ของน้ำ(ความเป็นด่างทั้งหมด)และอัตราการหายใจ แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีปริมาณแพลงก์ตอนมาก ถ้าความสามารถในการเป็นบัพเฟอร์ของน้ำต่ำ ค่าพีเอชในตอนเช้าอาจจะลดต่ำลงถึง 6 และ สูงกว่า 11 ในช่วงบ่าย ส่วนค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 7.8-8.5 นอกจากนี้ค่าพีเอชยังมีผลต่อการแสดงออกของความเป็นพิษของคุณสมบัติน้ำอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย และไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น(Boyd and Tucker, 1998; Kungvankij *et al.,* 1986)

2.1.5 ความเป็นด่าง

ความเป็นด่างรวมของแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 24 จะเห็นว่าความเป็นด่างรวมของทุกกลุ่มทดลองมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง และตลอดระยะเวลาการทดลองครั้งนี้ ค่าความเป็นด่างของน้ำในทุกกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ(Chanratchakool *et al.,* 1995)

2.1.6 ความกระด้าง

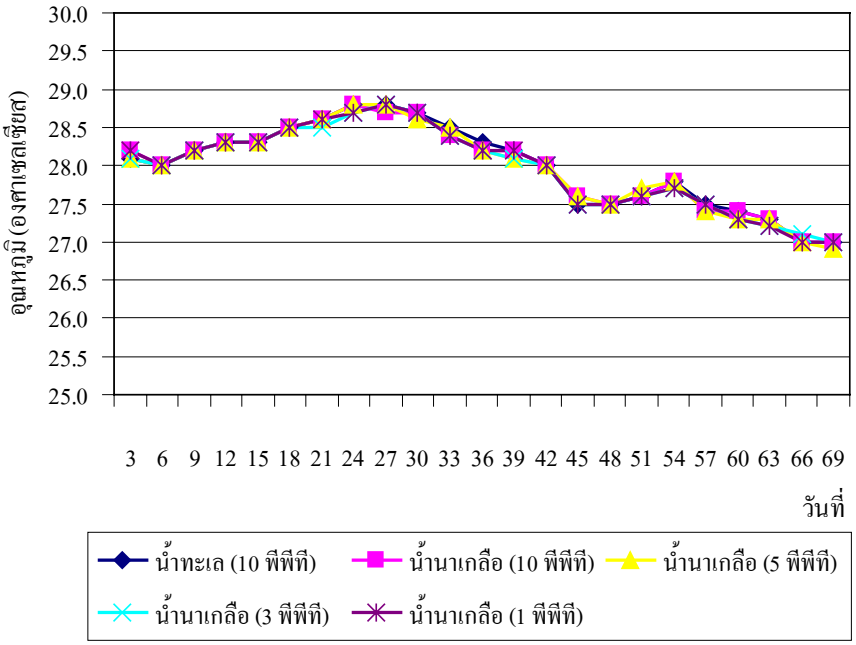
ค่าความกระด้างของน้ำในกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ทั้งสองกลุ่มนี้มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที (P<0.05) ซึ่งค่าความกระด้างของน้ำในกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีค่ามากกว่ากับกลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีทีโดยในกลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที จะมีค่าความกระด้างลดลงตามระดับความเค็มของแต่ละกลุ่มทดลอง เนื่องจากค่าความกระด้างส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งในน้ำที่มีความเค็มสูงกว่าตามปกติจะมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าน้ำที่ความเค็มน้อยกว่า ซึ่งในการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ (อรพรรณ, 2547; ธัญญานันท์, 2547)

2.1.7 ปริมาณแอมโมเนียรวม

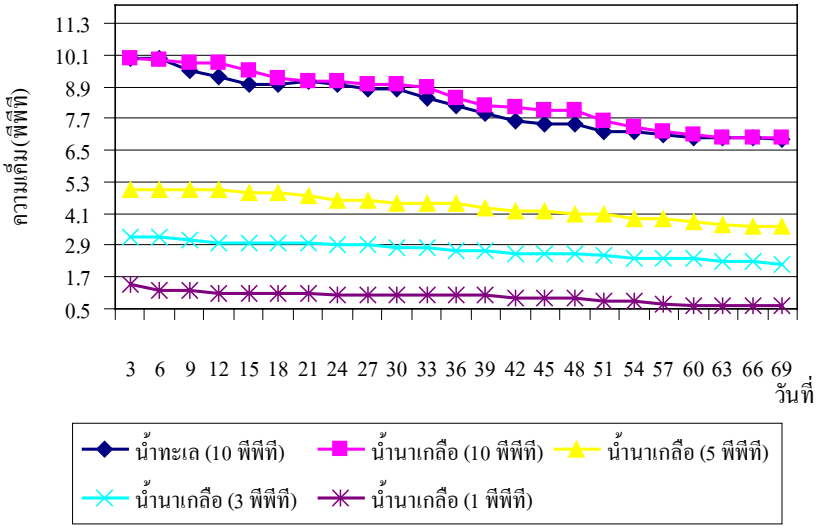
ปริมาณแอมโมเนียรวมของกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณากลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที พบว่า กลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 และ 5 พีพีที มีปริมาณแอมโมเนียรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่ใช้น้ำความเค็ม 3 และ 1 พีพีที (P<0.05) จากภาพที่ 26 พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมของกลุ่มทุกกลุ่มทดลองมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงมากขึ้น เนื่องจากแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำและกระบวนการย่อยสลายของเศษอาหารที่เหลือ แพลงก์ตอนที่ตาย เศษซากพืชซากสัตว์และสารอินทรีย์อื่นๆ โดยจุลินทรีย์ (Boyd, 1982) และกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีปริมาณแอมโมเนียรวมมากกว่าในกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลที่ความเค็ม 5, 3 และ 1 เนื่องจากมีอัตราการรอดตายของกุ้งมากทำให้ปริมาณอาหารที่ให้มีมากกว่ากลุ่มอื่นของเสียที่เกิดขึ้นภายในบ่อจึงมีมากเช่นกัน เนื่องจากอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีปริมาณไนโตรเจนสูง (Wang, 1990) ไนโตรเจนเหล่านี้จะถูกขับถ่ายออกมากถึง 13-32 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่กุ้งบริโภคเข้าไปและไนโตรเจนที่ขับถ่ายออกมานี้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ (Wickins, 1985) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียรวมที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, 2542)

2.1.8 ปริมาณไนไตรท์

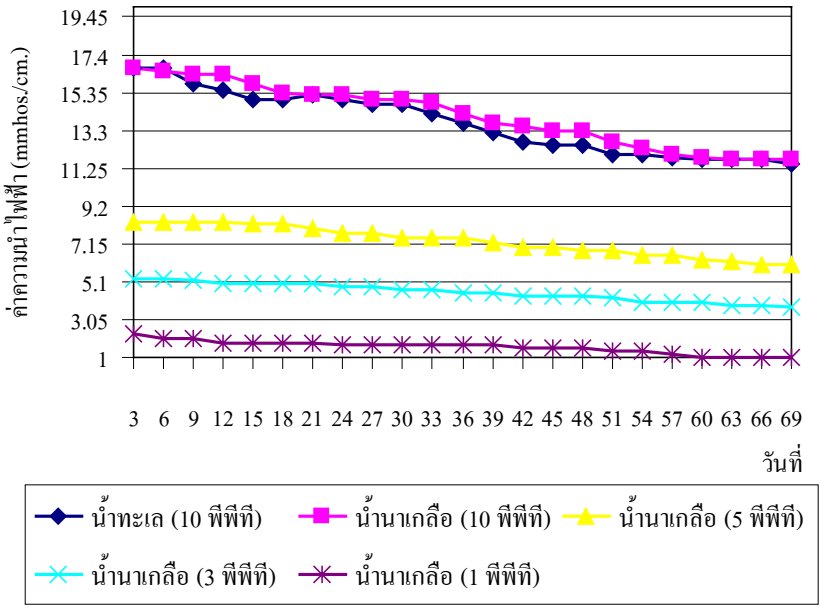
ปริมาณไนไตรท์ของกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณากลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที พบว่า กลุ่มที่ใช้น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 และ 5 พีพีที มีปริมาณไนไตรท์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่ใช้น้ำความเค็ม 3 และ 1 พีพีที (P<0.05) จากภาพที่ 27 พบว่าปริมาณไนไตรท์ของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงมากกว่า 25 วัน เนื่องจากมีการสะสมของของเสียมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่ความเค็ม 10 พีพีที จะมีปริมาณไนไตรท์สูงขึ้นในระยะเวลาการเลี้ยงที่เร็วกว่าในกลุ่มทดลองน้ำนาเกลือความเค็ม 5, 3, และ 1 พีพีที เนื่องจากมีอัตราการรอดที่สูง ทำให้ปริมาณอาหารที่ให้มาก การสะสมของของเสียเกิดขึ้นมากก่อนกลุ่มอื่น ๆ จึงส่งผลให้ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากไนไตรท์เกิดจากกระบวนการไตริฟิเคชั่น (nitrification) ของแอมโมเนียในสภาพที่มีออกซิเจน หรือบางครั้งอาจจะเกิดจากกระบวนการดีไตริฟิเคชั่น (denitrification) หรือไนเตรทรีดักชัน(nitrate reduction) ของไนเตรทในสภาพขาดออกซิเจน การสะสมไนไตรท์ในน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อในบ่อเลี้ยงกุ้งมีการเน่าสลายของสารอินทรีย์และปล่อยแอมโมเนียออกมา เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้มีการให้อากาศอย่างเพียงพอ สภาพพื้นถังทดลองไม่มีตะกอนดินเลนมากเหมือนกับในบ่อดิน ดังนั้นไนไตรท์ที่เกิดขึ้นน่าจะมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ไนไตรท์เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่นเดียวกับแอมโมเนีย โดยไนไตรท์จะไปลดประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนของเลือดและทำลายเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ(Boyd, 1990; Lawson, 1995) และปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ยงยุทธและคณิต, 2537)



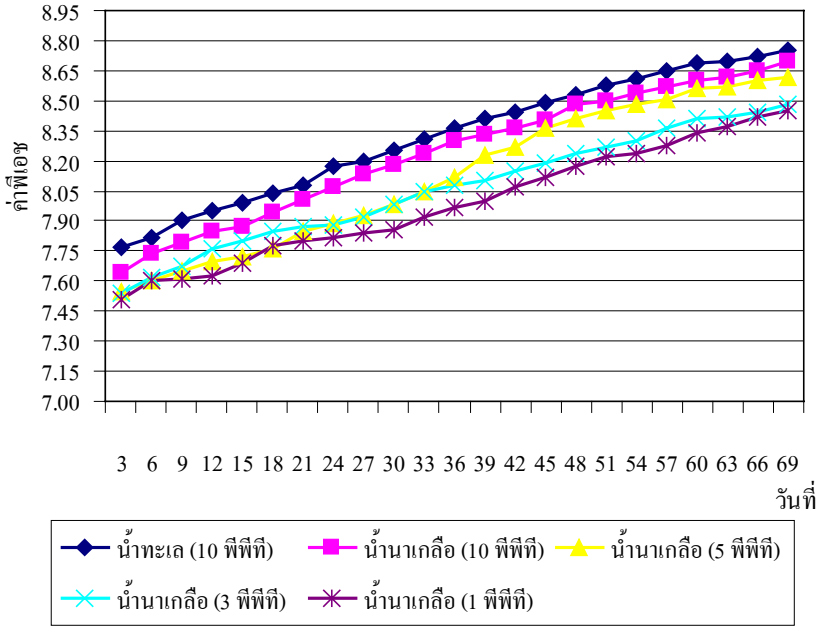
ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยในรอบวันในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



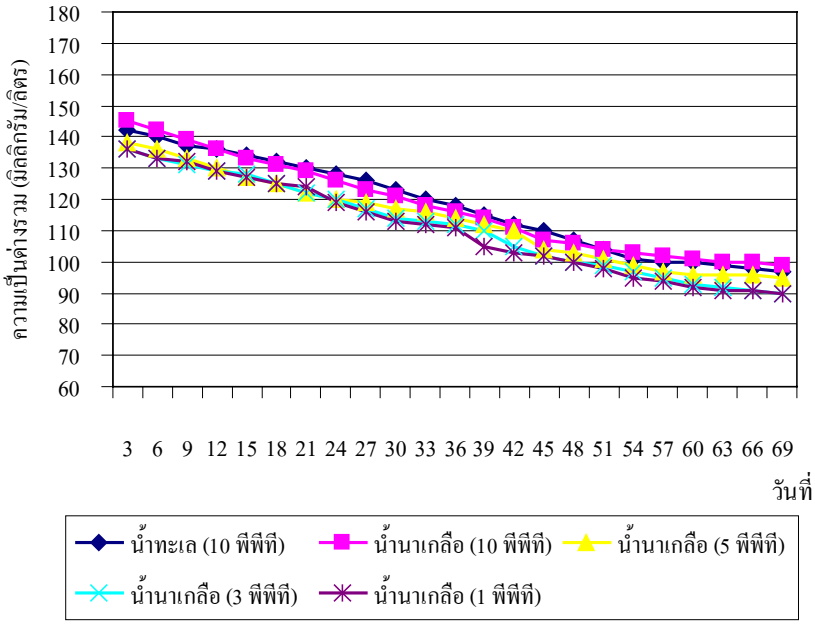
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงความเค็มในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



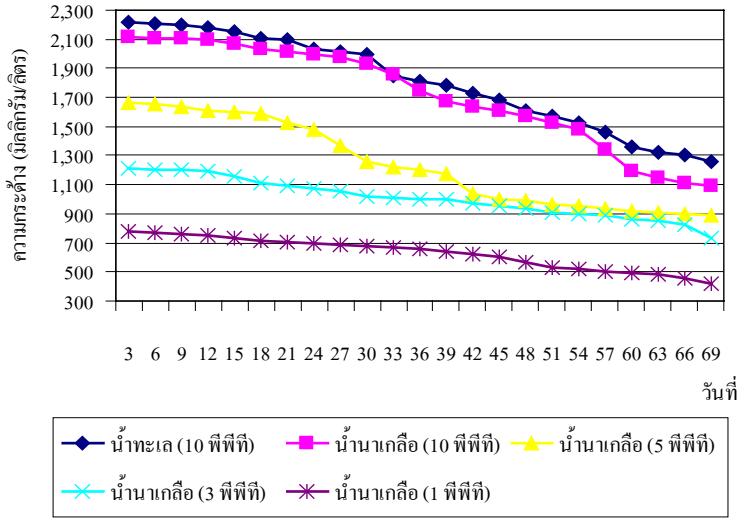
ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงความนำไฟฟ้าในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



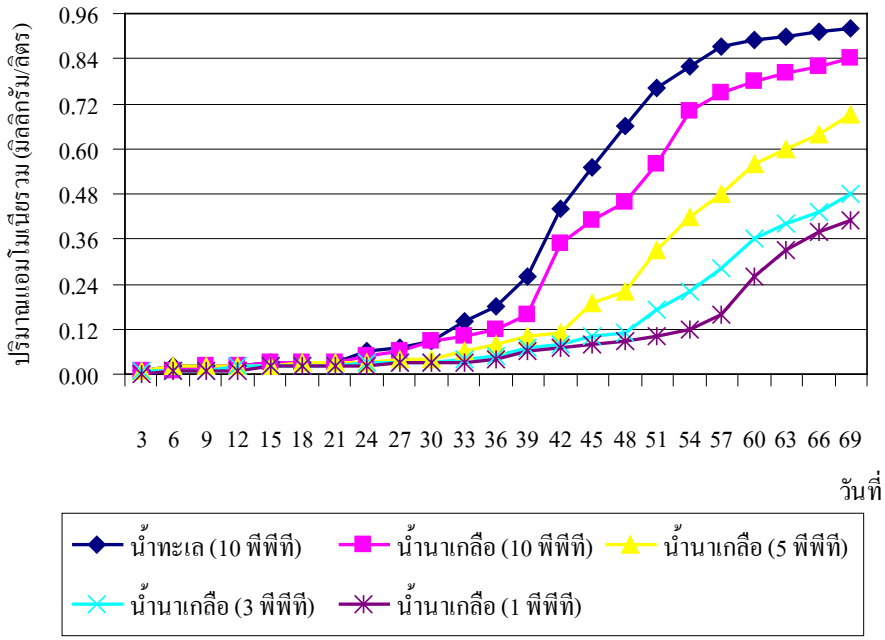
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงพีเอชในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



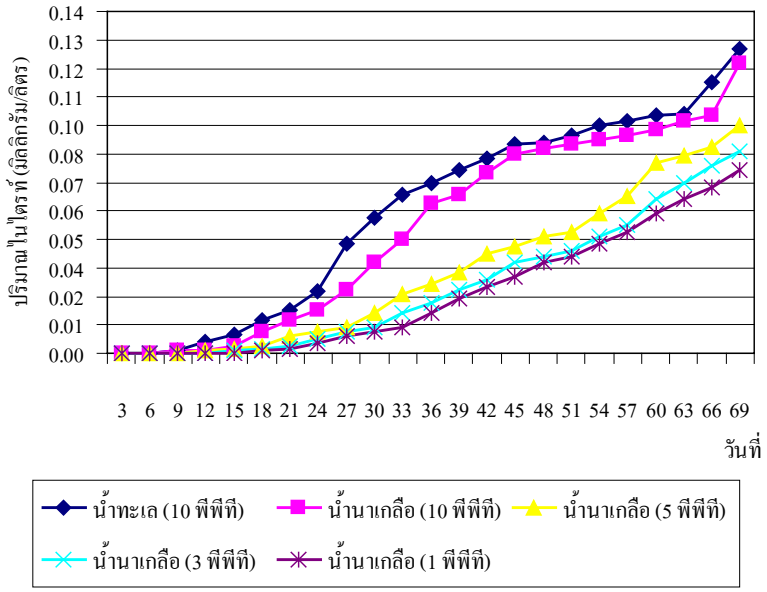
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างรวมในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงความกระด้างในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มทดลองที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน

2.2 การศึกษาปริมาณอิออนในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในน้ำที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน

ปริมาณอิออนสำคัญในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน แสดงไว้ใน ตารางที่ 10 และภาพที่ 28-34

ตารางที่ 10 ปริมาณอิออนเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน

อิออน (มก./ล.)	น้ำทะเล* (10 พีพีที)	น้ำนาเกลือ (10 พีพีที)	น้ำนาเกลือ (5 พีพีที)	น้ำนาเกลือ (3 พีพีที)	น้ำนาเกลือ (1 พีพีที)
แคลเซียม	97.1±39.58^{a}	96.6±47.90^{a}	101.1±15.87^{a}	95.7±27.55^{a}	71.6±14.85^{a}
แมกนีเซียม	184.3±157.06^{a}	207.5±170.85^{a}	150.9±94.52^{a}	110.3±56.05^{a}	75.9±44.52^{a}
โซเดียม	1,639.1±984.01^{a}	1,651.2±832.05^{a}	963.6±536.51^{ab}	809.5±355.09^{ab}	511.4±241.44^{b}
โพแทสเซียม	63.2±32.39^{a}	70.0±39.53^{a}	38.7±25.76^{ab}	36.8±16.03^{ab}	17.5±12.39^{b}
คลอไรด์	3,435.7±1585.13^{a}	3,457.9±1587.17^{a}	1,826.1±1070.90^{ab}	1,595.5±677.84^{b}	848.7±585.43^{b}
ไบคาร์บอเนต	109.6±15.68^{a}	108.9±12.81^{a}	108.0±12.71^{a}	107.8±15.36^{a}	107.8±13.92^{a}
ซัลเฟต	599.7±170.62^{a}	614.0±176.24^{a}	306.3±169.49^{b}	254.2±115.74^{b}	196.1±73.36^{b}

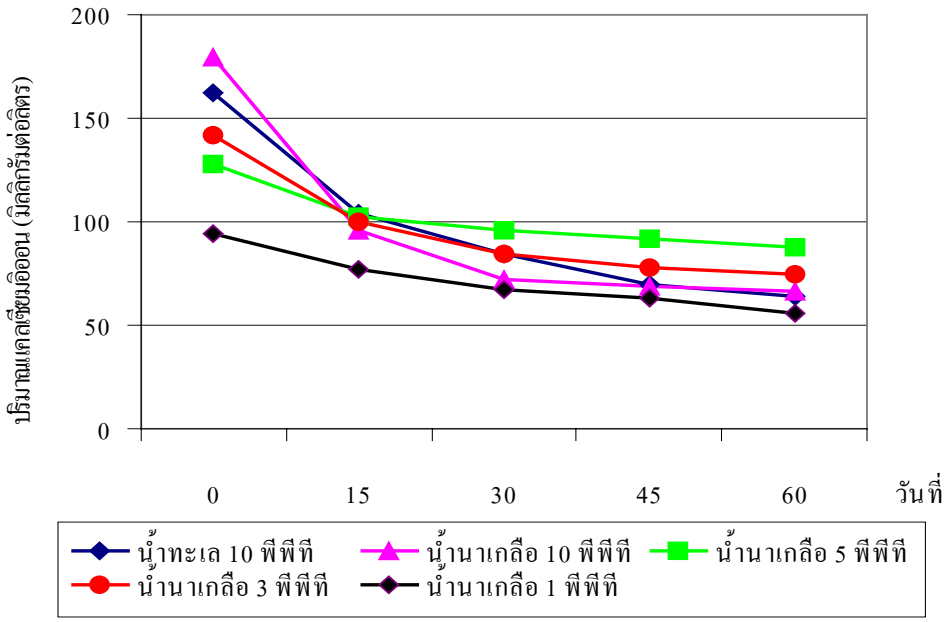
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (a>b)

* น้ำทะเล 10 พีพีทีเป็นกลุ่มควบคุม

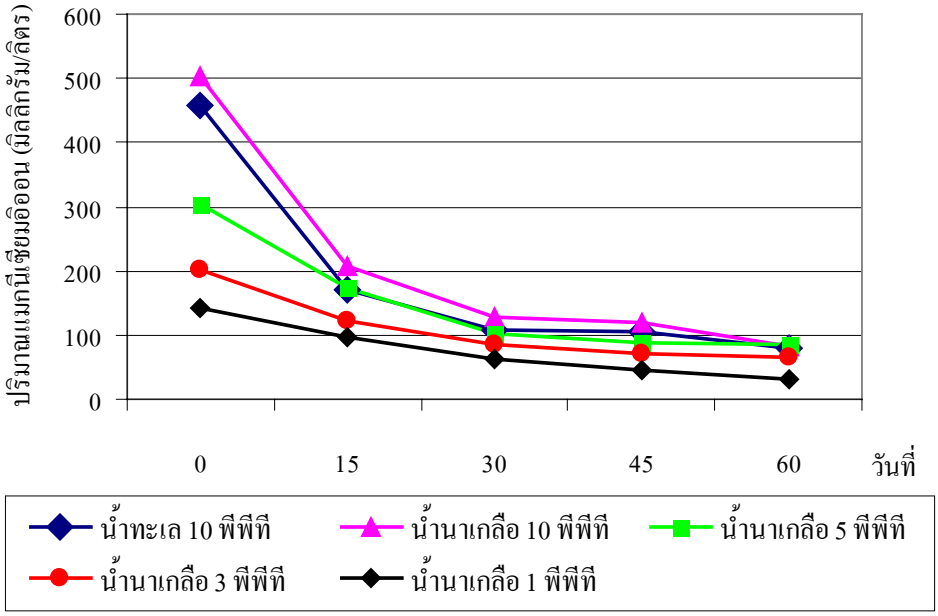
จากตารางข้างต้น พบว่า น้ำทะเลและน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีปริมาณอิออนของแร่ธาตุต่าง ๆ คือ Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} , Cl^{-}, HCO_3^{-} และ SO_4^{2-} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาน้ำนาเกลือที่มีระดับความเค็มแตกต่างกัน พบว่า น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5, 3 และ 1 พีพีที มีปริมาณ Ca^{2+}, Mg^{2+}และ HCO_3^{-} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีปริมาณ Ca^{2+}และ Mg^{2+}มากที่สุด รองลงมา คือ น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ตามลำดับ ส่วนน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10, 5 และ 3 พีพีที มีปริมาณ Na^{+} และ K^{+} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีปริมาณ Na^{+}และ K^{+} สูงกว่าน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 1 พีพีที นอกจากนั้นน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 พีพีที มีปริมาณ Cl^{-}

มากกว่าน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที ($P<0.05$) แต่น้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที มีปริมาณ Cl^- ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และน้ำนาเกลือที่มีความเค็ม 10 และ 5 พีพีที มีปริมาณ SO_4^{2-} ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มนี้มีปริมาณ SO_4^{2-} มากกว่าที่ความเค็ม 3 และ 1 พีพีที

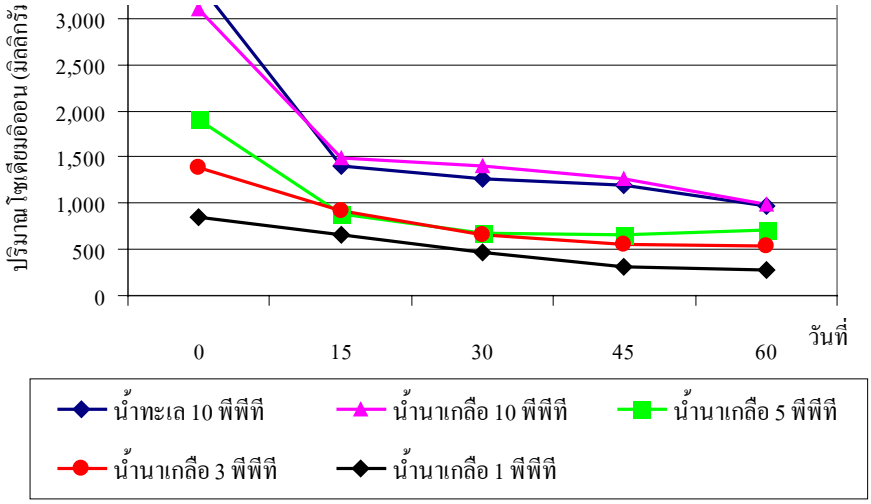
เมื่อพิจารณาปริมาณอิออนหลักของทั้ง 5 กลุ่มทดลอง จากภาพที่ 28-34 พบว่าก่อนการปล่อยกุ้งปริมาณ Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+ และ Cl^- ในน้ำทะเล 10 พีพีทีกับน้ำนาเกลือ 10 พีพีทีมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่น้ำนาเกลือที่ระดับความเค็ม 5, 3 และ 1 พีพีที จะมีค่าลดต่ำลงตามระดับความเค็ม แต่ SO_4^{2-} และ HCO_3^- ของน้ำทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเริ่มต้นก่อนปล่อยกุ้งใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาตามระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณ Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^- และ SO_4^{2-} ลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากกุ้งนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (Boyd *et al.*, 2002) สิริ (2528) รายงานว่าแร่ธาตุหลักที่กุ้งหรือสัตว์น้ำเค็มทั่วไปต้องการมีประมาณ 5 ชนิด คือ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซัลเฟอร์ นอกจากนี้บุญรัตน์ (2545) กล่าวว่าแร่ธาตุมีความจำเป็นในการเลี้ยงกุ้งมาก โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในน้ำที่มีความเค็มต่ำ ซึ่งกุ้งสามารถได้รับแร่ธาตุต่างๆจากน้ำและโดยการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร หรือการแพร่ผ่านทางเหงือก หรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง ทั้งนี้การที่กุ้งจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุในน้ำและอาหาร



ภาพที่ 27 ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน

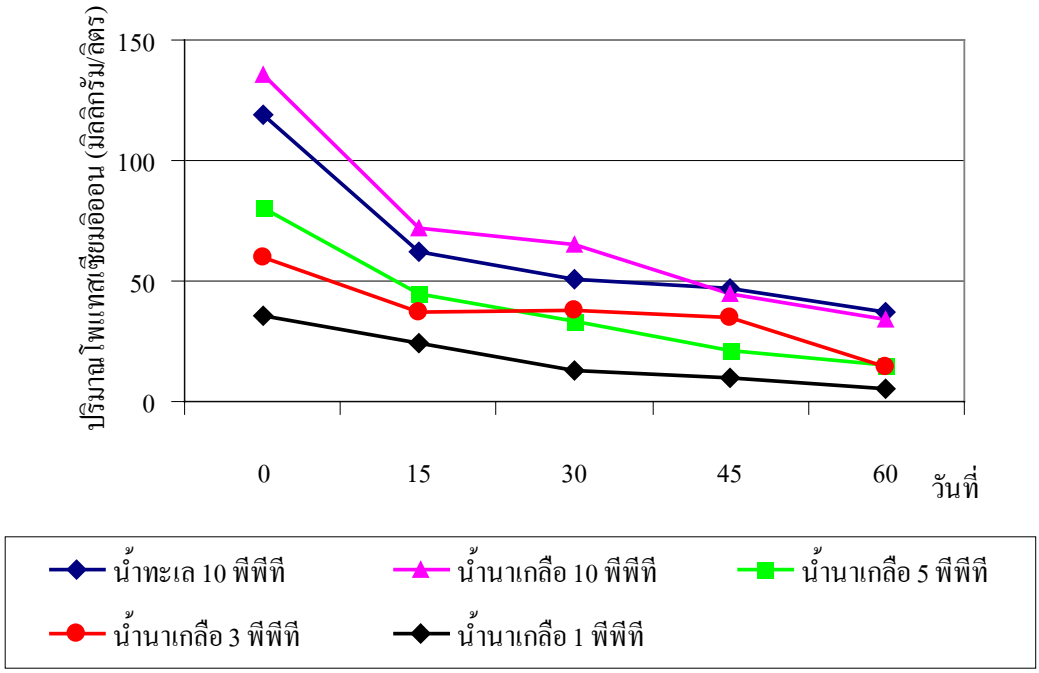


ภาพที่ 28 ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน

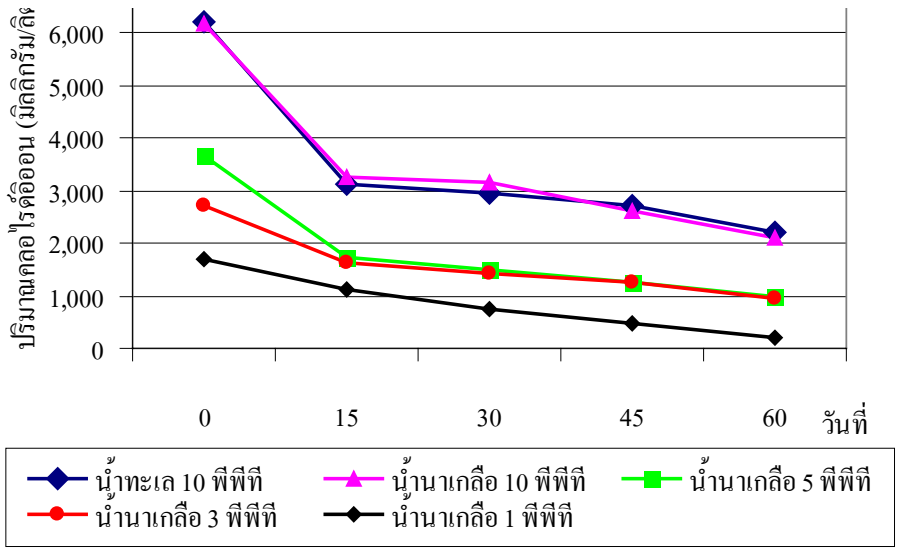


ภาพที่ 29 ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน

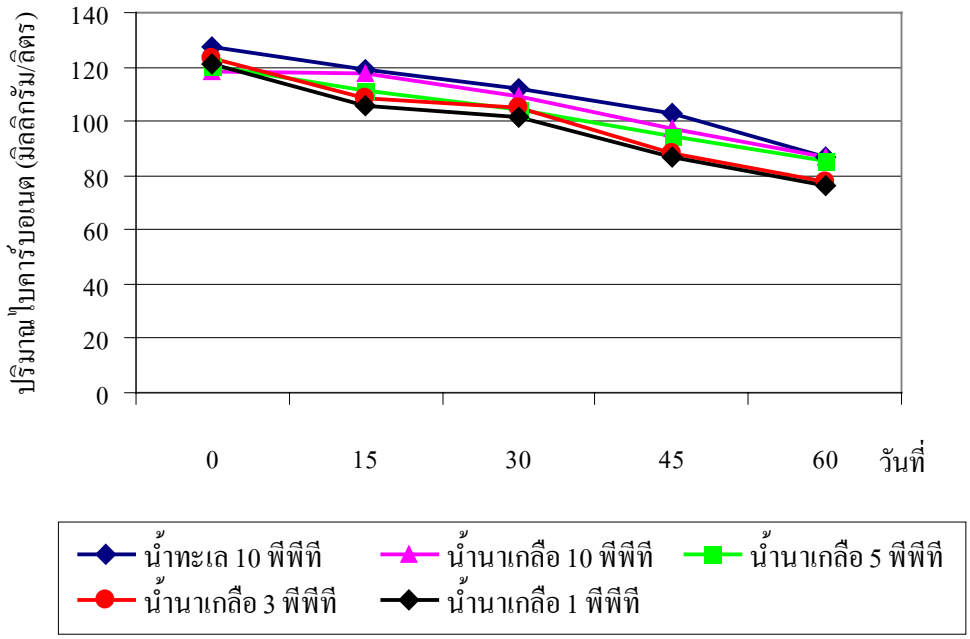
-



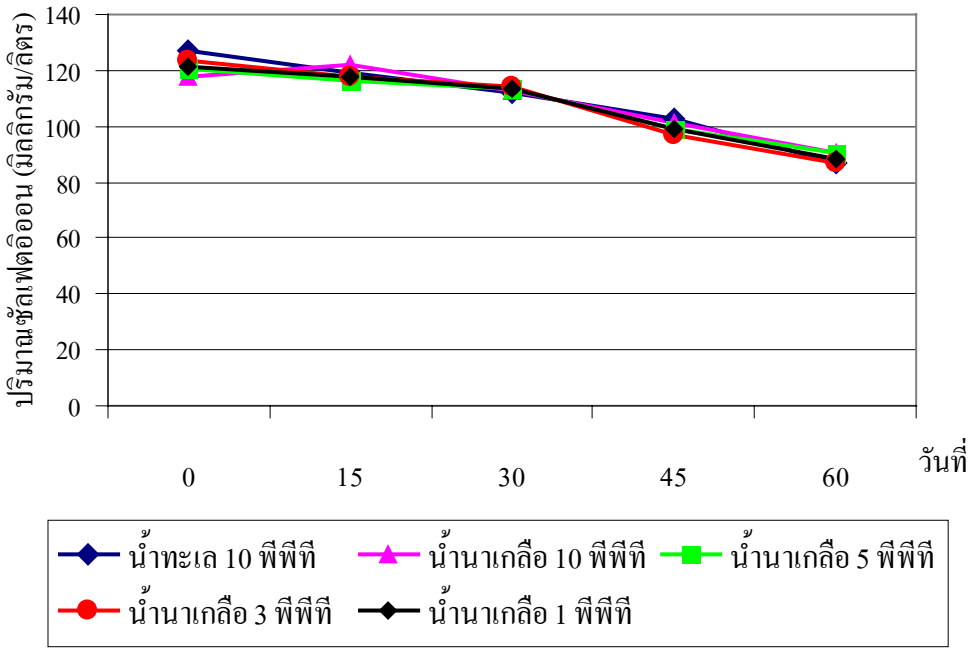
ภาพที่ 30 ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน



ภาพที่ 31 ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน



ภาพที่ 32 ไบคาร์บอเนตตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน



ภาพที่ 33 ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน

3.การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอิออนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยอาศัยแหล่งความเค็มจากน้ำบาดาลกับใช้แหล่งความเค็มจากน้ำนาเกลือ

3.1 การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 และ 12 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดราชบุรี ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงเฉลี่ยประมาณ 122 วัน มีผลผลิต 1,010.88±120.06 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 19.03±2.77 กรัม อัตราการรอดตาย 85.33±6.23 เปอร์เซ็นต์ อัตราแลกเนื้อ 1.40±0.06 และ อัตราการเจริญเติบโต 0.15±0.01 กรัมต่อวัน ส่วนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้เวลาการเลี้ยงประมาณ 147 วัน ได้ผลผลิต 1,665±126.95 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 31.19±1.55 กรัม อัตราการรอดตาย 85.47±6.18 เปอร์เซ็นต์ อัตราแลกเนื้อ 1.73±0.06 และมีอัตราการเจริญเติบโต 0.21±0.01 กรัมต่อวัน

ผลผลิต น้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต ของกุ้งในบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่ามากกว่าที่จังหวัดราชบุรี ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะเวลาในการเลี้ยงที่มากกว่าและระบบการจัดการในระหว่างการเลี้ยงที่แตกต่างกัน โดยบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีการใช้เครื่องให้อากาศในบ่อเลี้ยงจำนวนมากพอและความเร็วรอบของใบพัดมากทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนเวียนได้ทั่วบ่อ (ภาพผนวกที่ 11) มีการรวมเลนที่ดี ทำให้มีพื้นที่สะอาดเป็นบริเวณกว้าง ส่งผลให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรง กินอาหารและเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากกุ้งกุลาดำใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่กับพื้นบ่อ (ชลอ, 2543) เมื่อพื้นบ่อสะอาด และกุ้งมีการเจริญเติบโตปกติจึงสามารถยืดระยะเวลาการเลี้ยงให้นานขึ้น เพื่อให้ได้กุ้งขนาดใหญ่ การเลี้ยงกุ้งเพื่อให้ได้ขนาดใหญ่ซึ่งต้องใช้เวลานานทำให้มีอัตราแลกเนื้อสูงกว่าบ่อทดลองที่จังหวัดราชบุรี ซึ่งใช้เวลาเลี้ยงสั้นกว่ามาก แต่การวางเครื่องให้อากาศที่มีจำนวนใบพัดมากเกินไปในบ่อเลี้ยงกุ้งที่จังหวัดราชบุรี ทำให้การหมุนของใบพัดได้รอบต่ำกว่า (สาธิต, 2549) กระแสน้ำที่เกิดขึ้นภายในบ่อต่ำและไม่สามารถที่จะเกิดการหมุนเวียนได้ทั่วทั้งบ่อ (ภาพผนวกที่ 12) ทำให้ของเสียที่พื้นบ่อกระจัดกระจายไม่รวมกันเป็นจุดเดียว เกิดการเน่าเสียและทำให้คุณภาพน้ำอื่นๆ เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงจะมีปริมาณสูงขึ้น และเมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูง จะทำให้การขับถ่ายแอมมโมเนียออกจากร่างกายของกุ้งทำได้น้อยเกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลต่อสุขภาพกุ้ง ทำให้การกินอาหารลดลง และมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) เมื่อพื้นบ่อเกิดความเน่าเสียเร็ว จะทำให้ระยะเวลาการเลี้ยงสั้นลง ดังนั้น

เมื่อพิจารณาผลการเลี้ยงกุ้งของบ่อทดลองทั้งสองแหล่ง จะพบว่าทุกพารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันนั้น เกิดจากระบบการจัดการในระหว่างการเลี้ยงที่แตกต่างกัน แต่พารามิเตอร์ที่สำคัญอย่างหนึ่งคืออัตราการรอดตายที่มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเลี้ยงโดยใช้น้ำนาเกลือมาผสมกับน้ำจืดให้ได้ความเค็มเริ่มต้นประมาณ 5 พีพีที และลูกกุ้งที่จะนำมาปล่อยในบ่อเลี้ยงผ่านการปรับลดความเค็มลงมาเป็นอย่างดีจะไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งและการที่กุ้งจากทั้งสองแหล่งเลี้ยงมีอัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต น้ำหนักที่แตกต่างกัน น่าจะเนื่องมาจากการจัดการที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการเติมน้ำเค็มบาดาลที่ฟาร์มจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในระหว่างการเลี้ยง เพื่อรักษาระดับความเค็มไม่ให้ต่ำกว่า 2 พีพีทีตลอดการเลี้ยง ทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งได้ขนาดใหญ่ขึ้นกว่าการเติมน้ำจืดไปเรื่อยๆ จนความเค็มต่ำมาก กุ้งเริ่มมีการเจริญเติบโตน้อย และไม่มีการเจริญเติบโตในที่สุดต้องจับกุ้ง (ชลอ, 2543)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผลการเลี้ยง	บ่อทดลอง	
	จังหวัดราชบุรี	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
อายุการเลี้ยง (วัน)	122± 4.79	147±2.05
น้ำหนัก (กรัม)	19.03±2.77	31.19±1.55
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	1,010.88±120.06	1,665±126.95
สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนักน้อยกว่า 6 กรัม	4.6± 1.00	0.53±0.27
สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนักมากกว่า 6 กรัม	95.4±1.00	99.22±0.66
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	0.15±0.01	0.21±0.01
อัตราการรอดตาย	85.33±6.23	85.47±6.18
อัตราแลกเนื้อ	1.40±0.06	1.73±0.06

3.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

3.2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในตอนเช้าในบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี มีค่า 5.559±1.269 มิลลิกรัมต่อลิตร ตอนบ่าย มีค่า 11.872±1.892 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 35 และ 36) ส่วนบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในช่วงเช้ามีค่า 5.913±0.960 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงบ่ายมีค่า 8.760±1.203 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 35 และ 36) โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองทั้ง 2 แห่ง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ทั้งตอนเช้าและบ่ายมีค่ามากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ชลอ, 2534; 2543; สถาบันการวิจัยและเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, 2542; ชลอ และพรเลิศ, 2547) แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตอนบ่ายของบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี หลังจากกุ้งอายุมากกว่า 28 วัน อยู่ในระดับสูงเกินจุดอิ่มตัว (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 36) เนื่องจากมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชจำนวนมาก แต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่มากเกินจุดที่จะทำให้แพลงก์ตอนตายเป็นจำนวนมากพร้อมกัน ชลอ (2543) ให้ข้อสังเกตว่าในบ่อที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตอนบ่ายสูงกว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตอนเช้าประมาณ 3 เท่าตัว โอกาสเกิดการตายของแพลงก์ตอนพร้อมกันมีมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำอื่นๆ เช่น ทำให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นและออกซิเจนลดต่ำลงมาก จนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อกุ้งได้ ดังนั้นในกรณีน้ำมีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมากจึงควรเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อลดปริมาณแพลงก์ตอน ส่วนในบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตอนเช้าและบ่าย มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง มีความชำนาญในการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนให้มีปริมาณที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตอนเช้าและช่วงบ่ายจึงแตกต่างกันไม่มาก

3.2.2 พีเอช

พีเอชเฉลี่ยของน้ำตอนเช้าและบ่ายในบ่อทดลองงหวัดราชบุรี มีค่า 7.696±0.241 และ 8.106±0.305 (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 37 และ 38) และพีเอชเช้าและบ่ายในบ่อทดลอง จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 7.769±0.280 และ 8.118±0.149 ผลการศึกษาจังหวัดราชบุรี และ

ประจวบคีรีขันธ์ พบว่า พีเอชทั้งตอนเช้าและบ่ายอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 และค่าพีเอชในรอบวันมีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.5 (ชลอ และพรเลิศ, 2547) พีเอชของน้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำมาก เนื่องจากพีเอชของน้ำมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำตัวอื่นๆ ด้วยเช่น มีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น (Chiang *et al.,*1989) การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สมบัติของดิน ความเป็นด่างของน้ำ การผลิตและการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนพืช

3.2.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำตอนเช้าของบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี มีค่า 29.99±0.4 องศาเซลเซียส และตอนบ่ายมีค่า 32.23±0.636 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 39 และ 40) ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำตอนเช้าของบ่อทดลอง จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 29.415±0.846 องศาเซลเซียส และ 31.429±1.028 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 13) (ภาพที่ 39 และ 40)

ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำในตอนเช้าและบ่ายของบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี มีค่ามากกว่าบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำในบ่อเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศในแต่ละพื้นที่ ฤดูกาล ระดับความเค็ม และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของแหล่งน้ำ ในประเทศไทยอุณหภูมิในรอบปี จะแปรผันในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (ประเทือง, 2534) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะเป็นไปอย่างช้าๆ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง ควรอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (Boyd and Fast, 1992)

3.2.4 ความเป็นด่าง

ความเป็นด่างรวมของน้ำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี มีค่าเฉลี่ย 116.85± 26.762 มิลลิกรัมต่อลิตร และในบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อาจจะเนื่องมาจากสภาพอากาศที่จังหวัดราชบุรีในระหว่างการทดลองมีอากาศร้องอบอ้าวกว่าที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีค่าเฉลี่ย 113.44±8.92 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 41) โดยบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี มีค่าความเป็นด่างรวมของน้ำในช่วงแรกของการเลี้ยงมากกว่าบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เนื่องจากบ่อ

ทดลองจังหวัดราชบุรีมีการใช้วัสดุปูนในปริมาณมากในการเตรียมน้ำและเตรียมบ่อ ซึ่งความเป็นด่างรวมที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ อยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่างจะมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อพีเอช คือ ความเป็นด่างจะเป็นตัวรักษาระดับพีเอชของน้ำในบ่อให้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (ชลอ, 2543) แต่ชลอ (2543) แนะนำว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงบ่ายอุณภูมิน้ำที่ฟาร์มเลี้ยงจังหวัดราชบุรีบางช่วงเวลาจะสูงกว่าระดับที่เหมาะสมมากกว่าที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งจะมีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตด้วย

3.2.5 ความกระด้าง

ค่าความกระด้างของน้ำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี มีค่า 944.21±398.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และในบ่อทดลอง จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 963.78±132.51 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 42) ทั่วไปค่าความกระด้างของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง ควรมีค่าประมาณ 1,000 มิลลิกรัม ขึ้นไป (สถาพร, 2545) ซึ่งในบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี เมื่อระยะเวลาการเลี้ยงมากกว่า 45 วัน ค่าความกระด้างมีค่าต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากในระหว่างการเลี้ยงช่วงท้าย ๆ เมื่อมีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมากหรือคุณสมบัติของน้ำโดยรวมไม่เหมาะสมจะมีการถ่ายน้ำและเติมด้วยน้ำจืดซึ่งจะมีค่าความกระด้างต่ำกว่าในบ่อเลี้ยง ทำให้ค่าความกระด้างลดลง

3.2.6 แอมโมเนียรวม

ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยในน้ำของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 0.6441±0.620 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.697±0.247 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 43) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียของบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เกือบตลอดระยะเวลาการเลี้ยง จากปริมาณอาหารที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อกุ้งมีขนาดโตขึ้นแต่เมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยง เพื่อเป็นการลดปริมาณแพลงก์ตอนภายในบ่อและของเสียจากการขับถ่ายของกุ้งในบ่อ ปริมาณแอมโมเนียจะลดลงส่วนในจังหวัดราชบุรีปริมาณแอมโมเนียมีการแกว่งตัวขึ้นลงตลอดเวลา (ภาพที่ 43) สำหรับปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (สถาบันและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, 2542)

3.2.7 ไนไตรท์

ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลองจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 0.2329±0.3014 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.0423±0.0265 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 44) โดยบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี จะมีปริมาณไนไตรท์สูงกว่าที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยะเวลาในการเลี้ยงจากภาพที่ 44 จะพบว่าค่าไนไตรท์สูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 ของการเลี้ยง อาจเนื่องมาจากการเตรียมบ่อที่ไม่ดี หลังจากนั้นปริมาณไนไตรท์ลดลงจากการเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อเลี้ยงและแกว่งตัวตลอดเวลาซึ่งจะแตกต่างจากบ่อทดลองที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ที่มีปริมาณไนไตรท์อยู่ในระดับที่ต่ำมากตลอดระยะเวลาเลี้ยงซึ่งใช้เวลานานกว่าที่จังหวัดราชบุรี พุทธ (2546) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในดินกับบ่อ ซึ่งตามปกติบริเวณกลางบ่อจะมีการสะสมของเศษอาหารและตะกอนเลนตางๆมาก จากการวางเครื่องให้อากาศเพื่อรวมเลนเข้ากลางบ่อ บริเวณนั้นจะมีแบคทีเรียและจุลินทรีย์ เจริญเติบโต เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงทำให้มีการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่สูงถึงเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ออกซิเจนในบ่อเลี้ยง ในสภาพที่มีออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยโดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น จะทำให้เกิดแอมโมเนียและกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน และค่อยๆแพร่ออกมาอยู่ในน้ำที่บริเวณพื้นบ่อ ถ้าสภาพของดินพื้นบ่อขาดออกซิเจน การย่อยสลายสารอินทรีย์จะไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดไนไตรท์สะสมในบ่อเลี้ยง

3.2.8 ความโปร่งแสง

ความโปร่งแสงเฉลี่ยของน้ำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 20.38 ±5.47 และ 20.78 ±6.707 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 45) โดยความโปร่งแสงของบ่อทดลองทั้ง 2 แห่ง มีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณแพลงก์ตอนที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นระหว่างการเลี้ยง และค่าความโปร่งแสงของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและการตายเป็นจำนวนมากของแพลงก์ตอนในระหว่างการเลี้ยง โดยค่าความโปร่งแสงที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง ควรอยู่ระหว่าง 40-60 เซนติเมตร (Boyd, 1989)

3.2.9 ความเค็ม

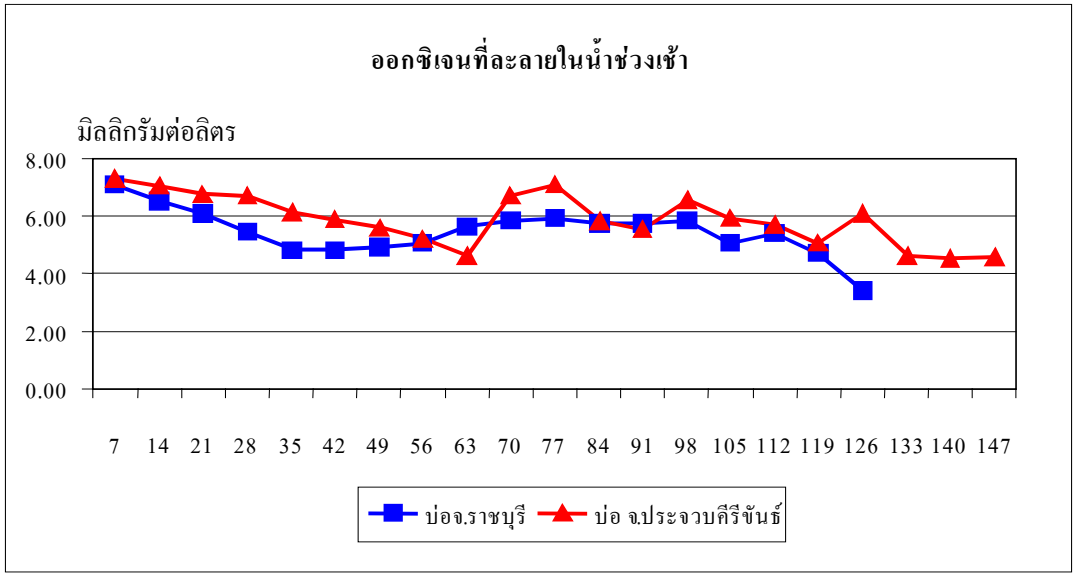
ความเค็มของน้ำเฉลี่ยในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี มีค่า 3.02±1.604 พีพีที และในบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 3.59±1.23 พีพีที (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 46) ความเค็มของน้ำในบ่อทดลองทั้งสองแห่งมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและมีฝนตกบางช่วงเวลาในระหว่างการเลี้ยง ส่วนความเค็มที่เพิ่มขึ้นในบางช่วงระยะเวลาของการเลี้ยงเกิดจากการเติมน้ำเค็ม เพื่อเพิ่มปริมาณไอออนในน้ำ กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในช่วงกว้างและเมื่อการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างช้าๆ สามารถปรับตัวอยู่ที่ความเค็มศูนย์ได้เป็นเวลานานพอสมควรหรือความเค็มที่เพิ่มขึ้นจนถึง 45 พีพีที แต่ความเค็มที่เหมาะสมและการเจริญเติบโตดีที่สุดคืออยู่ระหว่าง 15-20 พีพีที (Liu, 1989) แต่ในปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งที่มีความเค็มต่ำ 3-10 พีพีที จะเลี้ยงกุ้งได้ง่าย เนื่องจากความเสียหายที่เกิดจากโรคกุ้งน้อยมาก (ชลอ, 2543) แต่การควบคุมความเค็มไม่ให้ต่ำกว่า 3 พีพีที จะสามารถผลิตกุ้งขนาดใหญ่ได้ (ชลอและพรเลิศ 2547)

3.2.10 ค่าความนำไฟฟ้า

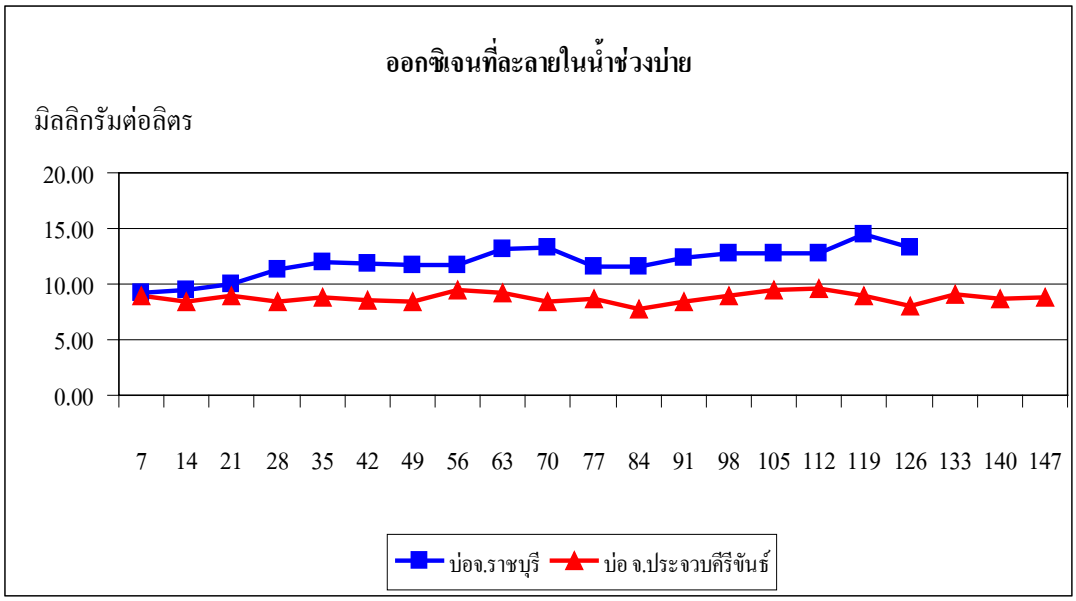
ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำเฉลี่ยในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่า 5.57±2.71 mmhos/cm. และ 6.54±2.17 mmhos/cm.ตามลำดับ (ตารางที่ 12) (ภาพที่ 47) ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำเฉลี่ยของบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี มีค่าแปรผันตรงกับความเค็มความเค็ม และค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อทดลองทั้งสอง ที่มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับความเค็มและความกระด้างของน้ำ

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

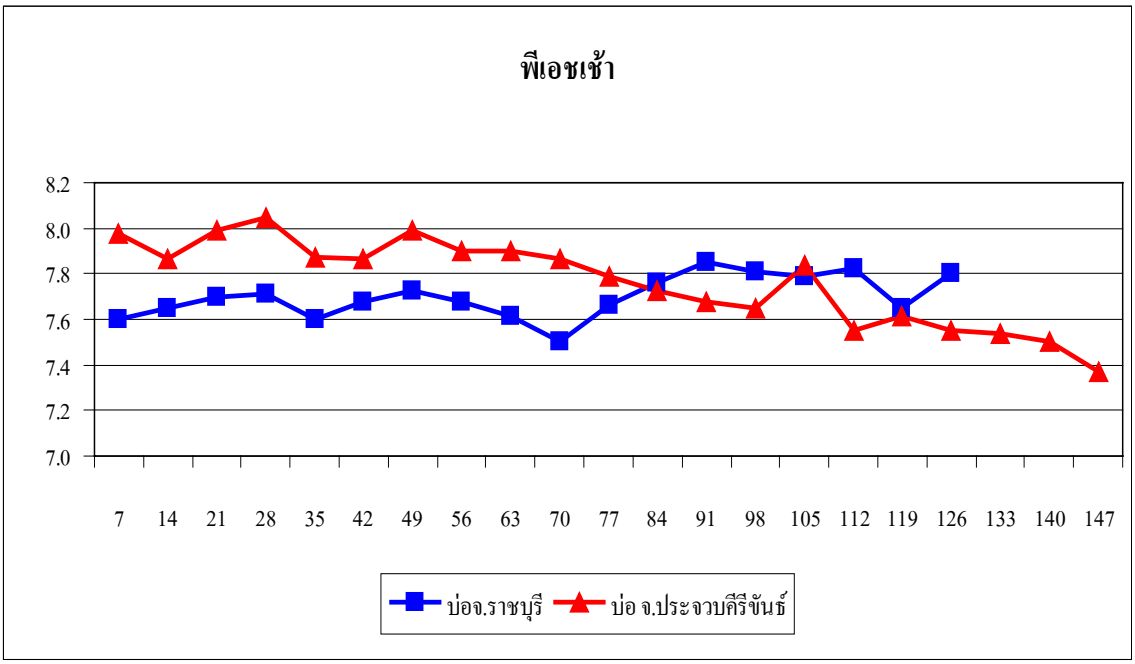
คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		จังหวัดราชบุรี	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	5.559 ± 1.269	5.913 ± 0.960
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	11.872 ± 1.892	8.760 ± 1.203
พีเอช	เช้า	7.696 ± 0.241	7.769 ± 0.280
	บ่าย	8.106 ± 0.305	8.118 ± 0.1495
อุณหภูมิ	เช้า	29.99 ± 0.400	29.415 ± 0.846
(องศาเซลเซียส)	บ่าย	32.23 ± 0.636	31.429 ± 1.028
ความเค็ม (พีพีที)		3.02 ±1.604	3.59±1.23
ค่าความนำไฟฟ้า (mmhos/cm.)		5.57 ± 2.710	6.45±2.17
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		116.85 ± 26.762	113.44±8.92
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		944.21 ± 398.23	963.78±132.51
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.6441 ± 0.620	0.697 ±0.247
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.2329 ± 0.3014	0.0423 ±0.0265
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)		20.38 ± 5.47	20.78 ±6.707



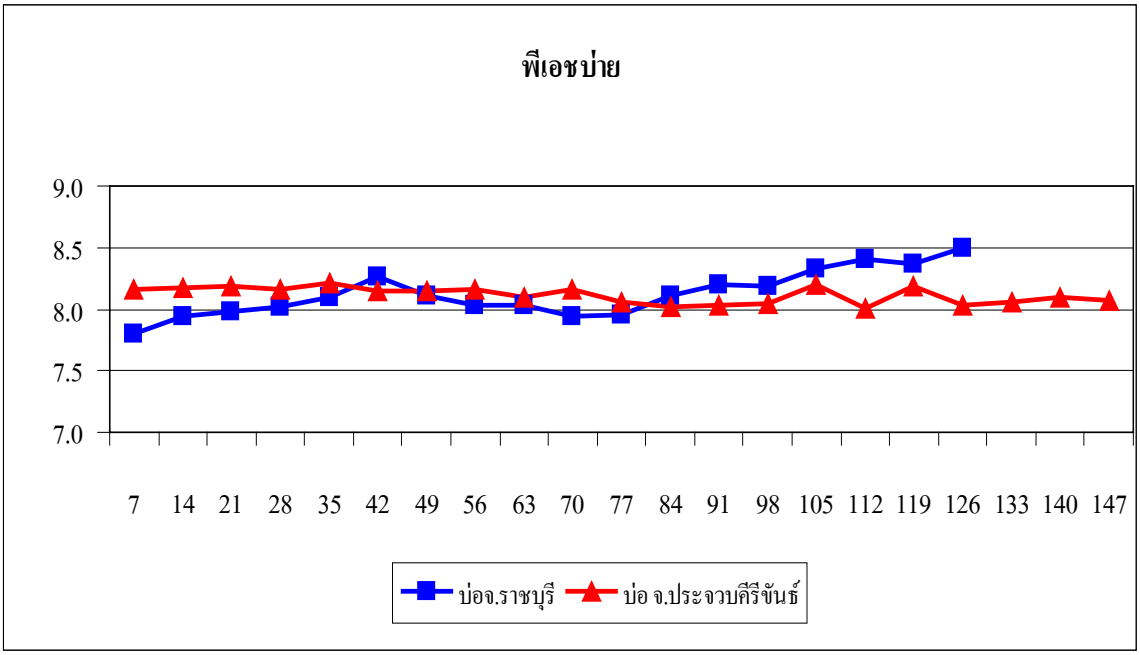
ภาพที่ 34 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตอนเช้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



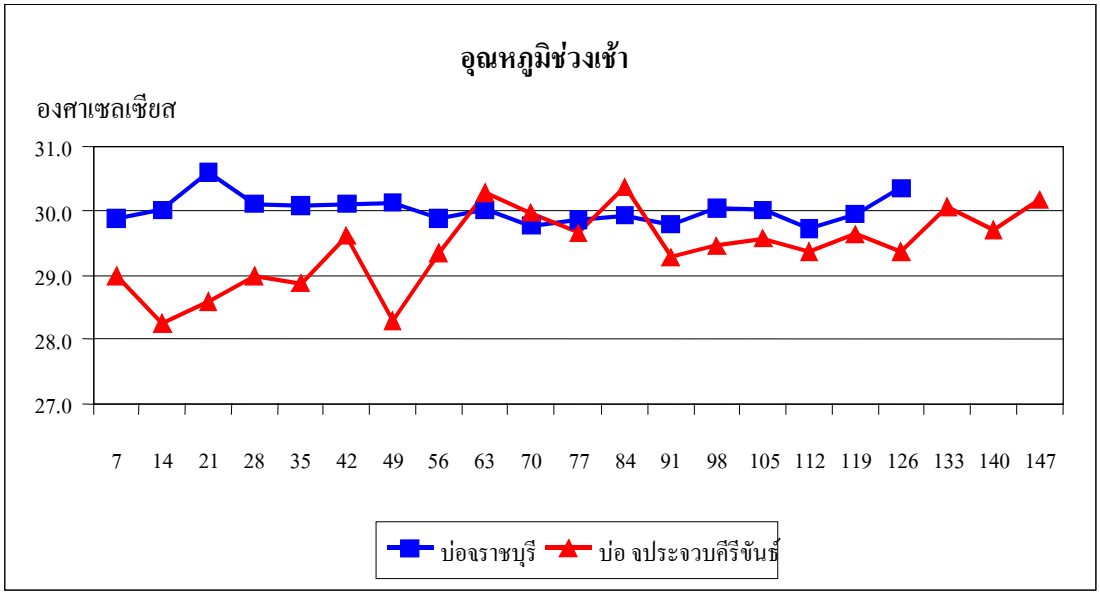
ภาพที่ 35 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตอนบ่ายตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



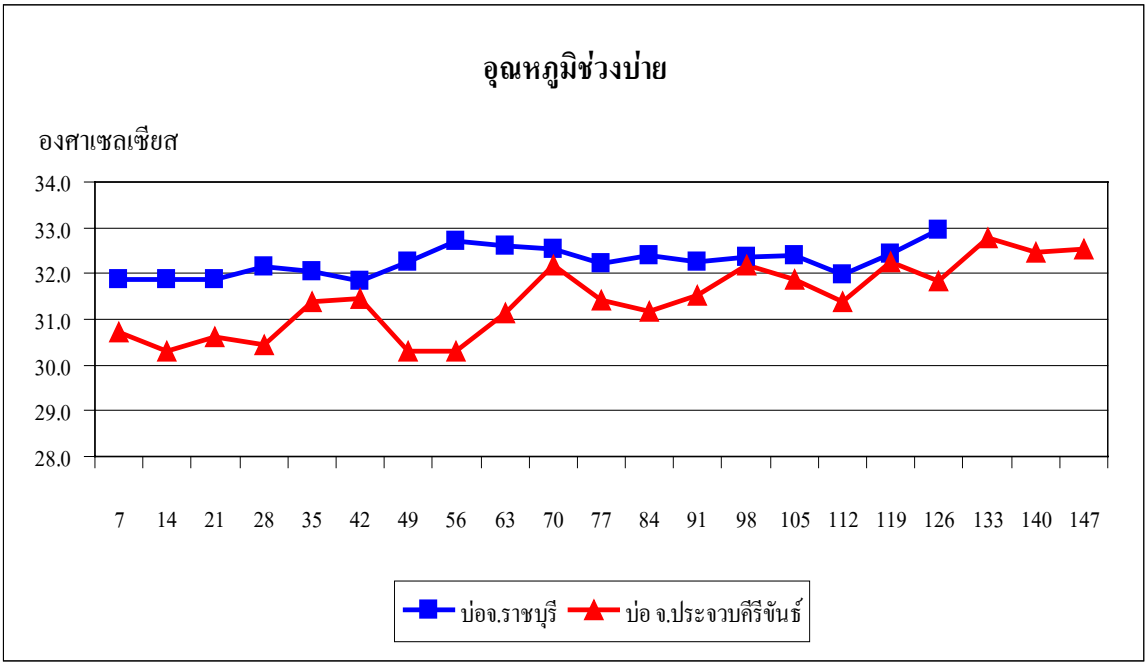
ภาพที่ 36 พีเอชในตอนเช้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



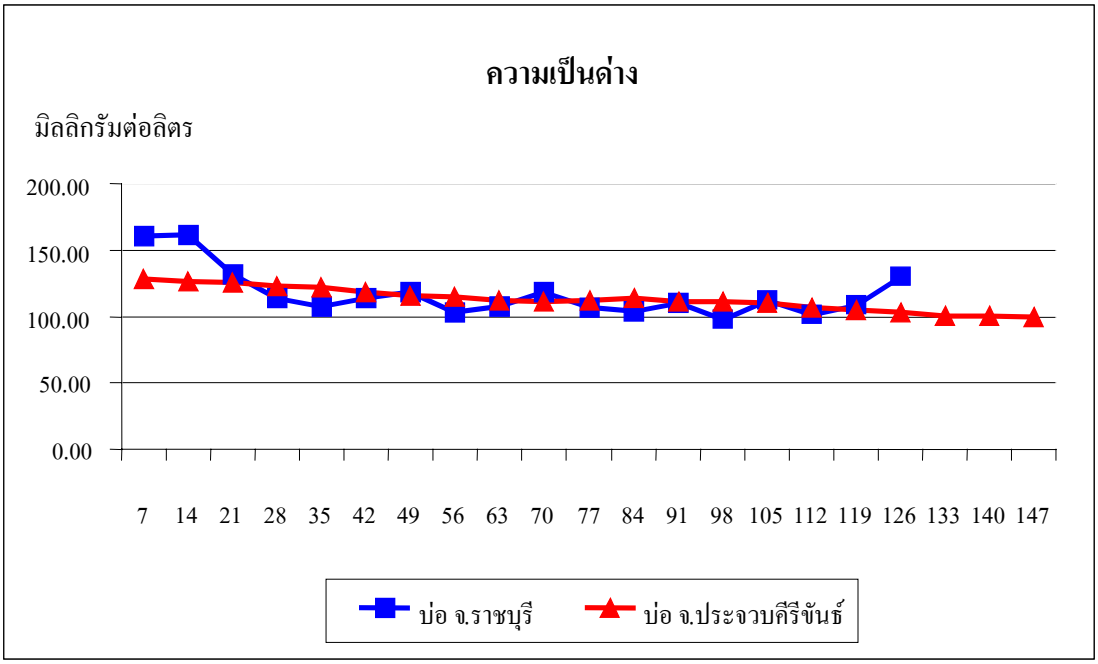
ภาพที่ 37 พีเอชในตอนบ่ายตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



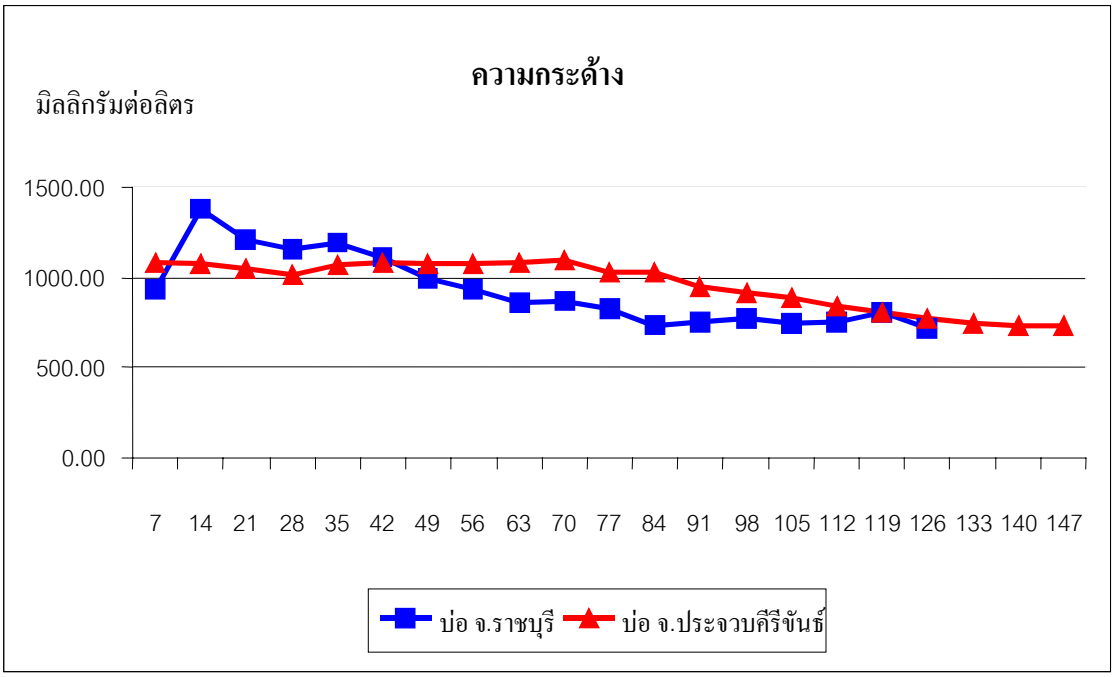
ภาพที่ 38 อุณหภูมิในตอนเช้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



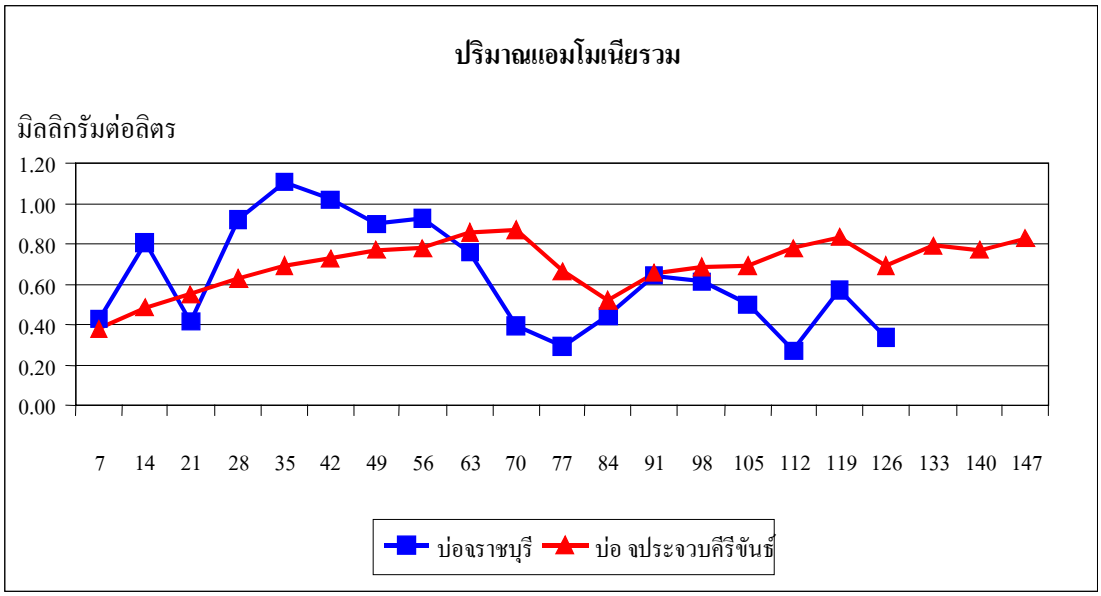
ภาพที่ 39 อุณหภูมิในตอนบ่ายตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



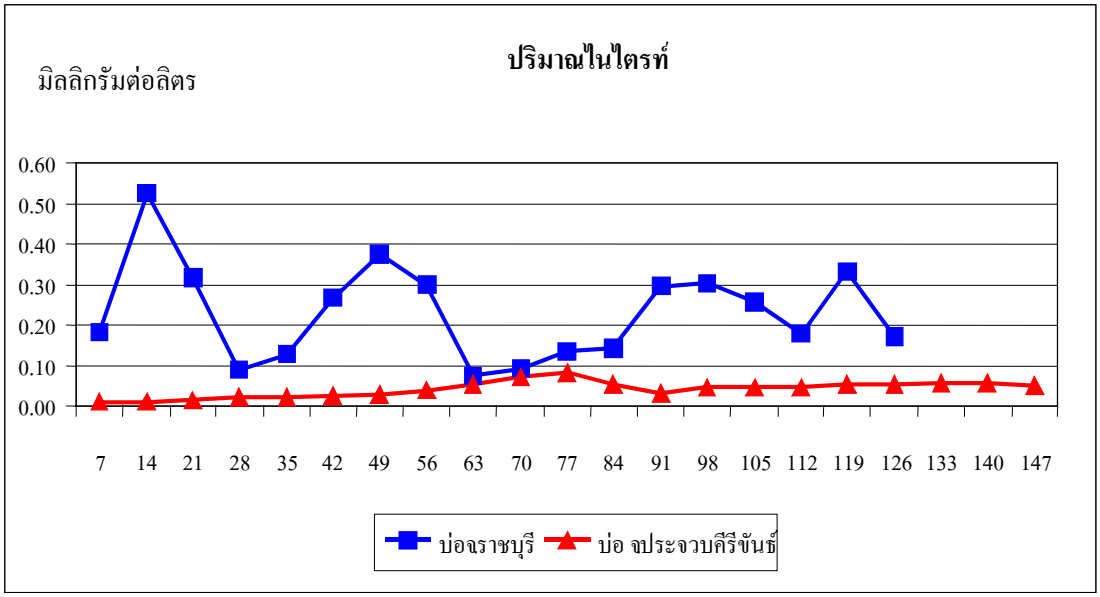
ภาพที่ 40 ความเป็นด่างรวมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



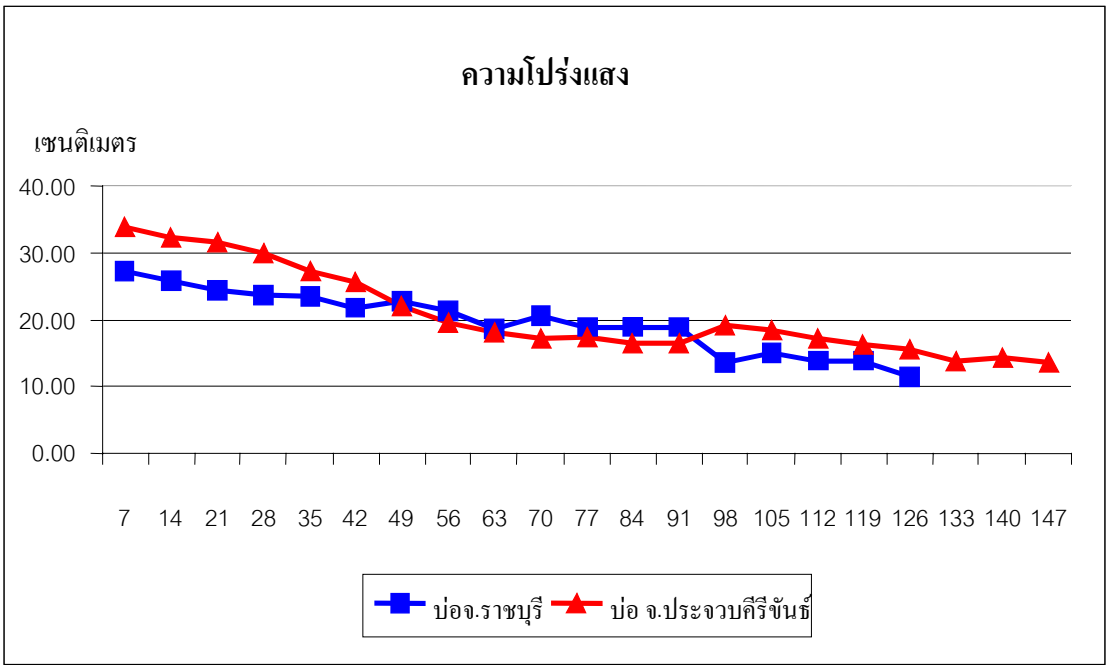
ภาพที่ 41 ความเป็นกระด้างตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



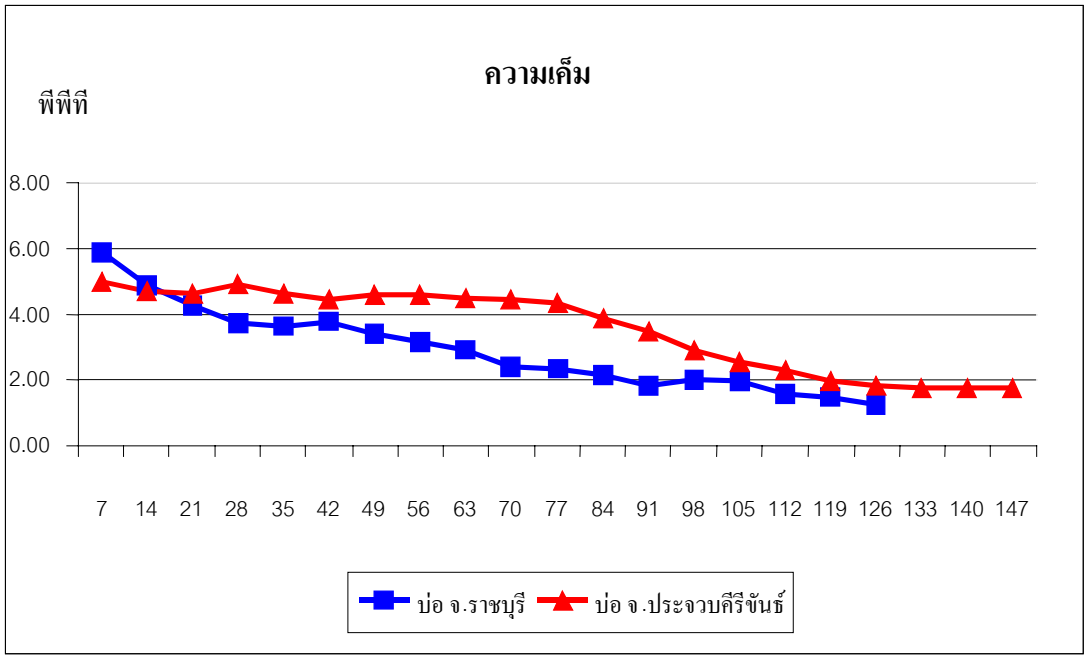
ภาพที่ 42 ปริมาณแอมโมเนียรวมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



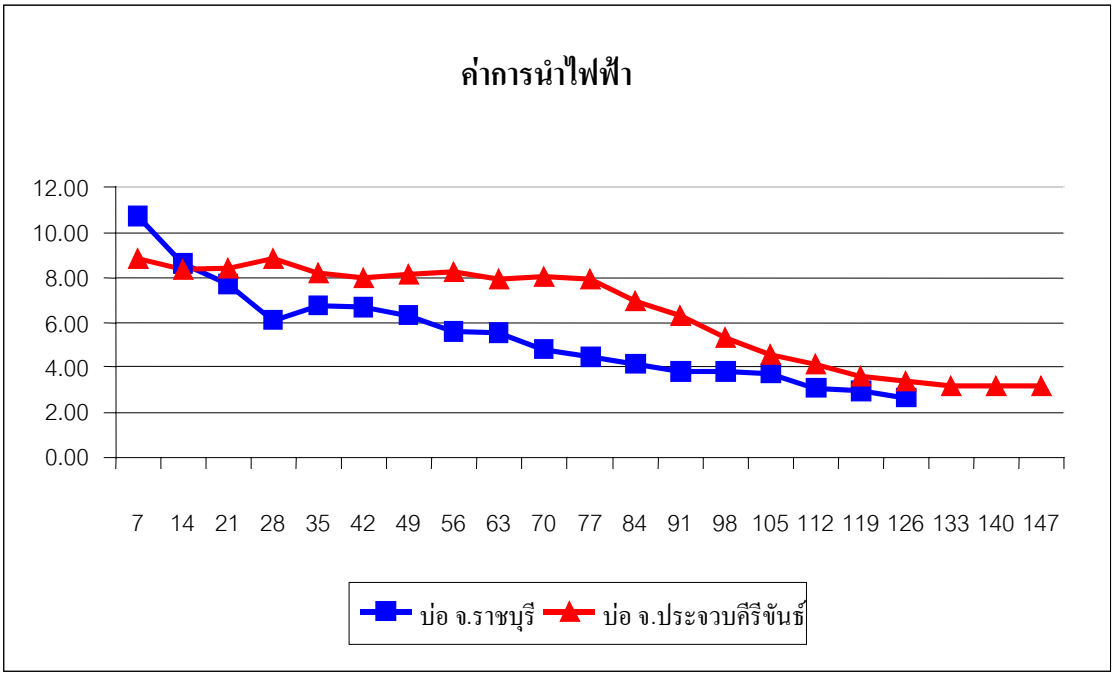
ภาพที่ 43 ปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



ภาพที่ 44 ค่าความโปร่งแสงตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



ภาพที่ 45 ความเค็มตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



ภาพที่ 46 ความนำไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

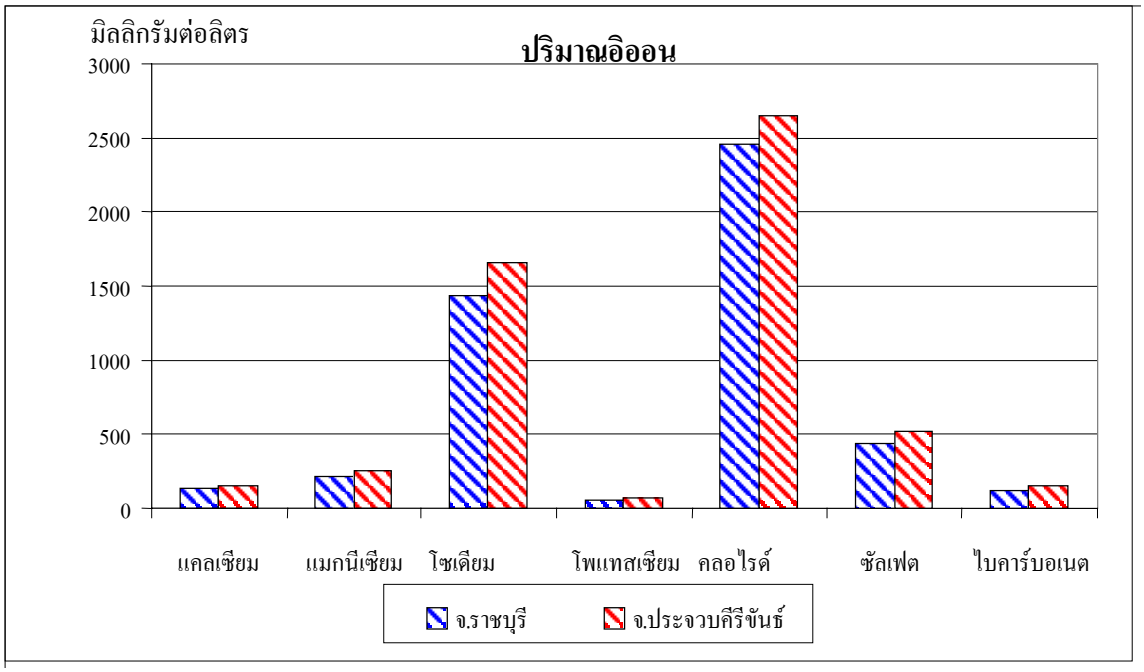
3.3 การศึกษาปริมาณอิออนในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี และ จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์

ปริมาณอิออนที่สำคัญในน้ำเฉลี่ยของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แสดงไว้ในตารางที่ 13 และภาพที่ 48 ซึ่งบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี มีปริมาณ Ca^{2+} 133.71±29.00 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 211.09±81.75 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^{+} 1,437.34±581.34 มิลลิกรัมต่อลิตร K^{+} 51.58±17.99 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^{-} 2,456±836.55 มิลลิกรัมต่อลิตร SO_4^{2-} 436.02±158.97 มิลลิกรัมต่อลิตร และ HCO_3^{-} 113.50±28.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีปริมาณแคลเซียม 146.55±46.21 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 256.97±81.12 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^{+} 1,658.19±462.9 มิลลิกรัมต่อลิตร K^{+} 75.08±23.69 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^{-} 2,654.12± 708.77 มิลลิกรัมต่อลิตร SO_4^{2-} 524.92±165.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และ HCO_3^{-} 143.69±15.65 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการศึกษาปริมาณอิออนที่สำคัญในน้ำเฉลี่ยของบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าปริมาณ Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-} และ HCO_3^{-} มีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 48 โดยปริมาณอิออนในน้ำเฉลี่ยของบ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จะมีค่ามากกว่าในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี เนื่องจากบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้น้ำเค็มบาดาลซึ่งมีแร่ธาตุต่างๆ สูงผสมน้ำจืดในการเลี้ยง ทำให้มีปริมาณแร่ธาตุสูง และปริมาณอิออนหลักส่วนใหญ่ของทั้งสองแห่งจะลดลงตามระดับความเค็ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boyd *et al.* (2002) โดยระดับความเข้มข้นของอิออนหลักจะลดลงตามระดับความเค็มของน้ำ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณอิออนในน้ำของบ่อทดลองทั้งสองแหล่งที่มีความเค็มสูงสุดเมื่อเริ่มเลี้ยงประมาณ 5 พีพีที กับปริมาณอิออนระดับต่ำสุดของแร่ธาตุหลักที่ควรจะมีอยู่ในน้ำความเค็ม 5 พีพีที ตามที่ Boyd (2002) รายงานคือปริมาณ Na^{+} 1,522.5 มิลลิกรัมต่อลิตร Ca^{2+} 58 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 195.5 มิลลิกรัมต่อลิตร K^{+} 53.5 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^{-} 2,755 มิลลิกรัมต่อลิตร HCO_3^{-} 92 มิลลิกรัมต่อลิตร และ SO_4^{2-} 391.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือผสมน้ำจืดให้ได้ความเค็ม 5 พีพีที ในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี มีปริมาณอิออนหลักเพียงพอสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในน้ำความเค็มต่ำ แต่ควรจะมีการเติมน้ำเค็มในระหว่างการเลี้ยงเพื่อให้มีปริมาณอิออนสำคัญเพียงพอกับการเจริญเติบโตของกุ้ง

ตารางที่ 13 ปริมาณอิออนในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองจังหวัด ราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

อิออน	บ่อทดลอง	
(มิลลิกรัม/ลิตร)	จังหวัดราชบุรี	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
แคลเซียม	133.71± 29.00	146.55±46.21
แมกนีเซียม	211.09 ± 81.75	256.97± 81.12
โซเดียม	1,437.34 ± 581.34	1,658.19±462.9
โพแทสเซียม	51.58 ± 17.99	75.08±23.69
คลอไรด์	2456.59 ± 836.55	2654.12±708.77
ซัลเฟต	436.02 ± 158.97	524.92±165.6
ไบคาร์บอเนต	113.50 ± 28.30	143.69±15.65



ภาพที่ 47 ปริมาณอิออนเฉลี่ยในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง จังหวัด ราชบุรี และจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์

3.4 การศึกษาสมบัติของดินในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

การศึกษาสมบัติของดินพื้นบ่อในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรี พบว่า มีสัดส่วนของอนุภาคดินทราย (sand) 17-23 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง (silt) 12-30 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว(clay) 49-71 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) มีค่า1.0-2.1 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ย 1.51$\pm$0.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของดินมีค่า 6.5-7.6 มีค่าเฉลี่ย 7.19$\pm$0.37 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 130-260, 1,400-3,800 และ 550-1,100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับสมบัติของดินในบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีสัดส่วนของอนุภาคดินทราย 25-35 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 26-30 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 42-49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่า 0.7-2.7 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ย 1.73$\pm$0.77 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 6.6-7.6 มีค่าเฉลี่ย 7.06$\pm$0.39 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 270-600 , 640-1,440 และ 150-940 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของพีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณแมกนีเซียม จากทั้ง 2 แหล่ง มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของอนุภาคดินทราย อนุภาคทรายแป้ง อนุภาคดินเหนียว ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมมีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาสมบัติของดินในบ่อทดลองจังหวัดราชบุรีและบ่อทดลองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า สัดส่วนขององค์ประกอบเนื้อดินมีความแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเนื้อดินจากปริมาณของอนุภาคหลัก สามารถจำแนกลักษณะเนื้อดินได้เป็นเนื้อดินในประเภทเดียวกัน คือ เป็นประเภทดินเหนียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ซึ่งจะมีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมในการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้ง สอดคล้องกับ Boyd (1995) ระบุว่า ดินที่ใช้ในการสร้างบ่อต้องมีอนุภาคดินเหนียวอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ ดินจึงจะเก็บกักน้ำได้ดี การตากบ่อหรือการไถพรวนทำได้ง่าย และเนื้อดินจะมีความสำคัญต่อการสร้างบ่อ แต่ในด้านการจัดการบ่อค่อนข้างมีความสำคัญน้อย เนื่องจากประเภทของเนื้อดิน ภายในบ่อจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่เนื้อดินในแต่ละจุดภายในบ่ออาจจะเปลี่ยนแปลงได้จากการกัดเซาะและการตกตะกอนภายในบ่อ แต่จะไม่มีผลต่อการรั่วซึมของน้ำ เนื่องจากเกิดเฉพาะที่ผิวดินเท่านั้น ส่วนปริมาณสารอินทรีย์ในดินของบ่อทดลองทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันและจัดอยู่ในประเภทดินที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในระดับปานกลาง(1.5-2.5) (ชัยฤกษ์, 2536) โดยส่วนใหญ่ดินด้านบนจะนำมาทำเป็นคันบ่อ ทำให้ดินพื้นบ่อส่วนใหญ่มีสารอินทรีย์ต่ำกว่าดินบริเวณคันบ่อ การสะสมของสารอินทรีย์ในดินพื้นบ่อเมื่อมีการเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ได้เพิ่มสูงมากอย่างที่เข้าใจกัน เพราะว่าสารอินทรีย์ที่เติมลงในบ่อเป็นพวกที่สลายได้ง่าย

มีค่าอัตราส่วนระหว่าง C:N น้อย และมีช่วงตากบ่อ (Boyd,1995) พีเอชของดินในบ่อทดลองทั้งสองมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.6 จัดเป็นดินที่มีลักษณะเป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkalinity) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งดินที่เป็นกรดอย่างรุนแรงจะมีแคลเซียมและแมกนีเซียมค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้จะรวมถึงโพแทสเซียมด้วย และปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมในดินของบ่อทดลองทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน คือ มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงกว่าโพแทสเซียม โดยแคลเซียมในดินมีต้นกำเนิดจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่ธาตุต่างๆ ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น calcite ($CaCO_3$), dolomite($CaMg(CO_3)_2$), และลักษณะเนื้อดินและพีเอชของดินมีผลต่อปริมาณแคลเซียมในดิน โดยเนื้อดินที่มีเนื้อหยาบจะมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าดินเนื้อละเอียด เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวมีความสามารถในการดูดยึดแคลเซียมไว้ได้ดีกว่าและมากกว่าดินเนื้อหยาบ (ชัยฤกษ์, 2536) ส่วนที่มาของแมกนีเซียมในดินจะอยู่ในรูปต่างๆ คือเป็นอนุมูลอยู่ในสารละลายดิน อยู่ในรูปแมกนีเซียมอิออนเป็นองค์ประกอบอยู่ในหินและแร่ธาตุต่างๆ (สุรเดช, 2530) ในดินโดยทั่วไปจะพบแมกนีเซียมน้อยกว่าแคลเซียม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) แมกนีเซียมในดินบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนหนึ่งมาจากวัสดุปูนจำพวกโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) และปูนเผา (MgO) ที่ใช้ปรับสภาพดินที่เป็นกรด แมกนีเซียมที่มีอยู่ในดินจะถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ตลอดเวลา ทำให้บางครั้งขาดแมกนีเซียมได้(ยอดยิ่ง, 2532) Boyd (1990) รายงานว่าปกติโพแทสเซียมไม่มีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของบ่อ เนื่องจากโพแทสเซียมมักมีปริมาณที่เพียงพอในสภาพดินที่มีดินเหนียวสูง แต่มักขาดแคลนในดินทราย (สำเนา, 2536)

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฟาร์มจังหวัดราชบุรีและฟาร์มจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

	ฟาร์มราชบุรี	**ฟาร์มประจวบคีรีขันธ์**
องค์ประกอบเนื้อดิน(เปอร์เซ็นต์)		
- ทราย	20.25±2.37	29.13±4.09
- ทรายแป้ง	22.75±6.04	28.0±1.85
- ดินเหนียว	57.00±8.21	45.37±2.50
สารอินทรีย์(เปอร์เซ็นต์)	1.51±0.43	1.74±0.83
โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	198.75±44.86	416.25±125.12
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2,100±814.16	990±299.14
แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	837.5±195.94	591.25±288.81
พีเอช	7.19±0.37	7.06±0.39

4. การศึกษาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของอิออนที่สำคัญในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ แต่ให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน

ผลการเลี้ยงกุ้งจากฟาร์มที่ 1 และฟาร์มที่ 2 แสดงไว้ในตารางที่ 15 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งในด้านผลผลิต น้ำหนักกุ้งเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต และค่าอัตราการแลกเนื้อ โดยค่าเฉลี่ยของผลผลิตจากฟาร์มที่ 1 มีค่าเท่ากับ 899 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยผลผลิตจากฟาร์มที่ 2 เท่ากับ 560 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ยน้ำหนักกุ้งจากฟาร์มที่ 1 คือ 14.67 กรัม มากกว่าฟาร์มที่ 2 คือ 11.66 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ผลผลิตโดยรวมจึงมากกว่า เมื่อพิจารณา อัตราการเจริญเติบโตต่อวันจะพบว่าในฟาร์มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.129 กรัมต่อวัน ซึ่งในขณะที่ฟาร์มที่ 2 มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยเพียง 0.096 กรัมต่อวัน แม้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายของฟาร์มที่ 1 จะสูงถึง 70.8 $\pm$ 12.45 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ฟาร์มที่ 2 อัตรารอดเฉลี่ยเพียง 60.1$\pm$ 17.1 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เพราะสาเหตุเนื่องจากมีความแปรปรวน และแตกต่างกันมากของอัตราการรอดตายแต่ละบ่อ แม้ว่าจะอยู่ในฟาร์มเดียวกัน ซึ่งในฟาร์มที่ 1 มีอัตราการรอดตายระหว่าง 46.3-94.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในฟาร์มที่ 2 มีอัตราการรอดตายระหว่าง 30.2-78.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15) แต่สำหรับค่าอัตราการแลกเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$) เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ฟาร์มทำให้มีผลต่ออัตราการแลกเนื้อในการศึกษาครั้งนี้มีการจัดการในด้านการเลี้ยงไม่แตกต่างกันรวมทั้งลูกกุ้งมาจากโรงเพาะฟักเดียวกันและเลี้ยงในช่วงเวลาเดียวกันด้วย

เมื่อพิจารณาสมบัติของดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งทั้ง 2 ฟาร์ม ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 16 จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันในด้านปริมาณของอนุภาคดินทราย ดินทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว ซึ่งในฟาร์มที่ 1 จะมีเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียวสูงกว่าฟาร์มที่ 2 ส่วนอนุภาคดินทรายและะดินทรายแป้งจะมีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่าซึ่งจะทำให้บ่อเลี้ยงกุ้งในฟาร์มที่ 1 มีการรั่วซึมต่ำกว่า ทำให้การเติมน้ำจืดเพื่อทดแทนการรั่วซึมน้อยกว่าในฟาร์มที่ 2 ด้วย จะมีผลต่อความเค็มของน้ำที่ลดลงในฟาร์มที่ 2 มากกว่าฟาร์มที่ 1 และปริมาณอิออนต่าง ๆ จะลดลงรวดเร็วมากกว่าในฟาร์มที่ 1 ด้วย ส่วนปริมาณอินทรียสาร ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จากบ่อเลี้ยงกุ้งในฟาร์มที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P> 0.05$) แต่ปริมาณโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส ทั้ง 2 ฟาร์มอยู่ในระดับที่สูงมาก ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับที่สูง โดยเฉพาะแคลเซียมมีปริมาณสูงกว่าแมกนีเซียม ประมาณ 5 เท่า ทั้ง 2 ฟาร์ม สำหรับปริมาณสารอินทรีย์ในฟาร์มที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 2.11 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับปานกลางและเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Boyd,1995) ในขณะที่

ฟาร์มที่ 2 ปริมาณสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเพียง 1.26 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่ง Boyd (1995) กล่าวว่าบ่อที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและให้ผลผลิตสูงควรจะมีสารอินทรีย์ระหว่าง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละบ่อ จะพบว่าฟาร์มที่ 2 มีปริมาณสารอินทรีย์ในดินพื้นบ่ออยู่ในระดับที่ต่ำถึง 9 บ่อจาก 12 บ่อ ในขณะที่ฟาร์มที่ 1 มีเพียง 3 บ่อ เท่านั้นที่มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ (ตารางผนวกที่ 44 และ 45)

4.1 ปริมาณอิออนและคุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากฟาร์มที่มีผลผลิตปกติและผลผลิตต่ำ

ปริมาณอิออนจากน้ำในคอกพลาสติก 1 วันก่อนปล่อยลูกกุ้งจากฟาร์ม 1 ซึ่งมีผลผลิตปกติและฟาร์มที่ 2 ซึ่งมีผลผลิตต่ำมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 17) นอกจาก HCO_3^- จากฟาร์ม 1 จะมีค่ามากกว่าแต่ทั้ง 2 ฟาร์มปริมาณ HCO_3^- อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ, 2543) หลังจากอนุบาลลูกกุ้ง 3 วัน และเปิดคอกพลาสติกให้ลูกกุ้งกระจายทั่วบ่อ เมื่อกุ้งมีอายุ 5 วัน ปริมาณอิออนที่วิเคราะห์ทุกชนิดมีค่าลดลงทั้ง 2 ฟาร์ม เนื่องจากความเค็มของน้ำที่อยู่ภายนอกคอกพลาสติกต่ำกว่าความเค็มของน้ำในคอกพลาสติกที่เตรียมไว้สำหรับปล่อยลูกกุ้งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอิออนในแต่ละชนิดของทั้ง 2 ฟาร์ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หลังจากกุ้งมีอายุ 30 วัน พบว่าปริมาณอิออนจากทั้ง 2 ฟาร์มลดต่ำลงอีก เนื่องจากการเติมน้ำจืดจากบ่อพักน้ำเข้าไป เพื่อเพิ่มระดับน้ำในบ่อ แต่ปริมาณอิออนจากฟาร์มที่ 2 เริ่มมีค่าต่ำกว่าฟาร์มที่ 1 โดยเฉพาะปริมาณ Mg^{2+}และ Na^+ จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 17) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติมน้ำจืดในฟาร์มที่ 2 มีปริมาณมากกว่าฟาร์มที่ 1 เพราะบ่อเลี้ยงกุ้งในฟาร์มที่ 2 มีการรั่วซึมของน้ำมากกว่า จากสมบัติของเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่า อีกทั้งระดับพื้นบ่อสูงกว่าระดับคูน้ำจืดที่อยู่รอบบ่อเลี้ยงมากกว่าฟาร์มที่ 1 ด้วย ทำให้ความเค็มของน้ำในฟาร์มที่ 2 ลดลงมากกว่าในฟาร์มที่ 1 คือลดลงจาก 5.30 พีพีที เหลือเพียง 3.5 พีพีที ในขณะที่ในฟาร์มที่ 1 ความเค็มลดลงน้อยกว่าคือจาก 5.18 พีพีที เป็น 3.7 พีพีที (ตารางที่ 19-20) มีผลทำให้ปริมาณอิออนต่าง ๆ ลดลงตามไปด้วย

เมื่อกุ้งมีอายุ 60 วัน ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากฟาร์มที่ 1 ลดลงเหลือเพียง 3.5 พีพีที ในขณะที่ในฟาร์มที่ 2 ลดลงเหลือเพียง 3.13 พีพีที มีผลทำให้ปริมาณอิออนต่าง ๆ ลดลงตามไปด้วย โดยเฉพาะ Na^+ และ K^+ ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 17) หลังจากกุ้งมีอายุ 90 วัน ความเค็มเฉลี่ยของน้ำในฟาร์มที่ 1 ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือมีค่าเท่ากับ 3.3 พีพีที ซึ่งสูงกว่าในฟาร์มที่ 2 ซึ่งลดลงมากกว่าโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 พีพีที ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 21) ส่วนปริมาณอิออนทุกชนิดทั้ง 2 ฟาร์มลดลงมาก เมื่อกุ้งมีอายุ 60 วัน ซึ่งผลมาจากการเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อ โดยเฉพาะในฟาร์มที่ 2 มีการเติมน้ำจืดเข้าไปมากกว่าปริมาณโซเดียมจึงต่ำกว่าในฟาร์มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ก่อนจับกุ้ง 1 วัน ความเค็มเฉลี่ยของน้ำจากฟาร์มที่ 1 ยังเหลือเท่ากับ 2.9 พีพีที ยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าฟาร์มที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 1.37 พีพีที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23) และมีปริมาณ Na^+ ต่ำกว่าในฟาร์มที่ 1 ด้วยเช่นเดียวกัน แสดงว่าในช่วงเดือนสุดท้ายมีการเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อเลี้ยงในฟาร์มที่ 2 มากกว่าในฟาร์มที่ 1 ด้วย

จากผลการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณอิออนชนิดต่าง ๆ พบว่า ยังไม่สามารถยืนยันได้อย่างชัดเจนว่า แร่ธาตุหลักหรืออิออนชนิดใดมีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ เนื่องจากอิออนทุกชนิดมีค่าลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเค็มที่ลดลงตามระยะเวลาในการเลี้ยง จากการเติมน้ำจืดเข้าไปแต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาระดับความเค็มที่ต่ำสุด หรือปริมาณอิออนชนิดต่างๆ ในระดับต่ำสุดที่เหมาะสมเพื่อทำให้กุ้งกุลาดำมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตเป็นปกติ โดยทั่วไปการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำความเค็มเริ่มต้นสำหรับปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยงในบ่อจะไม่ต่ำกว่า 5 พีพีที (ชลอ, 2543) ซึ่ง Boyd *et al*. (2002) ได้กำหนดระดับปริมาณต่ำสุดของอิออนธาตุหลักที่ควรจะมีอยู่ในน้ำสำหรับความเค็ม 5 พีพีที คือ Ca^{2+} 58 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 196 มิลลิกรัมต่อลิตร K^+ 54 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^+ 1,522 มิลลิกรัมต่อลิตร HCO_3^- 92 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^- 2,755 มิลลิกรัมต่อลิตร และ SO_4^{2-} 392 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง Davis *et al*. (2004) กล่าวว่าปริมาณอิออนต่างๆ สำหรับการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำควรจะมีแร่ธาตุต่าง ๆ เป็นสัดส่วนใกล้เคียงกับน้ำทะเล คือ ที่ความเค็ม 1 พีพีที ควรจะมี Ca^{2+} 11.6 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 39.1 มิลลิกรัมต่อลิตร K^+ 10.7 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^+ 304.5 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^- 551 มิลลิกรัมต่อลิตร และ SO_4^{2-} 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ ปล่อยลูกกุ้งในคอกพลาสติกน้ำมีความเค็มเฉลี่ย 9.5-9.8 พีพีที ซึ่งอยู่ในระดับที่เพียงพอ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณอิออนในแต่ละชนิด พบว่าสัดส่วนของอิออนแต่ละชนิดไม่คล้ายกับน้ำทะเล

เมื่อเปรียบเทียบในระดับความเค็มที่เท่ากันโดยเฉพาะปริมาณ Mg^{2+} ในน้ำทะเลปกติจะมีมากกว่า Ca^{2+} ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนประมาณ 3.37 ต่อ 1 แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะมีปริมาณ Mg^{2+} ต่ำทำให้อัตราส่วนของ Mg^{2+} ต่อ Ca^{2+} ประมาณ 1.4 ต่อ 1 เท่านั้น ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากน้ำเค็มที่นำมาจากนาเกลือเพื่อใช้เป็นแหล่งความเค็มเริ่มต้นในการผสมกับน้ำจืดก่อนปล่อยลูกกุ้งมีอัตราส่วนแมกนีเซียมต่อแคลเซียมอยู่ในระดับเดียวกันนี้ และอาจจะมีสาเหตุมาจากปริมาณแคลเซียมจากดินพื้นบ่อทั้ง 2 ฟาร์มมีมากกว่าแมกนีเซียมในอัตราส่วนประมาณ 5 ต่อ 1 (ตารางที่ 16) ทำให้ปริมาณ Ca^{2+} ในน้ำมีมาก มีผลต่ออัตราส่วนของ Mg^{2+} และ Ca^{2+} ด้วย ส่วนปริมาณ Na^{+} จากน้ำเค็มที่นำมาจากนาเกลือและจากบ่อทดลองทั้ง 2 ฟาร์ม อยู่ในระดับที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเลปกติ ดังนั้นตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงปริมาณโซเดียมจึงมีสัดส่วนที่ต่ำกว่าสัดส่วนองค์ประกอบของ Na^{+} จากน้ำทะเล ซึ่งตั้งแต่ 30 วันเป็นต้นไป ปริมาณ Na^{+} จากบ่อเลี้ยงกุ้งในฟาร์มที่ 2 ซึ่งมีผลผลิตต่ำอยู่ในระดับเดียวกันกับน้ำทะเล ความเค็มประมาณ 2.5 พีพีที เท่านั้น และที่ 60 วัน จะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 2 พีพีที เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเล ซึ่งน่าจะมีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำในการศึกษาครั้ง ส่วนปริมาณ K^{+} ,Cl^{-} ,HCO_3^{-} และ SO_4^{2-} อยู่ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับน้ำทะเล เมื่อเทียบกับความเค็มที่เท่ากัน นอกจากอัตราส่วนของ Mg^{2+}ต่อ Ca^{2+}แล้ว Davis *et al*. (2004) ให้ความเห็นว่า Na^{+} และ Cl^{-} จะมีความสำคัญมากที่สุดในการปรับสมดุลของร่างกาย (osmoregulation) ถ้าน้ำมีความเค็มเพียงพอปริมาณ Ca^{2+} K^{+} และ Mg^{2+} จะเป็นอิออนที่สำคัญต่อการรอดตายของกุ้ง แต่ปริมาณอิออนที่กล่าวมานี้อาจจะมีจำกัดที่พบบ่อยครั้ง คือปริมาณ K^{+} จะมีน้อย และมีผลกระทบต่อกุ้งมากแม้ว่าน้ำที่มีใน Ca^{2+}ระดับสูงมีความจำเป็นแต่อัตราส่วนของ Ca^{2+}ต่อ K^{+} ก็ยังมีความสำคัญมากกว่า โดยควรจะมีอัตราส่วนประมาณ 1 ต่อ1 เช่นเดียวกับในน้ำทะเล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ อัตราส่วนของ Ca^{2+}ต่อ K^{+}จะมากกว่า 1 ต่อ 1 ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งทั้ง 2 ฟาร์ม โดยที่ปริมาณ K^{+}จะอยู่ในระดับใกล้เคียงกับน้ำทะเลที่ความเค็มเท่ากันแต่ Ca^{2+} จะมีปริมาณมากกว่าปกติตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว คือ น้ำจากนาเกลือที่มีอัตราส่วนดังกล่าว และปริมาณแคลเซียมในดินมีอยู่ในระดับสูง แต่ในระยะตั้งแต่ 60 วัน เป็นต้นไป ปริมาณ K^{+}อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เนื่องจากความเค็มที่ลดลง

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลปริมาณอิออนและความเค็มตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงจะเห็นข้อแตกต่างที่ชัดเจนมากที่สุดคือ ระดับความเค็มและปริมาณอิออนทุกชนิดในฟาร์มที่ 2 ซึ่งมีผลผลิตต่ำ จะลดลงอย่างรวดเร็วมากตั้งแต่ 30 วันเป็นต้นไป จนถึงระดับที่ปริมาณอิออนหลายชนิดเริ่มแตกต่างกัน จากฟาร์มที่ 1 และอยู่ในระดับต่ำซึ่งน่าจะมีผลต่อกุ้งกุลาดำในระยะนั้นที่ยังมีขนาดเล็ก

ในขณะที่ในฟาร์มที่ 1 ความเค็มและปริมาณอิออนชนิดต่าง ๆ ค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ กุ้งที่ยังมีขนาดเล็กมีโอกาสปรับตัวได้ทำให้อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งกุลาดำในฟาร์มที่ 2 โดยเฉพาะ Na^+ และ K^+ มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้ง *L. vanamei* (McGraw and Scarpa,2002) เช่นเดียวกับ Saoud *et al*. (2003) และ Davis *et al*. (2005) ที่รายงานว่าการขาด Mg^{2+}และ K^+ มีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง ปริมาณ Mg^{2+}และ K^+ ในระดับที่ต่ำทำให้ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายสูง (Rahman *et al*., 2005) Collius and Russell (2003) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ K^+ ในน้ำใต้ดินความเค็มต่ำ 3 พีพีที ที่มี K^+ 5.9 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้ประสบความสำเร็จได้แสดงว่า K^+ มีความสำคัญต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำส่วน McNevin *et al*. (2004) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ K^+ และ Mg^{2+} ในน้ำความเค็มต่ำอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง *L. vanamei* เพิ่มขึ้น ตามปกติสัตว์น้ำสามารถได้รับแร่ธาตุต่างๆ จากทั้งในน้ำและในอาหาร แต่จากการศึกษาของ Zhu *et al*. (2006) พบว่าการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในอาหารได้ผลน้อยมากในการเลี้ยงกุ้ง ในน้ำที่ขาด K^+ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณ K^+ ให้ได้ผลควรจะใช้การเติมลงไปในน้ำเท่านั้น เช่นเดียวกับ McGraw and Scarpa (2002) ที่กล่าวว่าอิออนหลักที่มีไม่เพียงพอไม่สามารถทดแทนได้โดยการเพิ่มปริมาณในอาหาร นอกจาก McGraw and Scarpa (2003) ที่กล่าวว่าอิออนหลักที่มีไม่เพียงพอไม่สามารถทดแทนได้โดยการเพิ่มปริมาณในอาหาร นอกจากการ เพิ่ม K^+ ในน้ำซึ่งควรจะเติมเกลือของโพแทสเซียม (potassium salts) เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า muriate of potash หรือ โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) จะเพิ่มปริมาณ K^+ ในน้ำให้อยู่ในระดับเหมาะสมคือไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถแก้ไขปัญหาอัตราการรอดตายของลูกกุ้งได้ (Boyd *et al*., 2002; Davis *et al*., 2004)

สำหรับคุณสมบัติของน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงทั้ง 2 ฟาร์ม แสดงไว้ในตารางที่ 19 คุณสมบัติน้ำทั่วไป จะไม่แตกต่างกันมากแต่ที่มีความสัมพันธ์กับความเค็ม โดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเลี้ยงทั้ง 2 ฟาร์ม โดยเฉพาะค่าความกระด้างจะลดลงตามระดับความเค็มที่ลดลง เนื่องจากความกระด้างของน้ำประกอบด้วย แมกนีเซียมและแคลเซียมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอิออนทั้ง 2 ชนิดนี้จะลดลงตามระยะเวลาในการเลี้ยง(ตารางที่ 17) มีผลทำให้ความกระด้างลดลงตามไปด้วย โดยเฉพาะในฟาร์มที่ 2 ซึ่งเป็นผลมาจากการเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อเลี้ยงมากกว่าในฟาร์มที่ 1 ตั้งแต่ 90 วันเป็นต้นไป ค่าความกระด้างของน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งทั้ง 2 ฟาร์มอยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่ง ชลอ และคณะ (2547) กล่าวว่าความกระด้างที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มไม่ควรจะต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อสังเกตคุณสมบัติของน้ำพารามิเตอร์อื่นๆ โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์จะเห็นได้ว่าที่ 60 วัน แอมโมเนีย-ไนโตรเจนจากฟาร์มที่มีผลิตปกติมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.088 มิลลิกรัมต่อลิตรในขณะที่ค่าเฉลี่ยจากฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำเท่ากับ 0.216 มิลลิกรัมต่อลิตร แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลต่อเนื่องทำให้ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนสูงกว่าบ่อที่มีผลผลิตดีกว่าซึ่งอาจจะเป็นเพราะปริมาณอาหารที่เหลือมีมากกว่า แสดงว่าปริมาณกุ้งอาจจะเริ่มลดลงหรือกินอาหารผิดปกติในช่วงเวลาระหว่าง 30-60 วัน

ตารางที่ 15 ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากจากฟาร์มที่มีผลิตปกติ (ฟาร์ม 1) และผลผลิตต่ำ(ฟาร์ม 2)

ผลการเลี้ยง	บ่อทดลอง	
	ผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	ผลผลิตต่ำ(ฟาร์ม 2)
อายุการเลี้ยง (วัน)	115.58 ± 7.87^{a}	121.42 ± 3.7^{b}
น้ำหนัก (กรัม)	14.69 ± 2.43^{a}	11.66 ± 2.41^{b}
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	899.08 ± 238.78^{a}	560.33 ± 68.46^{b}
สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนักน้อยกว่า 6 กรัม	4.67 ± 2.95^{a}	8.2 ± 3.16^{b}
สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนักมากกว่า 6 กรัม	95.3 ± 2.83^{a}	91.5 ± 3.11^{b}
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	0.129 ± 0.024^{a}	0.096 ± 0.021^{b}
อัตราการรอดตาย	70.8 ± 12.45^{a}	60.1 ± 17.1^{a}
อัตราแลกเนื้อ	1.38 ± 0.13^{a}	1.91 ± 0.19^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 16 แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี

	บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	**บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)**
องค์ประกอบเนื้อดิน(เปอร์เซ็นต์)		
- ทราย	18.08 ± 2.47 [a]	20.75 ± 3.194 [b]
- ทรายแป้ง	19.33±5.28 [a]	25.00± 7.21 [b]
- ดินเหนียว	62.33 ± 5.82 [a]	54.25± 6.48 [b]
สารอินทรีย์(เปอร์เซ็นต์)	2.11 ±1.66 [a]	1.26 ± 0.37 [a]
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	59.42 ±33.9 [a]	59.00 ±46.14 [a]
โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	255.83±57.75 [a]	235.83± 85.64 [a]
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	5,925.00 ±1,023.33 [a]	5,600.0 ±3,001.81 [a]
แมกนีเซียม(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1,166.67±179.43 [a]	1,023.33± 30.20 [a]
พีเอช	7.28 ± 0.32 [a]	7.28 ± 0.47 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของอิออนหลักในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

บ่อทดลอง	แคลเซียม (มก./ล)	แมกนีเซียม (มก./ล)	โซเดียม (มก./ล)	โพแทสเซียม (มก./ล)	คลอไรด์ (มก./ล)	ไบคาร์บอเนต (มก./ล)	ซัลเฟต (มก./ล)
ก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วัน							
บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	136.95 ± 25.71 [a]	187.16 ± 23.17 [a]	1,351.08 ± 18.42 [a]	89.38 ± 18.70 [a]	4,591.48 ± 1198.37 [a]	150.57± 19.02 [a]	973.92 ± 107.71 [a]
บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	126.73 ± 19.86 [a]	190.6 ± 29.48 [a]	1,371.50 ± 70.33 [a]	96.45 ± 25.37 [a]	4,916.17 ± 265.30 [a]	134.55± 15.04 [b]	1,013.92± 194.97 [a]
อายุ 5 วัน							
บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	111.52 ± 26.71 [a]	145.66 ± 37.09 [a]	1,184.00 ± 203.40 [a]	68.65 ± 13.81 [a]	3,136.5 ± 789.27 [a]	147.81± 20.09 [a]	699.42 ± 148.70 [a]
บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	104.00 ± 22.35 [a]	119.63 ± 28.62 [a]	1,185.33± 125.76 [a]	64.2 ± 19.69 [a]	3,081.33 ± 926.28 [a]	146.78± 20.28 [a]	682.58± 208.84 [a]
อายุ 30 วัน							
บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	97.18 ± 15.24 [a]	112.09 ± 42.47 [a]	895.58 ±166.23 [a]	40.68 ±10.76 [a]	2,078.58 ± 361.15 [a]	118.59 ± 24.53 [a]	612.17±127.44 [a]
บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	86.79± 19.12 [a]	78.83± 17.45 [b]	701.08 ±190.89 [b]	30.54 ±14.02 [a]	1,805.67 ± 410.29 [a]	102.33± 27.99 [a]	574.25± 127.22 [a]
อายุ 60 วัน							
บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	77.9 ± 17.21 [a]	83.62 ± 17.79 [a]	854.25± 114.79 [a]	30.49± 3.36 [a]	1,732.75 ± 374.40 [a]	113.35 ± 32.72 [a]	461.3 ±123.70 [a]
บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	71.49 ± 22.08 [a]	70.35± 16.23 [a]	549.08± 103.26 [b]	25.17 ± 6.20 [b]	1,531.50± 300.09 [a]	115.23 ± 43.37 [a]	483.77±152.38 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 17 (ต่อ)

บ่อทดลอง	แคลเซียม (มก./ล)	แมกนีเซียม (มก./ล)	โซเดียม (มก./ล)	โพแทสเซียม (มก./ล)	คลอไรด์ (มก./ล)	ไบคาร์บอเนต (มก./ล)	ซัลเฟต (มก./ล)
อายุ 90 วัน							
บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	62.88 ± 12.58 [a]	71.13 ± 16.23 [a]	759.64 ± 156.23 [a]	24.31 ± 4.15 [a]	1,423.58 ± 408.87 [a]	116.94 ± 19.54 [a]	287.28 ± 105.64 [a]
บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	57.40 ± 19.17 [a]	60.40 ± 13.14 [a]	454.57 ± 103.69 [b]	21.38 ± 5.73 [a]	1,210.92 ± 390.14 [a]	104.97 ± 21.79 [a]	338.48 ± 151.47 [a]
ก่อนจับกุ้ง 1 วัน							
บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	58.09± 9.79 [a]	67.94 ±17.30 [a]	706.37 ±148.10 [a]	22.25±4.36 [a]	1,287.58 ±290.10 [a]	92.92 ±7.18 [a]	317.09 ±111.29 [a]
บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)	49.17± 13.19 [a]	57.40 ±11.68 [a]	449.52 ±98.97 [b]	19.61 ±4.28 [a]	1,055.92 ±323.25 [a]	84.85 ±13.35 [a]	287.45 ±116.52 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 18 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วัน

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	5.33±0.36 [a]	5.65±0.22 [b]
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	6.30±0.46 [a]	6.96±0.26 [b]
พีเอช	เช้า	7.75±0.14 [a]	7.79±0.35 [a]
	บ่าย	8.01±0.10 [a]	8.05±0.13 [a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เช้า	25.9 ± 0.26 [a]	25.91 ± 0.34 [a]
	บ่าย	29.25± 0.74 [a]	29.55± 0.54 [a]
ความเค็ม (พีพีที)		9.5±1.06 [a]	9.83 ± 1.75 [a]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		154.22± 19.93 [a]	137.33± 18.18 [b]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		1,964.83 ± 490.76 [a]	2,171.75 ± 441.82 [a]
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.053 ± 0.35 [a]	0.058 ± 0.45 [a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.004 ± 0.037 [a]	0.003 ± 0.001 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 19 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 5 วัน

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	5.32±0.55 [a]	5.60±0.22 [a]
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	6.29±0.47 [a]	6.80±0.10 [b]
พีเอช	เช้า	7.88±0.10 [a]	7.93±0.12 [a]
	บ่าย	8.18±0.17 [a]	8.25±0.16 [a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เช้า	25.90 ± 0.27 [a]	25.82 ± 0.23 [a]
	บ่าย	29.36 ±0.78 [a]	29.45± 0.55 [a]
ความเค็ม (พีพีที)		5.18 ± 0.79 [a]	5.30 ± 0.63 [a]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		151.28 ± 20.44 [a]	151.92 ± 19.17 [a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		1,683.25 ± 534.39 [a]	1,878 ± 512.75 [a]
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.087 ± 0.082 [a]	0.075± 0.41 [a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.050 ± 0.035 [a]	0.034 ± 0.033 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 20 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 30 วัน

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	5.23±0.37 [a]	5.30±0.46 [a]
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	7.73±0.37 [a]	7.78±0.17 [a]
พีเอช	เช้า	7.94±0.12 [a]	7.87±0.18 [a]
	บ่าย	8.23±0.11 [a]	8.20±0.16 [a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เช้า	28.04 ± 0.21 [a]	27.91 ± 0.34 [a]
	บ่าย	30.43 ± 0.30 [a]	30.53 ± 0.29 [a]
ความเค็ม (พีพีที)		3.7 ± 0.68 [a]	3.5 ± 0.61 [a]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		123 ± 22.07 [a]	121.42 ± 22.75 [a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		1,318 ± 392.5 [a]	998.25 ± 135.27 [b]
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.086 ± 0.074 [a]	0.078 ± 0.032 [a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.035± 0.033 [a]	0.067 ±0.045 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 21 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 60 วัน

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	4.52±0.25 [a]	4.41±0.28 [a]
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	7.59±0.50 [a]	7.98±0.21 [a]
พีเอช	เช้า	7.97±0.91 [a]	8.00±0.08 [a]
	บ่าย	8.28±0.10 [a]	8.30±0.11 [a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เช้า	29.13 ± 0.20 [a]	29.1 ± 0.17 [a]
	บ่าย	31.07 ± 0.40 [a]	31.12± 0.24 [a]
ความเค็ม (พีพีที)		3.5 ± 0.73 [a]	3.13 ± 0.46 [a]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		121.42 ± 30.01 [a]	108 ± 24.25 [a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		949.58 ± 290.89 [a]	797.92 ± 108.86 [a]
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.088 ± 0.096 [a]	0.216 ± 0.209 [a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.014 ± 0.010 [b]	0.042 ± 0.038 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 22 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 90 วัน

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	3.97±0.34 [a]	3.79±0.19 [a]
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	7.62±0.43 [a]	7.95±0.12 [a]
พีเอช	เช้า	7.92±0.09 [a]	7.98±0.15 [a]
	บ่าย	8.21±0.11 [a]	8.31±0.16 [a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เช้า	29.1 ± 0.24 [a]	30.0 ± 0.36 [b]
	บ่าย	31.07± 0.39 [a]	31.0± 0.33 [a]
ความเค็ม (พีพีที)		3.3 ± 0.37 [a]	2.2 ± 0.39 [b]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		99.08 ± 14.36 [a]	92.33 ± 17.11 [a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		736.08 ± 224.63 [a]	616.25 ± 147.32 [a]
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.299 ± 0.24 [a]	0.297 ± 0.24 [a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.052 ± 0.088 [a]	0.035 ± 0.039 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 23 แสดงคุณภาพน้ำก่อนจับกุ้งกุลาดำ 1 วัน

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อทดลอง	
		บ่อที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)	บ่อที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	เช้า	3.9±0.21 [a]	3.95±0.19 [a]
(มิลลิกรัม/ลิตร)	บ่าย	7.78±0.42 [a]	8.13±0.29 [a]
พีเอช	เช้า	7.93±0.21 [a]	7.99±0.17 [a]
	บ่าย	8.2±0.24 [a]	8.32±0.13 [a]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เช้า	30.0 ± 0.28 [a]	30.23 ± 0.43 [a]
	บ่าย	32.16± 0.34 [a]	32.10± 0.33 [a]
ความเค็ม (พีพีที)		2.9 ± 0.38 [a]	1.37 ± 0.37 [b]
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)		94.67 ± 12.64 [a]	87.25 ± 16.14 [a]
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)		607.67 ± 198.48 [a]	498.75 ± 134.72 [a]
ปริมาณแอมโมเนียรวม(มิลลิกรัม/ลิตร)		0.302 ± 0.48 [a]	0.452 ± 0.57 [a]
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)		0.096 ± 0.187 [a]	0.034 ± 0.032 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ(5 พีพีที) จากแหล่งต่างกันพบว่า กุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตสูงสุด คือ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 87.50 เปอร์เซ็นต์และมีน้ำหนักกุ้งเฉลี่ย 3.98 กรัม รองลงมาคือ น้ำบาดาลมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 83.77 เปอร์เซ็นต์และมีน้ำหนักกุ้งเฉลี่ย 3.78 กรัม น้ำทะเลมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 75.83 เปอร์เซ็นต์และมีน้ำหนักกุ้งเฉลี่ย 3.48 กรัมตามลำดับ ปริมาณอิออนสำคัญของน้ำทั้ง 3 แหล่งพบว่าไม่แตกต่างกันส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำเกลือและน้ำแร่ธาตุตายหมดภายในเวลา 48 ชั่วโมง คือ Ca^{2+} 78-95 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 117-124 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^{+} 938-1,019 มิลลิกรัมต่อลิตร K^{+} 34-38 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^{-} 1,641-1,711 มิลลิกรัมต่อลิตร HCO_3^{-} 112-116 มิลลิกรัมต่อลิตร และ SO_4^{2-} 217-250 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำนาเกลือที่เจือจางด้วยน้ำจืดให้มีระดับความเค็มแตกต่างกัน โดยมีกลุ่มควบคุมคือน้ำทะเลเจือจางที่ความเค็ม 10 พีพีที ผลการศึกษาน้ำนาเกลือและน้ำทะเลที่ความเค็ม 10 พีพีที ไม่แตกต่างกันโดยมีอัตราการรอดตาย 96.7 เปอร์เซ็นต์และ 96.2 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนัก 3.96 กรัมและ 3.68 กรัมตามลำดับ ปริมาณอิออนที่สำคัญจากน้ำนาเกลือและน้ำทะเลที่ความเค็ม 10 พีพีทีจะมี Ca^{2+} ประมาณ 98 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 208 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^{+} 1,652 มิลลิกรัมต่อลิตร K^{+} 70 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^{-} 3,458 มิลลิกรัมต่อลิตร HCO_3^{-} 110 มิลลิกรัมต่อลิตรและ SO_4^{2-} 614 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ความเค็ม 5 พีพีที ซึ่งนิยมใช้ในการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำในปัจจุบันมีอัตราการรอดตายประมาณ 84.7 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณอิออนเฉลี่ยดังนี้ Ca^{2+} 95.7 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 150.9 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^{+} 963.6 มิลลิกรัมต่อลิตร K^{+} 38.7 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^{-} 1,826.1 มิลลิกรัมต่อลิตร HCO_3^{-} 108 มิลลิกรัมต่อลิตรและ SO_4^{2-} 306.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. ผลการศึกษาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ 5 พีพีที โดยใช้น้ำนาเกลือผสมกับน้ำจืดที่จังหวัดราชบุรีกับการเลี้ยงโดยใช้น้ำเค็มบาดาลผสมกับน้ำจืดที่ความเค็มเท่ากันในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้ผลดังนี้ที่จังหวัดราชบุรี จับกุ้งที่ 122 วัน มีผลผลิต 1,010.88 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักกุ้ง 19.03 กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.15 กรัมต่อวัน อัตราการรอดตาย 85.33 เปอร์เซ็นต์ และ

อัตราแลกเนื้อ 1.4 ส่วน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จับกุ้งที่ 147 วัน ผลผลิต 1,665 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักกุ้ง 31.19 กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.21 กรัมต่อวัน อัตราการรอดตาย 85.47 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการแลกเนื้อ 1.73 ปริมาณอิออนที่สำคัญไม่แตกต่างกันในระยะแรกที่ปล่อยลูกกุ้งทำให้อัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน แต่การจัดการในด้านการให้อากาศและควบคุมคุณภาพน้ำและพื้นบ่อในระหว่างการเลี้ยงที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีประสิทธิภาพดีกว่าโดยเฉพาะพื้นบ่อทำให้สามารถเลี้ยงได้เป็นระยะเวลานานกว่าและกุ้งมีขนาดโตกว่า

4. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณอิออนที่แตกต่างกันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ฟาร์ม ฟาร์มละ 12 บ่อ ที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันใน อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ฟาร์มที่ 1 มีผลผลิตปกติ ในขณะที่ฟาร์มที่ 2 มีผลผลิตต่ำ เลี้ยงโดยปล่อยลูกกุ้งกุลาดำในอัตราความหนาแน่น 80,000 ตัวต่อไร่ ในคอกพลาสติกความเค็ม 8-10 พีพีที อนุบาลนาน 3 วันแล้วปล่อยลูกกุ้งออก วัดปริมาณอิออนสำคัญตลอดการเลี้ยงพบว่า ค่าเฉลี่ยจาก 12 บ่อในฟาร์มที่ 1 มีผลผลิต 899 กิโลกรัมต่อไร่สูงกว่าฟาร์มที่ 2 ที่มีผลผลิตเพียง 560 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งน้ำหนักกุ้ง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเนื้อ ส่วนการวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการรอดตายผลผลิตและการเจริญเติบโตน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณอิออนหลาย ๆ ชนิดรวมกันโดยเฉพาะ Na^{+} Mg^{2+} และ K^{+} ปริมาณอิออนหลักนี้เริ่มแตกต่างกัน คือ เมื่ออายุ 30 วัน ปริมาณ Na^{+} และ Mg^{2+} จากฟาร์มที่ 2 จะต่ำกว่าฟาร์มที่ 1 เนื่องจาก การเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อมากกว่าเพราะบ่อรั่วซึมมากกว่าจากคุณสมบัติเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าและดินทรายมากกว่า โดยเฉพาะช่วงท้าย ๆ ความเค็มจากฟาร์มที่ 2 จะลดต่ำมากทำให้ปริมาณอิออนต่าง ๆ ลดลงมาก เช่น Na^{+} และ K^{+}

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่อาจมีปริมาณแร่ธาตุแตกต่างกัน บางแหล่งอาจมีแร่ธาตุหลักไม่เพียงพอต่างจากน้ำบาดาลที่ใช้ในการทดลองนี้ อีกทั้งบางแหล่งอาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ การจะนำน้ำบาดาลมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง จำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุตลอดจนการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำบาดาลนั้นๆ ก่อนจะนำมาใช้ นอกจากนี้พื้นที่ที่จะสามารถนำน้ำบาดาลมาใช้เลี้ยงนั้นจะต้องเป็นพื้นที่ที่รัฐบาลอนุญาต ให้สามารถนำน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์ได้ มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนบริเวณนั้นได้

2. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำหรือกุ้งทะเลชนิดอื่น ๆ ด้วยน้ำความเค็มต่ำ ไม่ควรปล่อยลูกกุ้งในน้ำนาเกลือที่เจือจางด้วยน้ำจืดที่ความเค็มต่ำกว่า 5 พีพีที และควรจะมีสัดส่วนของอิออนสำคัญใกล้เคียงกับน้ำทะเล คือ Cl^- 2,755 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^+ 1,522 มิลลิกรัมต่อลิตร SO_4^{2-} 392 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} 132 มิลลิกรัมต่อลิตร Ca^{2+} 58 มิลลิกรัมต่อลิตร K^+ 54 มิลลิกรัมต่อลิตร HCO_3^- 92 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าสัดส่วนไม่คล้ายกับน้ำทะลแต่มีปริมาณอิออน Na^+ Ca^{2+} Mg^{2+} และ K^+ มากพอ ไม่น่าจะมีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตมาก โดยเฉพาะปริมาณ K^+ ควรจะไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. การลดความเค็มของน้ำระหว่างการเลี้ยง โดยเฉพาะในระยะแรก ๆ ควรจะเป็นไปอย่างช้า ๆ เพื่อรักษาระดับปริมาณอิออนที่สำคัญให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเป็นเวลานาน เพราะจะมีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งและในระหว่างการเลี้ยงถ้ามีปริมาณกุ้งอย่างหนาแน่นควรรักษาระดับความเค็มไม่ให้ต่ำกว่า 3 พีพีที ในกรณีที่ K^+ ต่ำควรจะเติม KCl หรือ K_2SO_4 เพื่อเพิ่ม K^+ ใหอยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนถ้ามี Mg^{2+} ต่ำควรจะเติม $MgSO_4$ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตได้

4. ควรมีการจัดการเรื่องพื้นบ่อโดยเฉพาะการให้อากาศต้องอยู่ในระดับที่เพียงพอที่จะทำให้พื้นบ่อสะอาดด้วยจึงจะเลี้ยงกุ้งได้ผลตามเป้าหมาย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ. 730 น.

_____. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 730 น.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2534. **คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. สำนักพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, กรุงเทพฯ. 202 .

_____. 2543. **กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**. เจริญรัตน์การพิมพ์. 260 น.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, ธีระ เล็กชลยุทธ, วราห์ เทพาหุดี, นิติ ชูเชิด, พรเลิศ จันทร์รัชชกูล และเต็มดวง สมศิริ. 2541. **การวิจัยเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบยั่งยืนในพื้นที่น้ำจืด**. รายงานการวิจัยสนับสนุนโดยบริษัทวิจัย และพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้ง จำกัด และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.** บริษัท เมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ. 206 น.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, วราห์ เทพาหุดี, นิติ ชูเชิด, และพรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547**. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิดแบบต่างๆ** . สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 23 น.

ชวนพิศ สิทธิมังค์, มลฤดี นิพันธ์พงษ์ และ กฤตยา ศรีจันทึก. 2539. การศึกษาวิเคราะห์ธุรกิจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตน้ำจืด. **เอกสารวิชาการ**ฉบับที่ 12/2535 กองเศรษฐกิจการประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ. 63 น.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 177 น.

ธัญญนันท์ สุนทรมังคโล. 2547. **ผลของปริมาณการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และสุรเดช จินตกานนท์. 2537. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 126 น.

นิธิศ ภัทรกุลชัย. 2546. นโยบายพัฒนาการเลี้ยงกุ้งคุณภาพเพื่อการบริโภคและการส่งออกในพื้นที่น้ำจืด. น. 53-62 *ใน* สุรศักดิ์ ดิลกเกียรติ. **กุ้งไทย ก้าวใหม่สู่หนึ่งในผู้นำกุ้งโลกอย่างยั่งยืน**. โรงพิมพ์ ก. พล, กรุงเทพฯ.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2545. ความสำคัญของแร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้ง. **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ** บริษัทชิสเคมแอคร์คัลเจอร์รัล จำกัด, กรุงเทพฯ.

ประจวบ หลำอุบล. 2537. **สรีรวิทยาของกุ้ง**. เจริญรัตน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. 310 น.

ประเทือง เชาวันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 86 น.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2537. สหสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรคุณภาพน้ำกับข้อมูลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในเขตอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. **เอกสารวิชาการ**ฉบับที่ 10/2537. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, สงขลา. 11 น.

_____. 2546. ออกซิเจนกับการจัดการเลี้ยงกุ้งและการพัฒนา. หน้า 229-244. *ใน* **กุ้งไทยก้าวใหม่สู่หนึ่งในผู้นำกุ้งโลกอย่างยั่งยืน**.

ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และ คณิต ไชยยาคำ. 2537. ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ. **เอกสารวิชาการ**ฉบับที่ 7/2537. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, สงขลา. 39 น.

ยอดยิ่ง เทพธรานนท์. 2532. การปรับปรุงสภาวะดินกรด สภาพก้นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำและคุณภาพน้ำ. **เอกสารสัมมนาเรื่องแนวทางกู้สถานการณ์กุ้งกุลาดำ**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 38 น.

ลวไมย สาวะรก. 2546. **การศึกษาการใช้แร่ธาตุผสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 74 น.

วีรพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. **อาหารปลา**. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, กรุงเทพฯ. 216 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.

สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง. 2542. **คู่มือการจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งในกลุ่มประเทศอาเซียน**. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, กรุงเทพฯ. 31 น.

สถาพร ดิเรกบุษราคัม. 2545**. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่องเทคนิคฝ่าวิกฤตภัยการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแก่เกษตร**. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. นครศรีธรรมราช.

สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. 2545. การส่งออกกุ้งแช่เยือกแข็งไทย. วารสารสมาคมแช่เยือกแข็งไทย 5(2): 4-6

สมฤดี ศิลาฤดี. 2545**. การศึกษาชนิดและปริมาณของแบคทีเรีย แพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำในนาเกลือ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาธิต ประเสริฐศรี. 2549. **การศึกษาเปรียบเทียบระบบการให้อากาศต่างๆ กันเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและพื้นบ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ*(Penaeus monodon* **Fabricius)ในระบบปิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริ ทุกข์วินาศ. 2528. **วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำและวิธีเคราะห์คุณสมบัติบางประการของน้ำทางเคมีและฟิสิกส์เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง**. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 52 น.

สุรเดช จินตกานนท์. 2530. **ความสมบูรณ์ของดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 61 น.

สุริยา สาสนรักกิจ. 2547. สมดุลของแร่ธาตุในน้ำและดินสำหรับการเลี้ยงกุ้ง. **เอกสารงานวันกุ้งไทย** ครั้งที่ 14 ชมรมผู้เลี้ยงกุ้งสุราษฎร์ธานี : 83-52

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2542. **การพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศในประเทศไทย ช่วงปี 2528-2538**. สำนักงานสถิติแห่งชาติ, สำนักนายกรัฐมนตรี. 68 น.

สำเนา เพชรฉวี. 2536. การนำผลการวิเคราะห์ดินมาใช้ในการพิจารณาแก้ไขและปรับปรุงดิน. **วารสารดินและปุ๋ย** 25(2): 82-92

อรพรรณ เล่นวารี. 2547. **อัตราที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality in Management for Fish Pond Culture**. Elservier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Netherlands. 318 p.

_____. 1987**. Evaluation of Water Quality and Water Quality Management Techniques for Backishwater Aquaculture in Ponds in Thailand**. Report for the Asian Development Bank, Manila, Philippines. 29 p.

_____ . 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming**. Fisheries and Allied Aquaculture Departmental Series No. 2. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama. 83 p.

Boyd, C.E. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama Agriculture Experiment Station. Auburn University, Auburn, Alabama. 482 p.

_____. 1995. **Bottom Soil, Sediment and Pond Aquaculture.** Chapman and Hall, New York. 348 p.

_____. 2001. Inland shrimp farming and the environment. **World Aquaculture**. 32(1):10-12.

_____. and A.W. Fast. 1992. Pond monitoring and management, pp. 497-513. *In* A.W. Fast and L.J. Lester(eds). **Marine Shrimp Culture**. **Principles and Practices**. Elsevier Science B.V., Amsterdam.

_____. and C.S. Tucker. 1998. **Pond Aqauculture Water Quality Management**. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

_____., T. Thunjai and M. Boonyaratpalin . 2002. Dissolved salts in water for inland low-salinity shrimp culture. . **Glob Aquac. Advocate**. 5(3) : 40-45.

Chanratchakool, P., J.E. Turnbull, S. Funge-Smith and C.Limsuwan. 1995. **Health Management in Shrimp Ponds**. Second Edition. Aquatic Animal Health Reseach Institute. 111 p.

Chiang, P., C.H. Huo and C.F. Liu. 1989. **Pond Preparation for Shrimp Growth-out** , Paper Presented at Shrimp Farmer Workshop. 8-10 August 1989. Songkhla Province, Thailand, Thai Department and American Soybean Assosiation, Bangkok. 25 p.

Davis D.A., T.M. Samocha and CE. Boyd. 2004. **Acclimating Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vanamei,* to Inland, Low-Salinity Waters**. Southern Regional Aqaculture Center Publication No. 2601.

Fielder, D.S., W.J. Bardsley and G.F. Allan. 2001. Survival and growth of Australian snapper *Pagrus auratus*, in saline groundwater from inland New South Wales, Australia. **Aquaculture** 201: 73-90.

Forsberg.J.A., and W.H. Neill. 1997. Saline groundwater as aquaculture medium : Physiological studies on red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Envir. Biol. Fishes** 49 : 119-128.

Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot and R. Metailler. 2001. **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans**. Praxis Publishing Ltd., Chishester. 408p.

Jackson, M. L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 498 p.

Jain, A.K., K.D. Raju and A.R.T. Arasu. 2002. Saline water resources of Rajasthan and their suitability for brackish water aquacullture . **Fishing Chimes** 22: 7-13.

Kungvankij, P., P. TE. Chua, J. Pudadera, G. Corres, LB. Tibo, Io. Potestas, GA. Taleona and JN. Paw. 1986. Shrimp culture:pond design operation and management. p 86 . *In* **Asia (NACA), Region Lead Center in Philippines(RLCP)**. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Network of Aqauculture Center. Iloilo, Philippines.

Lawson, T.B. 1995. **Fundamentals of Aquaculture Engineering**. Chapman & Hall. New York. 355 p.

Ling, S-W. 1977. **Aqauculture in Southeast Asia a Historical Overview**. Washington sea grant publication, University of Washington. 108 p.

Leopold, L.B. 1974. **Water**. W.H. Freeman and Company, Sea Francico. 172 p.

Lovell, T. 1989. **Nutrition and Feeding of Fish.** Van Nostrand Reinhold, New York. 260 p.

Lui, C.I. 1989. Shrimp disease, prevention and treatment. *In* Dean M. Akiyama ed. **Proceeding of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop.** American soybean Association. Singapore

Mairs, D.F. 1966. A total alkalinity atlas for marine lake water. **Limnol. Oceanogr.** 11:68-72.

McGraw, W.J., and J. Scarpa. 2002. Determining ion concentrations for *Litopenaeus vannamei* culture in fresh water. **Glob. Aquac. Advocate**. 5(3):36-38.

_____. 2003. Minimun environmental potassium for survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in freshwater. **J. shellfish Res**. 22(1):263-267.

McNevin, A.A., C.E. Boyd, O. Sililapajarn, K. Sililapajarn. 2004. Ionic supplementation of pond waters for inland culture of marine shrimp. **J. World Aquac. Soc**. 35:450-467

Nunes, A.J.P. and C.V. Lopez. 2001. Low-salinity. Inland shrimp culture in Brazil and Ecuador economic, disease issues move farm away from coasts. **Glob. Aquac. Advocate**. 5 : 62-65.

Rahman, S.U., A.K. Jain, A.K. Reddy, G. Kumar and K.D. Raju. 2005. Ionic manipulation of inland saline groundwater for enhancing survival and growth of *Penaeus monodon* (Fabricius). **Aqauc. Res**. 36:1149-1156.

Saoud, I.P., D.A., Davis, D.B. Rouse. 2003. Suitability studies of in land well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aqauculture**. 217: 373-383.

Silva, J.J.R. Frausto da and R.J.P. Williams. 2001. **The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life**. Oxford University Press Inc, New York. 575 p.

Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.).** McGraw-Hill Inc., New York.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin 167 (second edition)**. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.

Treece, G. 2002. Inland shrimp farming in West Texas, USA. **Glob. Aquac. Advocate.** 3: 46-47.

Wang, J.K. 1990. Managing shrimp pond water to reduce dischanrge problems. **Aquac. Eng.** 9:61-73

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci**. 37:29-37.

Wickins, J.F. 1985. **Ammonia Production and Oxidation during the Culture of Marine Prawns and Laboratory System**. Aquaculture Engineering. USA. 190 p.

Wickins, J.F. and Daniel O'C. Lee. 2002. **Crustacean Farming Ranching and Culture**. Blackwell Science Ltd, UK. 446 p.

Zhu, C.B., S.-L. Dong, F.Wang, H.-H. Zhang. 2006. Effects of seawater potassium concentration on the dietary potassium requirement of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**. 258:543-550.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 การคัดเลือกลูกกุ้งและนับลูกกุ้งก่อนนำมาเลี้ยงในบ่อทดลอง

ภาพผนวกที่ 2 การปล่อยลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา 15 ลงเลี้ยงในบ่อ

ภาพผนวกที่ 3 บ่อทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2

ภาพผนวกที่ 4 การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อทดลอง

ภาพผนวกที่ 5 การปล่อยกุ้งในการทดลองที่ 3

ภาพผนวกที่ 6 การเติมน้ำในระหว่างการเลี้ยงในการทดลองที่ 3

ภาพผนวกที่ 7 กุ้งกุลาดำที่จับจากบ่อทดลอง จ. ราชบุรี

ภาพผนวกที่ 8 กุ้งกุลาดำที่จับจากบ่อทดลอง จ. ประจวบคีรีขันธ์

ภาพผนวกที่ 9 การวางเครื่องให้อากาศของบ่อทดลอง จ. ประจวบคีรีขันธ์

ภาพผนวกที่ 10 การวางเครื่องให้อากาศของบ่อทดลอง จ.ราชบุรี

ตารางผนวกที่ 1 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำทะเล (5 พีพีที) ในการทดลองตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.2	30.2	6.0	10.68	7.54	141	1,243	0.0050	0.0000
	2	26.2	30.2	6.0	10.68	7.53	142	1,241	0.0062	0.0000
	3	26.2	30.2	6.0	10.68	7.51	142	1,242	0.0124	0.0000
6	1	26.0	30.0	6.0	10.66	7.55	141	1,235	0.0095	0.0003
	2	26.1	30.1	6.0	10.66	7.54	141	1,237	0.0125	0.0002
	3	26.0	30.0	6.0	10.66	7.52	141	1,232	0.0135	0.0003
9	1	26.2	30.2	5.9	10.50	7.55	136	1,222	0.0164	0.0010
	2	26.1	30.1	5.9	10.50	7.55	136	1,223	0.0197	0.0005
	3	26.2	30.2	5.9	10.50	7.53	137	1,221	0.0184	0.0005
12	1	26.2	30.2	5.9	10.48	7.56	135	1,216	0.0178	0.0015
	2	26.3	30.3	5.9	10.48	7.56	134	1,217	0.0204	0.0013
	3	26.2	30.2	5.9	10.48	7.56	134	1,215	0.0235	0.0014
15	1	26.3	30.3	5.8	10.33	7.57	133	1,205	0.0216	0.0025
	2	26.3	30.3	5.8	10.33	7.57	132	1,207	0.0248	0.0023
	3	26.3	30.3	5.8	10.33	7.58	132	1,203	0.0287	0.0024

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.4	30.4	5.8	10.31	7.58	130	1,201	0.0305	0.0053
	2	26.4	30.4	5.7	10.17	7.58	130	1,202	0.0314	0.0055
	3	26.4	30.4	5.7	10.17	7.59	130	1,198	0.0317	0.0057
21	1	26.6	30.6	5.7	10.15	7.59	128	1,198	0.0358	0.0061
	2	26.6	30.6	5.7	10.15	7.59	128	1,220	0.0368	0.0084
	3	26.6	30.6	5.6	9.97	7.59	128	1,195	0.0379	0.0084
24	1	26.7	30.7	5.6	9.97	7.61	127	1,182	0.0428	0.0080
	2	26.8	30.8	5.6	9.97	7.60	127	1,192	0.0479	0.0112
	3	26.8	30.8	5.6	9.96	7.61	127	1,190	0.0502	0.0112
27	1	26.8	30.8	5.5	9.79	7.62	125	1,176	0.0687	0.0182
	2	26.7	30.7	5.5	9.79	7.61	126	1,182	0.0694	0.0154
	3	26.8	30.8	5.6	9.95	7.62	126	1,184	0.0694	0.0161
30	1	26.9	30.9	5.5	9.77	7.64	124.	1,170	0.0815	0.0214
	2	26.9	30.9	5.4	9.62	7.63	125	1,171	0.0856	0.0234
	3	26.9	30.9	5.5	9.77	7.63	124	1,177	0.0834	0.0214

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	27.0	31.0	5.4	9.61	7.65	123	1,165	0.0876	0.0277
	2	26.9	30.9	5.4	9.60	7.65	124	1,166	0.0902	0.0246
	3	26.9	30.9	5.4	9.60	7.64	123	1,170	0.0869	0.0277
36	1	27.1	31.1	5.3	9.44	7.66	122	1,160	0.1008	0.0286
	2	27.1	31.1	5.3	9.44	7.67	123	1,162	0.1045	0.0294
	3	27.1	31.1	5.4	9.58	7.65	122	1,165	0.1067	0.0281
39	1	27.1	31.1	5.3	9.42	7.68	120	1,154	0.1546	0.0292
	2	27.1	31.1	5.3	9.42	7.69	121	1,155	0.1789	0.0312
	3	27.1	31.1	5.3	9.43	7.67	121	1,158	0.1642	0.0390
42	1	27.2	31.2	5.2	9.26	7.68	118	1,147	0.2456	0.0324
	2	27.3	31.3	5.2	9.26	7.69	119	1,149	0.2897	0.0359
	3	27.2	31.2	5.2	9.26	7.67	119	1,150	0.2641	0.0412
45	1	27.3	31.3	5.2	9.24	7.70	115	1,135	0.3256	0.0369
	2	27.3	31.3	5.1	9.17	7.70	117	1,138	0.4008	0.0399
	3	27.2	31.2	5.2	9.17	7.69	117	1,144	0.4153	0.0484

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	27.2	31.2	5.1	9.17	7.73	115	1,128	0.3784	0.0434
	2	27.2	31.2	5.1	9.15	7.75	115	1,130	0.4115	0.0453
	3	27.2	31.2	5.1	9.15	7.75	113	1,132	0.4351	0.0493
51	1	27.1	31.1	5.0	8.87	7.78	113	1,122	0.4257	0.0456
	2	27.1	31.1	5.0	8.87	7.76	114	1,125	0.4578	0.0481
	3	27.2	31.2	5.0	8.87	7.78	112	1,127	0.4921	0.0508
54	1	27.3	31.3	4.9	8.72	7.80	112	1,118	0.4862	0.0471
	2	27.3	31.3	4.9	8.72	7.78	113	1,120	0.5012	0.0471
	3	27.3	31.3	4.9	8.72	7.81	111	1,121	0.5147	0.0516
57	1	27.3	31.3	4.8	8.55	7.83	111	1,105	0.6124	0.0534
	2	27.3	31.3	4.8	8.55	7.81	112	1,114	0.6874	0.0546
	3	27.4	31.4	4.8	8.55	7.84	110	1,110	0.6214	0.0526
60	1	27.2	31.2	4.7	8.37	7.85	108	1,080	0.8751	0.0629
	2	27.2	31.2	4.7	8.37	7.83	110	1,084	0.8912	0.0638
	3	27.1	31.1	4.7	8.37	7.87	108	1,083	0.8453	0.0640

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	27.2	31.2	4.6	8.15	7.85	108	1,068	0.8924	0.0716
	2	27.1	31.1	4.6	8.15	7.85	109	1,066	0.9001	0.0716
	3	27.1	31.1	4.6	8.15	7.89	107	1,061	0.8614	0.0721
66	1	27.0	31.0	4.5	8.01	7.92	108	1,032	0.9004	0.0745
	2	27.0	31.0	4.5	8.01	7.95	108	1,033	0.9016	0.0765
	3	27.0	31.0	4.5	8.01	7.98	106	1,035	0.8974	0.0795
69	1	26.7	30.7	4.4	7.83	8.02	107	1,022	0.9154	0.0854
	2	26.6	30.6	4.4	7.83	8.06	107	1,025	0.9168	0.0895
	3	26.7	30.7	4.4	7.83	8.09	106	1,027	0.9204	0.0845

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 2 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ (5 พีพีที) ในการทดลองตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.3	30.3	6.0	10.67	7.56	141	1,262	0.0155	0.0000
	2	26.2	30.2	6.0	10.67	7.55	142	1,265	0.0176	0.0000
	3	26.3	30.3	6.0	10.67	7.53	143	1,270	0.0168	0.0000
6	1	26.1	30.1	6.0	10.65	7.56	140	1,249	0.0178	0.0009
	2	26.0	30.0	6.0	10.65	7.56	140	1,257	0.0185	0.0003
	3	26.0	30.0	6.0	10.65	7.55	142	1,239	0.0187	0.0003
9	1	26.1	30.1	5.9	10.48	7.58	137	1,229	0.0189	0.0016
	2	26.1	30.1	5.9	10.48	7.57	135	1,230	0.0194	0.0017
	3	26.2	30.2	5.9	10.48	7.57	138	1,214	0.0198	0.0015
12	1	26.3	30.3	5.9	10.47	7.59	135	1,202	0.0192	0.0081
	2	26.2	30.2	5.9	10.47	7.57	133	1,217	0.0218	0.0082
	3	26.2	30.2	5.9	10.47	7.58	134	1,207	0.0241	0.0081
15	1	26.3	30.3	5.8	10.31	7.60	134	1,200	0.0248	0.0099
	2	26.2	30.2	5.8	10.31	7.59	132	1,211	0.0287	0.0095
	3	26.3	30.3	5.8	10.31	7.60	132	1,203	0.0286	0.0096

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.4	30.5	5.7	10.16	7.61	133	1,197	0.0384	0.0112
	2	26.5	30.4	5.8	10.29	7.61	130	1,201	0.0391	0.0111
	3	26.4	30.4	5.7	10.16	7.62	130	1,200	0.0395	0.0114
21	1	26.5	30.5	5.7	10.14	7.63	130	1,195	0.0594	0.0125
	2	26.6	30.6	5.7	10.15	7.62	128	1,197	0.0612	0.0122
	3	26.6	30.6	5.7	10.14	7.63	129	1,195	0.0684	0.0124
24	1	26.8	30.8	5.6	9.97	7.65	127	1,184	0.0789	0.0144
	2	26.7	30.7	5.7	10.13	7.63	126	1,187	0.0814	0.0146
	3	26.8	30.8	5.6	9.97	7.65	127	1,186	0.0842	0.0141
27	1	26.7	30.7	5.5	9.79	7.67	126	1,179	0.0845	0.0269
	2	26.8	30.8	5.6	9.98	7.65	125	1,175	0.0918	0.0253
	3	26.7	30.7	5.5	9.79	7.67	125	1,180	0.0987	0.0218
30	1	27.0	31.0	5.5	9.77	7.68	124	1,162	0.0941	0.0297
	2	27.0	31.0	5.5	9.78	7.67	124	1,163	0.0987	0.0286
	3	26.9	30.9	5.4	9.61	7.69	124	1,168	0.1090	0.0284

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	27.0	31.0	5.4	9.61	7.70	123	1,150	0.1258	0.0375
	2	27.0	31.0	5.4	9.61	7.69	122	1,152	0.1157	0.0332
	3	27.0	31.0	5.3	9.44	7.71	123	1,157	0.1278	0.0000
36	1	27.2	31.2	5.3	9.44	7.72	122	1,146	0.2489	0.0387
	2	27.1	31.1	5.3	9.44	7.72	121	1,147	0.2687	0.0387
	3	27.1	31.1	5.2	9.27	7.73	121	1,150	0.2159	0.0315
39	1	27.1	31.1	5.3	9.28	7.73	121	1,142	0.3587	0.0391
	2	27.2	31.2	5.2	9.26	7.74	120	1,143	0.3126	0.0399
	3	27.1	31.1	5.2	9.30	7.75	120	1,146	0.3785	0.0346
42	1	27.2	31.2	5.2	9.27	7.76	118	1,137	0.4957	0.0425
	2	27.2	31.3	5.1	9.16	7.77	119	1,138	0.4246	0.0435
	3	27.2	31.2	5.1	9.16	7.77	119	1,140	0.4948	0.0418
45	1	27.2	31.3	5.1	9.17	7.79	115	1,134	0.5761	0.0449
	2	27.2	31.3	5.1	9.15	7.79	117	1,135	0.5049	0.0449
	3	27.3	31.2	5.0	8.90	7.80	117	1,135	0.5007	0.0487

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	27.3	31.2	5.1	9.14	7.81	114	1,129	0.6218	0.0562
	2	27.3	31.2	5.0	8.90	7.82	115.	1,130	0.6471	0.0587
	3	27.2	31.2	5.0	8.87	7.82	113	1,130	0.6342	0.0596
51	1	27.1	31.1	5.0	8.87	7.83	113	1,124	0.7008	0.0647
	2	27.2	31.1	4.9	8.72	7.85	114	1,126	0.7013	0.0618
	3	27.1	31.2	4.9	8.72	7.84	112	1,126	0.6842	0.0646
54	1	27.3	31.3	4.9	8.72	7.85	112	1,115	0.7215	0.0658
	2	27.3	31.3	4.8	8.55	7.87	113	1,118	0.7168	0.0696
	3	27.3	31.3	4.8	8.55	7.87	111	1,118	0.7002	0.0651
57	1	27.4	31.3	4.8	8.55	7.88	112	1,108	0.7589	0.0684
	2	27.4	31.3	4.7	8.37	7.89	112	1,110	0.7618	0.0706
	3	27.3	31.4	4.7	8.37	7.91	110	1,110	0.7295	0.0684
60	1	27.2	31.2	4.7	8.37	7.91	111	1,097	0.7951	0.0735
	2	27.1	31.2	4.6	8.15	7.93	111	1,095	0.7846	0.0724
	3	27.2	31.1	4.6	8.15	7.95	110	1,095	0.7584	0.0749

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	27.1	31.2	4.6	8.15	7.92	110	1,062	0.8245	0.0824
	2	27.1	31.1	4.5	8.01	7.94	110	1,063	0.8125	0.0835
	3	27.1	31.1	4.5	8.01	7.96	109	1,065	0.8235	0.0826
66	1	27.0	31.0	4.5	8.01	7.95	109	1,025	0.8621	0.0884
	2	27.0	31.0	4.4	7.83	7.98	109	1,024	0.8741	0.0894
	3	27.0	31.0	4.4	7.83	7.94	107	1,029	0.8524	0.0875
69	1	26.7	30.7	4.4	7.83	8.02	108	1,002	0.8915	0.0925
	2	26.7	30.6	4.3	7.66	8.01	108	1,006	0.9002	0.0924
	3	26.6	30.7	4.3	7.66	8.02	107	1,008	0.8741	0.0975

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 3 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำบาดาล (5 พีพีที) ในการทดลองตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.2	30.2	6.0	10.67	7.62	143	1,230	0.0134	0.0000
	2	26.3	30.3	6.0	10.67	7.61	140	1,228	0.0142	0.0000
	3	26.2	30.2	6.0	10.67	7.64	142	1,229	0.0152	0.0000
6	1	26.1	30.1	6.0	10.65	7.64	142	1,222	0.0152	0.0007
	2	26.0	30.0	6.0	10.65	7.62	138	1,219	0.0159	0.0003
	3	26.0	30.0	6.0	10.65	7.64	140	1,220	0.0157	0.0003
9	1	26.2	30.2	5.9	10.48	7.65	137	1,216	0.0176	0.0008
	2	26.2	30.2	5.9	10.48	7.65	138	1,214	0.0174	0.0007
	3	26.2	30.2	5.9	10.48	7.66	139	1,209	0.0179	0.0002
12	1	26.3	30.3	5.9	10.47	7.67	135	1,207	0.0194	0.0009
	2	26.3	30.3	5.9	10.47	7.67	134	1,202	0.0194	0.0005
	3	26.3	30.3	5.9	10.47	7.67	136	1,200	0.0196	0..0005
15	1	26.3	30.3	5.9	10.45	7.69	134	1,200	0.0249	0.0009
	2	26.3	30.3	5.8	10.31	7.68	132	1,197	0.0264	0.0008
	3	26.2	30.3	5.8	10.31	7.69	135	1,195	0.0298	0.0001

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.4	30.4	5.8	10.33	7.71	133	1,197	0.0298	0.0042
	2	26.4	30.4	5.7	10.16	7.69	130	1,195	0.0315	0.0053
	3	26.4	30.4	5.7	10.16	7.71	134	1,191	0.0347	0.0047
21	1	26.6	30.6	5.7	10.17	7.72	132	1,195	0.0387	0.0059
	2	26.6	30.6	5.7	10.15	7.71	128	1,192	0.0358	0.0055
	3	26.5	30.5	5.6	9.95	7.72	132	1,190	0.0425	0.0059
24	1	26.8	30.8	5.6	9.95	7.74	130	1,184	0.0687	0.0063
	2	26.8	30.8	5.6	9.95	7.73	128	1,182	0.0702	0.0062
	3	26.8	30.8	5.6	9.94	7.73	128	1,185	0.0699	0.0068
27	1	26.8	30.8	5.5	9.78	7.76	128	1,172	0.0746	0.0244
	2	26.7	30.7	5.5	9.78	7.75	127	1,170	0.0781	0.0249
	3	26.8	30.8	5.4	9.61	7.76	126	1,176	0.0761	0.0245
30	1	27.0	31.0	5.4	9.62	7.78	125	1,162	0.0847	0.0281
	2	27.0	31.0	5.4	9.62	7.77	124	1,159	0.0867	0.0387
	3	27.0	31.0	5.4	9.62	7.77	124	1,164	0.0891	0.0354

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	27.0	31.0	5.3	9.43	7.79	123	1,158	0.0997	0.0324
	2	26.9	30.9	5.3	9.43	7.79	122	1,155	0.1008	0.0467
	3	26.9	30.9	5.2	9.29	7.79	122	1,159	0.1104	0.0485
36	1	27.2	31.2	5.2	9.32	7.81	121	1,148	0.1873	0.0346
	2	27.1	31.1	5.2	9.30	7.80	120	1,150	0.1548	0.0484
	3	27.1	31.1	5.2	9.28	7.82	121	1156,	0.1876	0.0483
39	1	27.1	31.1	5.2	9.30	7.83	120	1,142	0.2984	0.0368
	2	27.1	31.1	5.2	9.29	7.83	118	1,140	0.2618	0.0512
	3	27.2	31.2	5.2	9.27	7.84	119	1,147	0.2974	0.0496
42	1	27.1	31.1	5.1	9.10	7.85	118	1,134	0.3948	0.0394
	2	27.1	31.1	5.1	9.10	7.86	115	1,132	0.4002	0.0524
	3	27.2	31.2	5.1	9.10	7.86	119	1,137	0.3754	0.0504
45	1	27.3	31.3	5.0	8.90	7.87	117	1,127	0.4016	0.0459
	2	27.3	31.3	5.0	8.90	7.88	114	1,124	0.4985	0.0559
	3	27.3	31.3	5.0	8.90	7.89	118	1,128	0.4697	0.0524

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	27.2	31.2	5.0	8.87	7.89	115	1,116	0.5942	0.0461
	2	27.2	31.2	5.0	8.87	7.91	113	1,112	0.5489	0.0587
	3	27.3	31.3	5.0	8.87	7.92	117	1,120	0.5213	0.0532
51	1	27.2	31.2	4.9	8.70	7.92	114	1,108	0.6006	0.0695
	2	27.1	31.1	4.9	8.70	7.94	112	1,106	0.6169	0.0596
	3	27.2	31.2	4.9	8.70	7.94	115	1,111	0.6250	0.0568
54	1	27.3	31.3	4.8	8.53	7.95	113	1,094	0.6561	0.0709
	2	27.3	31.3	4.8	8.53	7.96	111	1,098	0.6461	0.0605
	3	27.3	31.3	4.8	8.53	7.97	114	1,099	0.6821	0.0599
57	1	27.3	31.3	4.8	8.55	7.96	112	,1085	0.7761	0.0724
	2	27.3	31.3	4.7	8.37	7.99	110	1,087	0.7894	0.0634
	3	27.4	31.4	4.7	8.37	7.99	112	1,088	0.7913	0.0618
60	1	27.1	31.1	4.7	8.36	8.01	111	1,076	0.7914	0.0795
	2	27.2	31.2	4.6	8.15	8.01	108	1,077	0.7931	0.0680
	3	27.2	31.2	4.6	8.15	8.02	111	1,078	0.8001	0.0696

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	27.1	31.1	4.6	8.15	8.00	100	1,052	0.8024	0.0812
	2	27.1	31.1	4.5	8.01	8.05	108	1,054	0.8042	0.0816
	3	27.1	31.1	4.5	8.01	8.08	110	1,060	0.8174	0.0784
66	1	27.0	31.0	4.5	8.01	8.02	109	1,015	0.8241	0.0825
	2	27.0	31.0	4.4	7.83	8.04	107	1,017	0.8195	0.0831
	3	26.9	30.9	4.4	7.83	8.08	109	1,016	0.8341	0.0824
69	1	26.7	30.7	4.4	7.72	8.05	108	1,010	0.8566	0.0892
	2	26.8	30.8	4.3	7.82	8.07	107	1,014	0.8425	0.0932
	3	26.7	30.7	4.3	7.72	8.10	108	1,011	0.8726	0.0974

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 4 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำเกลือ (5 พีพีที) ในการทดลองตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.2	30.2	6.0	10.64	7.42	142	1,179	0.0046	0.0000
	2	26.2	30.2	6.0	10.64	7.45	141	1,164	0.0054	0.0000
	3	26.3	30.3	6.0	10.64	7.43	140	1,171	0.0089	0.0000
6	1	26.0	30.0	6.0	10.62	7.43	140	1,167	0.0098	0.0001
	2	26.0	30.0	6.0	10.62	7.45	140	1,155	0.0098	0.0003
	3	26.1	30.1	6.0	10.62	7.44	139	1,142	0.0102	0.0002
9	1	26.1	30.1	5.9	10.47	7.44	136	1,155	0.0154	0.0000
	2	26.1	30.1	5.9	10.47	7.46	137	1,140	0.0178	0.0000
	3	26.1	30.1	5.9	10.47	7.45	136	1,130	0.0196	0.0000
12	1	26.2	30.2	5.9	10.46	7.45	135	1,138	0.0187	0.0007
	2	26.2	30.2	5.9	10.46	7.46	136	1,131	0.0194	0.0005
	3	26.3	30.3	5.9	10.46	7.46	135	1,129	0.0203	0.0003
15	1	26.3	30.3	5.8	10.30	7.46	134	1,125	0.0246	0.0008
	2	26.2	30.2	5.7	10.15	7.47	135	1,130	0.0289	0.0005
	3	26.3	30.3	5.8	10.30	7.46	134	1,127	0.0276	0.0005

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.5	30.5	5.7	10.15	7.47	132	1,132	0.0264	0.0023
	2	26.4	30.4	5.7	10.13	7.48	134	1,127	0.0297	0.0026
	3	26.4	30.4	5.7	10.15	7.47	130	1,124	0.0284	0.0026
21	1	26.5	30.5	5.6	9.94	7.48	130	1,130	0.0315	0.0039
	2	26.5	30.5	5.7	10.11	7.49	132	1,125	0.0324	0.0036
	3	26.6	30.6	5.6	9.95	7.48	127	1,121	0.0318	0.0039
24	1	26.7	30.7	5.6	9.92	7.49	127	1,128	0.0354	0.0041
	2	26.8	30.8	5.6	9.97	7.51	129	1,121	0.0368	0.0047
	3	26.7	30.7	5.6	9.94	7.50	126	1,119	0.0397	0.0040
27	1	26.8	30.8	5.5	9.77	7.52	125	1,125	0.0394	0.0062
	2	26.8	30.8	5.5	9.77	7.51	127	1,120	0.0403	0.0062
	3	26.8	30.8	5.5	9.76	7.53	124	1,117	0.0409	0.0062
30	1	27.0	31.0	5.4	9.61	7.53	123	1,121	0.0416	0.0081
	2	27.0	31.0	5.4	9.61	7.53	123	1,117	0.0497	0.0095
	3	26.9	30.9	5.5	9.74	7.54	124	1,115	0.0492	0.0092

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	26.9	30.9	5.3	9.42	7.54	122	1,120	0.0498	0.0100
	2	26.9	30.9	5.3	9.42	7.55	122	1,115	0.0509	0.0117
	3	27.0	31.0	5.4	9.58	7.56	123	1,111	0.0524	0.0118
36	1	27.2	31.2	5.2	9.27	7.55	120	1,117	0.0524	0.0144
	2	27.1	31.1	5.2	9.27	7.56	117	1,113	0.0538	0.0140
	3	27.2	31.2	5.3	9.26	7.57	119	1,109	0.0559	0.0181
39	1	27.1	31.1	5.2	9.25	7.56	116	1,114	0.0587	0.0212
	2	27.1	31.1	5.2	9.25	7.57	115	1,110	0.0591	0.0262
	3	27.2	31.2	5.2	9.24	7.59	118	1,107	0.0603	0.0262
42	1	27.1	31.1	5.1	9.07	7.57	115	1,112	0.0618	0.0618
	2	27.2	31.2	5.1	9.07	7.59	114	1,108	0.0634	0.0634
	3	27.1	31.1	5.1	9.07	7.60	116	1,105	0.0671	0.0671
45	1	27.2	31.2	5.0	8.76	7.60	114	1,110	0.0785	0.0785
	2	27.3	31.3	5.0	8.76	7.61	113	1,105	0.745	0.0745
	3	27.3	31.3	5.1	9.04	7.62	115	1,102	0.762	0.0762

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	27.3	31.3	5.0	8.75	7.62	113	1,101	0.0896	0.0896
	2	27.2	31.2	5.0	8.75	7.63	112	1,097	0.0846	0.0846
	3	27.2	31.2	5.0	8.76	7.64	114	1,096	0.0864	0.0864
51	1	27.2	31.2	4.9	8.70	7.65	110	1,095	0.0924	0.0924
	2	27.2	31.2	4.9	8.70	7.66	111	1,081	0.0984	0.0984
	3	27.1	31.1	4.9	8.70	7.65	113	1,086	0.0987	0.0987
54	1	27.2	31.2	4.8	8.52	7.67	110	1,085	0.1246	0.1246
	2	27.2	31.2	4.8	8.52	7.69	110	1,076	0.1126	0.1126
	3	27.3	31.3	4.8	8.52	7.67	112	1,074	0.1175	0.1175
57	1	27.3	31.3	4.7	8.35	7.69	109	1,076	0.1564	0.1564
	2	27.3	31.3	4.8	8.49	7.72	108	1,070	0.1624	0.1624
	3	27.4	31.4	4.7	8.35	7.70	111	1,067	0.1549	0.1549
60	1	27.2	31.2	4.6	8.14	7.71	108	1,057	0.1954	0.1954
	2	27.2	31.2	4.7	8.30	7.74	107	1,053	0.2004	0.2004
	3	27.1	31.1	4.6	8.14	7.73	108	1,058	0.1874	0.1874

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	27.1	31.1	4.5	8.00	7.72	105	1,050	0.2145	0.2145
	2	27.1	31.1	4.6	8.14	7.75	106	1,053	0.2165	0.2165
	3	27.1	31.1	4.5	8.00	7.74	107	1,055	0.2164	0.2164
66	1	27.0	31.0	4.4	7.99	7.75	104	1,035	0.2567	0.2567
	2	27.0	31.0	4.5	8.01	7.77	105	1,031	0.2641	0.2641
	3	26.9	30.9	4.4	7.99	7.76	106	1,036	0.2724	0.2724
69	1	26.6	30.6	4.3	7.70	7.77	104	1,025	0.3014	0.3014
	2	26.6	30.6	4.4	7.80	7.79	104	1,027	0.3027	0.3027
	3	26.7	30.7	4.3	7.70	7.81	104	1,026	0.3016	0.3016

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 5 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำแร่ธาตุ (5 พีพีที) ในการทดลองตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.3	30.3	6.0	10.63	7.42	140	1,163	0.0062	0.0000
	2	26.2	30.2	6.0	10.63	7.43	141	1,164	0.0041	0.0000
	3	26.3	30.3	6.0	10.63	7.47	141	1,160	0.0058	0.0000
6	1	26.0	30.0	6.0	10.61	7.45	138	1,149	0.0074	0.0003
	2	26.0	30.0	6.0	10.61	7.44	138	1,150	0.0085	0.0003
	3	26.1	30.1	6.0	10.61	7.48	139	1,137	0.0095	0.0003
9	1	26.2	30.2	5.9	10.46	7.45	137	1,136	0.0095	0.0000
	2	26.1	30.1	5.9	10.46	7.45	137	1,129	0.0102	0.0000
	3	26.1	30.1	5.9	10.46	7.50	138	1,134	0.0115	0.0000
12	1	26.3	30.3	5.9	10.45	7.47	134	1,132	0.0124	0.0002
	2	26.3	30.3	5.9	10.45	7.46	133	1,127	0.0152	0.0001
	3	26.2	30.2	5.9	10.45	7.50	137	1,125	0.0184	0.0002
15	1	26.3	30.3	5.7	10.14	7.48	130	1,130	0.0157	0.0005
	2	26.3	30.3	5.8	10.29	7.48	132	1,125	0.0168	0.0007
	3	26.2	30.2	5.7	10.14	7.52	135	1,124	0.0194	0.0002

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.3	30.3	5.7	10.13	7.49	128	1,129	0.0198	0.0015
	2	26.4	30.4	5.7	10.12	7.49	130	1,122	0.0187	0.0012
	3	26.4	30.4	5.7	10.13	7.53	132	1,120	0.0204	0.0012
21	1	26.6	30.6	5.7	10.11	7.51	125	1,126	0.0215	0.0029
	2	26.5	30.5	5.6	9.93	7.51	127	1,120	0.0218	0.0028
	3	26.6	30.6	5.6	9.93	7.54	129	1,117	0.0200	0.0027
24	1	26.8	30.8	5.6	9.97	7.52	125	1,122	0.0278	0.0035
	2	26.7	30.7	5.6	9.92	7.52	125	1,116	0.0284	0.0032
	3	26.7	30.7	5.6	9.92	7.54	127	1,115	0.0264	0.0038
27	1	26.8	30.8	5.5	9.78	7.54	123	1,120	0.0298	0.0045
	2	26.8	30.8	5.4	9.60	7.53	123	1,115	0.0315	0.0047
	3	26.7	30.7	5.5	9.78	7.55	124	1,112	0.0324	0.0048
30	1	27.0	31.0	5.5	9.76	7.56	122	1,117	0.0387	0.0055
	2	27.0	31.0	5.4	9.59	7.55	122	1,114	0.0394	0.0056
	3	27.0	31.0	5.4	9.60	7.57	123	1,111	0.0391	0.0055

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	27.0	31.0	5.4	9.62	7.58	120	1,115	0.0415	0.0062
	2	27.0	31.0	5.3	9.40	7.57	120	1,112	0.0421	0.0067
	3	27.0	31.0	5.3	9.40	7.58	122	1,110	0.0426	0.0066
36	1	27.1	31.1	5.3	9.58	7.59	120	1,112	0.0487	0.0076
	2	27.1	31.1	5.2	9.25	7.59	118	1,110	0.0421	0.0079
	3	27.1	31.1	5.2	9.25	7.60	118	1,108	0.0498	0.0079
39	1	27.2	31.2	5.2	9.24	7.61	117	1,110	0.0598	0.0082
	2	27.1	31.1	5.1	9.09	7.62	115	1,106	0.0547	0.0089
	3	27.1	31.1	5.1	9.09	7.62	116	1,105	0.0594	0.0091
42	1	27.1	31.1	5.1	9.06	7.63	115	1,105	0.0687	0.0097
	2	27.2	31.2	5.1	9.04	7.64	114	1,102	0.0694	0.0097
	3	27.1	31.1	5.0	9.04	7.64	116	1,100	0.0701	0.0104
45	1	27.2	31.2	5.0	8.85	7.65	113	1,100	0.0712	0.0196
	2	27.3	31.3	5.0	8.85	7.66	113	1,097	0.0724	0.0184
	3	27.3	31.3	5.0	9.02	7.67	114	1,095	0.0721	0.0184

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	27.2	31.2	5.0	8.73	7.67	112	1,095	0.0765	0.0201
	2	27.2	31.2	5.0	8.73	7.67	112	1,094	0.0781	0.0198
	3	27.2	31.2	5.0	8.73	7.67	113	1,086	0.0764	0.0199
51	1	27.1	31.1	4.9	8.69	7.69	111	1,090	0.0812	0.0296
	2	27.2	31.2	4.9	8.69	7.72	111	1,085	0.0834	0.0211
	3	27.1	31.1	4.9	8.69	7.71	111	1,081	0.0874	0.0212
54	1	27.3	31.3	4.8	8.51	7.71	109	1,077	0.0864	0.0329
	2	27.2	31.2	4.8	8.51	7.74	108	1,075	0.0894	0.0316
	3	27.2	31.2	4.8	8.51	7.74	109	1,076	0.0914	0.0225
57	1	27.4	31.4	4.7	8.35	7.74	108	1,072	0.0945	0.0351
	2	27.4	31.4	4.7	8.35	7.77	107	1,065	0.0934	0.0338
	3	27.4	31.4	4.7	8.35	7.76	107	1,065	0.0974	0.0257
60	1	27.2	31.2	4.6	8.12	7.77	107	1,048	0.0995	0.0397
	2	27.1	31.1	4.6	8.12	7.83	105	1,054	0.1042	0.0405
	3	27.2	31.2	4.6	8.12	7.82	105	1,050	0.1125	0.0204

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	27.1	31.1	4.5	8.00	7.81	106	1,040	0.1154	0.0421
	2	27.1	31.1	4.5	8.00	7.85	104	1,041	0.1624	0.0462
	3	27.1	31.1	4.5	8.00	7.83	105	1,042	0.1584	0.0384
66	1	27.0	31.0	4.4	7.97	7.86	105	1,035	0.1654	0.0484
	2	27.0	31.0	4.4	7.97	7.87	104	1,035	0.1942	0.0497
	3	27.0	31.0	4.4	7.97	7.89	104	1,033	0.1756	0.0485
69	1	26.7	30.7	4.3	7.70	7.92	104	1,020	0.1987	0.0521
	2	26.6	30.6	4.3	7.70	7.97	103	1,021	0.2006	0.0596
	3	26.7	30.7	4.3	7.70	7.98	103	1,022	0.2017	0.0587

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 6 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำทะเล ความเค็ม 10 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.1	30.1	10.0	16.7	7.79	142	2,203	0.0135	0.0000
	2	26.1	30.1	10.0	16.7	7.76	144	2,224	0.0156	0.0000
	3	26.1	30.1	10.0	16.7	7.77	141	2,225	0.0148	0.0000
6	1	26.0	30.0	10.0	16.7	7.82	140	2,201	0.0156	0.0005
	2	26.0	30.0	10.0	16.69	7.81	141	2,214	0.0163	0.0001
	3	26.0	30.0	10.0	16.71	7.83	139	2,213	0.0165	0.0002
9	1	26.3	30.3	9.4	15.8	7.92	137	2,194	0.0184	0.0012
	2	26.2	30.2	9.6	15.8	7.89	139	2,210	0.0198	0.0015
	3	26.2	30.2	9.5	15.8	7.90	136	2,198	0.0187	0.0013
12	1	26.3	30.3	9.3	15.49	7.96	136	2,176	0.0213	0.0044
	2	26.3	30.3	9.1	15.51	7.94	137	2,178	0.0208	0.0052
	3	26.3	30.3	9.4	15.50	7.95	134	2,174	0.0217	0.0046
15	1	26.3	30.3	9.0	15.0	7.99	134	2,152	0.0256	0.0084
	2	26.3	30.3	9.0	15.0	7.98	135	2,154	0.0257	0.0094
	3	26.3	30.3	9.0	15.0	7.99	132	2,156	0.0262	0.0075

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.5	30.5	9.0	15.01	8.02	133	2,105	0.0295	0.0142
	2	26.5	30.5	9.0	15.0	8.04	132	2,106	0.0294	0.0151
	3	26.5	30.5	9.0	15.0	8.05	130	2,107	0.0298	0.0134
21	1	26.6	30.6	9.1	15.1	8.07	132	2,094	0.0325	0.0178
	2	26.6	30.6	9.0	15.2	8.09	130	2,095	0.0332	0.0195
	3	26.6	30.6	9.0	15.3	8.07	128	2,096	0.0341	0.0178
24	1	26.8	30.8	9.0	15.0	8.15	130	2,031	0.0532	0.0245
	2	26.8	30.8	9.0	15.0	8.16	127	2,032	0.0602	0.0261
	3	26.8	30.8	9.0	15.0	8.19	126	2,030	0.0645	0.0278
27	1	26.8	30.8	8.9	14.7	8.17	128	2,008	0.0724	0.0425
	2	26.7	30.7	8.8	14.6	8.19	125	2,009	0.0742	0.0487
	3	26.8	30.8	9.0	14.8	8.23	124	2,012	0.0735	0.0462
30	1	26.7	30.7	8.8	14.6	8.21	125	1,994	0.0924	0.0584
	2	26.7	30.7	8.7	14.5	8.26	123	1,996	0.0945	0.0574
	3	26.6	30.6	8.9	14.9	8.27	121	1,997	0.0968	0.0561

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	26.5	30.5	8.5	14.2	8.27	122	1,845	0.1352	0.0684
	2	26.5	30.5	8.5	14.0	8.32	120	1,846	0.1467	0.0651
	3	26.5	30.5	8.5	14.4	8.33	118	1,850	0.1512	0.0674
36	1	26.3	30.3	8.3	13.5	8.36	120	1,812	0.1762	0.0715
	2	26.3	30.3	8.2	13.7	8.34	117	1,814	0.1825	0.0725
	3	26.2	30.2	8.1	13.9	8.39	116	1,812	0.1843	0.0734
39	1	26.2	30.2	7.9	13.2	8.41	118	1,784	0.2546	0.0784
	2	26.2	30.2	7.9	13.2	8.39	112	1,786	0.2158	0.0762
	3	26.1	30.1	7.9	13.2	8.43	114	1,788	0.3024	0.0775
42	1	26.0	30.0	7.6	12.5	8.47	115	1,727	0.4647	0.0812
	2	26.0	30.0	7.6	12.9	8.39	110	1,729	0.4214	0.0825
	3	26.0	30.0	7.6	12.7	8.46	112	1,730	0.4387	0.0823
45	1	25.6	29.6	7.5	12.3	8.50	112	1,684	0.5214	0.0864
	2	25.5	29.5	7.5	12.7	8.46	107	1,685	0.5361	0.0876
	3	25.5	29.5	7.5	12.5	8.52	110	1,684	0.5874	0.0891

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	25.5	29.5	7.4	12.5	8.53	108	1,608	0.6584	0.0884
	2	25.5	29.5	7.6	12.5	8.50	105	1,610	0.6427	0.0891
	3	25.5	29.5	7.5	12.5	8.57	108	1,612	0.6854	0.0905
51	1	25.6	29.6	7.2	12.0	8.59	105	1,574	0.7254	0.0912
	2	25.7	26.7	7.1	12.0	8.54	103	1,576	0.7963	0.0925
	3	25.6	29.6	7.2	12.0	8.60	104	1,571	0.7542	0.0916
54	1	25.8	29.8	7.2	12.0	8.61	102	1,521	0.8012	0.0954
	2	25.8	29.8	7.2	12.0	8.59	100	1,525	0.8426	0.0962
	3	25.8	29.8	7.2	12.0	8.63	101	1,527	0.8045	0.0974
57	1	25.5	29.5	7.1	11.8	8.65	101	1,465	0.8542	0.0975
	2	25.5	29.5	7.1	11.8	8.62	100	1,464	0.8754	0.0984
	3	25.5	29.5	7.1	11.8	8.67	100	1,460	0.8945	0.0991
60	1	25.4	29.4	7.0	11.5	8.69	100	1,360	0.8624	0.0995
	2	25.3	29.3	7.0	11.9	8.68	100	1,364	0.9001	0.1002
	3	25.4	29.4	7.0	11.7	8.70	99	1,363	0.9106	0.1001

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	25.3	29.3	7.0	11.4	8.70	100	1,325	0.8821	0.1012
	2	25.3	29.3	7.0	12.0	8.69	99	1,325	0.9012	0.1009
	3	25.3	29.3	7.0	11.7	8.71	99	1,321	0.9115	0.1005
66	1	25.1	29.1	7.0	11.5	8.72	99	1,302	0.9014	0.1124
	2	25.0	29.0	7.0	11.9	8.70	98	1,304	0.9124	0.1125
	3	25.0	29.0	7.0	11.7	8.73	98	1,308	0.9187	0.1175
69	1	25.0	29.0	6.9	11.0	8.74	98	1,254	0.9215	0.1258
	2	25.0	29.0	6.9	12.0	8.73	97	1,261	0.9214	0.1324
	3	25.0	29.0	6.9	11.5	8.77	97	1,252	0.9254	0.1245

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 7 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 10 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.2	30.2	10.0	16.7	7.62	144	2,110	0.0114	0.0000
	2	26.1	30.1	10.0	16.5	7.64	146	2,115	0.0132	0.0000
	3	26.2	30.2	10.0	16.9	7.65	144	2,113	0.0120	0.0000
6	1	26.0	30.0	9.9	16.3	7.74	141	2,107	0.0131	0.0001
	2	26.0	30.0	9.9	16.7	7.73	144	2,108	0.0137	0.0001
	3	26.0	30.0	9.9	16.5	7.76	140	2,105	0.0132	0.0002
9	1	26.2	30.2	9.8	16.0	7.76	138	2,100	0.0176	0.0005
	2	26.2	30.2	9.8	16.3	7.79	140	2,104	0.0178	0.0007
	3	26.2	30.2	9.8	16.6	7.81	138	2,103	0.0179	0.0007
12	1	26.3	30.3	9.8	16.3	7.82	134	2,094	0.0235	0.0010
	2	26.3	30.3	9.8	16.0	7.86	137	2,096	0.0245	0.0009
	3	26.2	30.2	9.8	16.6	7.87	136	2,097	0.0238	0.0008
15	1	26.3	30.3	9.5	15.8	7.86	133	2,064	0.0254	0.0025
	2	26.2	30.2	9.5	15.9	7.87	134	2,067	0.0259	0.0027
	3	26.3	30.3	9.5	15.4	7.89	132	2,065	0.0258	0.0029

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.5	30.5	9.2	15.0	7.92	131	2,032	0.0285	0.0084
	2	26.5	30.5	9.2	15.6	7.95	131	2,031	0.0283	0.0094
	3	26.5	30.5	9.2	15.3	7.96	130	2,030	0.0276	0.0086
21	1	26.5	30.5	9.1	15.2	7.98	129	2,013	0.0302	0.0124
	2	26.6	30.6	9.1	15.0	8.02	129	2,010	0.0305	0.0125
	3	26.6	30.6	9.1	15.4	8.04	128	2,015	0.0307	0.0175
24	1	26.8	30.8	9.1	15.2	8.05	127	1,997	0.0528	0.0157
	2	268.	30.8	9.1	15.1	8.08	127	1,997	0.0535	0.0178
	3	26.8	30.8	9.1	15.3	8.09	125	1,996	0.0549	0.0192
27	1	26.7	30.7	9.0	15.0	8.12	124	1,975	0.0624	0.0254
	2	26.8	30.8	9.0	14.8	8.14	124	1,976	0.0635	0.0262
	3	26.7	30.7	9.0	15.2	8.13	122	1,976	0.0642	0.0308
30	1	26.7	30.7	9.0	14.7	8.18	121	1,934	0.0854	0.0387
	2	26.7	30.7	9.0	15.3	8.19	122	1,932	0.0862	0.0398
	3	26.6	30.6	9.0	15.0	8.17	120	1,934	0.0837	0.0345

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	26.4	30.4	9.0	14.8	8.21	118	1,850	0.0997	0.0482
	2	26.5	30.5	9.0	14.7	8.24	119	1,852	0.1125	0.0496
	3	26.4	30.4	9.0	14.9	8.26	118	1,857	0.0937	0.0475
36	1	26.2	30.2	8.9	14.0	8.27	116	1,746	0.1130	0.0614
	2	26.2	30.2	8.9	14.4	8.30	117	1,747	0.1236	0.0623
	3	26.3	30.3	8.9	14.2	8.32	114	1,750	0.1345	0.0642
39	1	26.2	30.2	8.5	13.7	8.29	114	1,672	0.1562	0.0684
	2	26.2	30.2	8.5	13.4	8.34	115	1,673	0.1712	0.0654
	3	26.1	30.1	8.5	14.0	8.36	112	1,676	0.1674	0.0671
42	1	26.0	30.0	8.2	13.3	8.33	109	1,637	0.3241	0.0764
	2	26.0	30.0	8.1	13.7	8.36	114	1,638	0.3654	0.0751
	3	26.0	30.0	8.3	13.5	8.39	111	1,640	0.3512	0.0765
45	1	25.6	29.6	7.9	13.1	8.39	107	1,604	0.3847	0.0824
	2	25.5	29.5	8.3	13.4	8.40	108	1,605	0.4128	0.0834
	3	25.6	29.6	8.1	13.4	8.42	107	1,605	0.4351	0.0851

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	25.5	29.5	7.9	13.2	8.46	106	1,576	0.4265	0.0851
	2	25.5	29.5	7.8	13.4	8.48	107	1,574	0.4721	0.0862
	3	25.5	29.5	8.3	13.3	8.49	105	1,575	0.4812	0.0871
51	1	25.6	29.6	7.6	12.5	8.49	104	1,524	0.5214	0.0861
	2	25.6	29.6	8.2	12.9	8.50	105	1,526	0.6215	0.0882
	3	25.6	29.6	8.2	12.7	8.52	104	1,526	0.5384	0.0894
54	1	25.8	29.8	7.6	12.3	8.52	102	1,475	0.6874	0.0884
	2	25.7	29.7	7.3	12.1	8.54	104	1,478	0.7215	0.0895
	3	25.8	29.8	7.9	12.4	8.57	103	1,475	0.6845	0.0923
57	1	25.4	29.4	7.5	12.0	8.56	101	1,348	0.7102	0.0894
	2	25.4	29.4	7.2	12.0	8.57	102	1,340	0.7524	0.0905
	3	25.5	29.5	7.6	12.0	8.59	102	1,340	0.7841	0.0951
60	1	25.4	29.4	6.9	11.7	8.59	100	1,197	0.7564	0.0912
	2	25.4	29.4	7.3	11.9	8.60	101	1,195	0.7812	0.0932
	3	25.3	29.3	7.2	11.8	8.61	101	1,195	0.8012	0.0961

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	25.3	29.3	7.1	11.5	8.61	100	1,146	0.7854	0.0954
	2	25.3	29.3	6.9	11.9	8.63	100	1,147	0.8001	0.0984
	3	25.3	29.3	7.2	11.7	8.62	100	1,146	0.8024	0.0995
66	1	25.0	29.0	6.9	11.7	8.64	100	1,112	0.8024	0.0995
	2	25.0	29.0	6.9	11.4	8.67	99	1,111	0.8264	0.0999
	3	25.0	29.0	7.2	12.0	8.65	100	1,114	0.8169	0.1002
69	1	25.0	29.0	6.9	11.7	8.68	99	1,095	0.8324	0.1245
	2	25.0	29.0	7.0	11.5	8.73	98	1,095	0.8325	0.1156
	3	25.0	29.0	7.0	11.9	8.69	99	1,092	0.8405	0.1245

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 8 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 5 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.1	30.1	5.0	8.3	7.52	142	1,665	0.0130	0.0000
	2	26.2	30.2	4.9	8.1	7.56	135	1,664	0.0142	0.0000
	3	26.1	30.1	5.0	8.4	7.58	138	1,664	0.0154	0.0000
6	1	26.0	30.0	4.8	8.0	7.53	140	1,658	0.0173	0.0000
	2	26.0	30.0	5.2	8.6	7.62	132	1,657	0.0163	0.0000
	3	26.0	30.0	5.0	8.3	7.65	135	1,654	0.0195	0.0000
9	1	26.2	30.2	5.1	8.0	7.59	135	1,634	0.0195	0.0001
	2	26.2	30.2	4.9	8.3	7.68	130	1,637	0.0195	0.0002
	3	26.2	30.2	5..0	8.6	7.69	133	1,636	0.0184	0.0002
12	1	26.3	30.3	5.0	8.2	7.65	133	1,612	0.0204	0.0005
	2	26.3	30.3	4.9	8.4	7.71	128	1,610	0.0208	0.0006
	3	26.3	30.3	5.1	8.3	7.73	129	1,609	0.0204	0.0005
15	1	26.3	30.3	4.8	8.0	7.68	130	1,600	0.0226	0.0015
	2	26.3	30.3	4.7	8.4	7.73	125	1,594	0.0227	0.0017
	3	26.2	30.2	5.2	8.2	7.76	126	1,597	0.0219	0.0019

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.5	30.5	4.8	8.2	7.73	128	1,587	0.0248	0.0024
	2	26.4	30.4	5.0	8.0	7.76	123	1,589	0.0252	0.0029
	3	26.5	30.5	4.9	8.4	7.79	125	1,584	0.0250	0.0034
21	1	26.6	30.6	4.8	8.0	7.89	123	1,524	0.0284	0.0056
	2	26.6	30.6	4.9	8.0	7.82	120	1,525	0.0296	0.0065
	3	26.5	30.5	4.7	8.0	7.84	124	1,523	0.0276	0.0078
24	1	26.8	30.8	4.6	7.5	7.92	121	1,484	0.0315	0.0089
	2	26.8	30.8	4.4	7.9	7.86	118	1,482	0.0321	0.0087
	3	26.8	30.8	4.8	7.7	7.89	122	1,485	0.0326	0.0092
27	1	26.8	30.8	4.5	7.7	7.98	120	1,372	0.0384	0.0105
	2	26.7	30.7	4.7	7.5	7.90	117	1,370	0.0368	0.0112
	3	26.8	30.8	4.6	7.9	7.92	121	1,376	0.0391	0.0114
30	1	26.6	30.6	4.5	7.2	8.02	117	1,262	0.0412	0.0174
	2	26.7	30.7	4.3	7.8	7.95	115	1,259	0.0425	0.0185
	3	26.6	30.6	4.7	7.5	7.97	120	1,264	0.0436	0.0164

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	26.5	30.5	4.3	7.2	8.07	116	1,224	0.0624	0.0215
	2	26.5	30.5	4.5	7.8	8.05	114	1,225	0.0635	0.0263
	3	26.4	30.4	4.7	7.5	8.02	117	1,223	0.0674	0.0274
36	1	26.2	30.2	4.5	7.5	8.15	114	1,204	0.0745	0.0264
	2	26.3	30.3	4.7	7.5	8.12	113	1,205	0.0784	0.0297
	3	26.2	30.2	4..3	7.5	8.09	115	1,206	0.0724	0.0312
39	1	26.2	30.2	4.0	7.0	8.24	112	1,172	0.0924	0.0312
	2	26.1	30.1	4.5	7.4	8.26	111	1,170	0.0954	0.0357
	3	26.1	30.1	4.1	7.2	8.19	113	1,177	0.1245	0.0361
42	1	26.0	30.0	4.2	7.0	8.27	110	1,034	0.1235	0.0395
	2	26.0	30.0	4.0	7.0	8.29	109	1,032	0.1025	0.0425
	3	26.0	30.0	4.4	7.0	8.26	110	1,037	0.1142	0.0435
45	1	25.6	29.6	4.0	7.0	8.32	105	1,002	0.1687	0.0425
	2	25.6	29.6	4.1	7.0	8.36	103	1,003	0.2045	0.0456
	3	25.5	29.5	4.3	7.0	8.39	104	1,002	0.1875	0.0475

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	25.4	29.4	4.1	6.7	8.39	104	994	0.2016	0.0475
	2	25.5	29.5	4.0	6.9	8.41	102	996	0.2451	0.0495
	3	25.5	29.5	4.2	6.5	8.43	102	993	0.2039	0.0492
51	1	25.6	29.6	4.1	6.8	8.42	102	967	0.3254	0.0512
	2	25.7	29.7	4.0	6.5	8.45	100	965	0.3512	0.0514
	3	25.7	29.7	4.2	7.1	8.47	100	963	0.3245	0.0518
54	1	25.8	29.8	3.8	6.5	8.46	100	952	0.4264	0.0612
	2	25.8	29.8	3.9	6.3	8.48	99	953	0.4016	0.0594
	3	25.8	29.8	4.0	6.7	8.49	99	954	0.4281	0.0574
57	1	25.5	29.5	3.9	6.6	8.50	98	932	0.4871	0.0684
	2	25.4	29.4	4.1	6.4	8.51	97	932	0.4951	0.0634
	3	25.4	29.4	3.7	6.5	8.52	97	935	0.4712	0.0675
60	1	25.3	29.3	3.8	6.0	8.52	97	912	0.5243	0.0795
	2	25.3	29.3	3.6	6.2	8.58	96	915	0.5841	0.0824
	3	25.3	29.3	4.0	6.7	8.58	95	914	0.5724	0.0785

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	25.3	29.3	3.6	6.0	8.54	97	910	0.5724	0.0824
	2	25.2	29.2	3.7	6.2	8.58	97	912	0.6124	0.0854
	3	25.3	29.3	3.8	6.4	8.59	95	911	0.6275	0.0824
66	1	25.1	29.1	3.6	6.0	8.58	96	902	0.6245	0.0856
	2	25.0	29.0	3.4	6.0	8.61	96	901	0.6384	0.0874
	3	25.0	29.0	3.8	6.0	8.62	95	904	0.6574	0.0892
69	1	24.9	28.9	3.6	6.0	8.61	96	894	0.6842	0.0957
	2	24.9	28.9	3.5	6.0	8.62	95	897	0.6941	0.0987
	3	25.0	29.0	3.7	6.0	8.63	95	892	0.7016	0.0935

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 9 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 3 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.1	30.1	3.2	5.31	7.56	138	1,209	0.0056	0.0000
	2	26.1	30.1	3.1	5.34	7.54	137	1,207	0.0074	0.0000
	3	26.1	30.1	3.3	5.33	7.52	132	1,207	0.0069	0.0000
6	1	26.0	30.0	3.2	5.36	7.59	134	1,204	0.0076	0.0000
	2	26.0	30.0	3.1	5.31	7.63	135	1,205	0.0084	0.0000
	3	26.0	30.0	3.3	5.32	7.64	131	1,205	0.0094	0.0000
9	1	26.2	30.2	3.1	5.2	7.64	131	1,200	0.0125	0.0001
	2	26.3	30.3	3.1	5.1	7.68	132	1,200	0.0135	0.0001
	3	26.2	30.2	3.1	5.3	7.69	129	1,200	0.0127	0.0000
12	1	26.3	30.3	3.1	5.02	7.75	130	1,197	0.0158	0.0003
	2	26.2	30.2	2.9	5.02	7.76	129	1,196	0.0159	0.0002
	3	26.3	30.3	3.0	5.01	7.77	129	1,198	0.0162	0.0003
15	1	26.3	30.3	3.0	5.0	7.78	129	1,157	0.0184	0.0005
	2	26.2	30.2	3.0	5.0	7.82	127	1,159	0.0189	0.0006
	3	26.3	30.3	3.0	5.0	7.80	127	1,156	0.0192	0.0006

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.5	30.5	3.0	5.02	7.83	127	1,112	0.0201	0.0018
	2	26.5	30.5	3.0	5.01	7.86	123	1,113	0.0205	0.0015
	3	26.4	30.4	3.0	5.0	7.87	124	1,115	0.0206	0.0019
21	1	26.5	30.5	3.0	5.0	7.85	123	1,095	0.0212	0.0034
	2	26.5	30.5	3.0	5.03	7.88	121	1,096	0.0223	0.0039
	3	26.6	30.6	3.0	5.04	7.89	122	1,096	0.0228	0.0028
24	1	26.8	30.8	2.9	4.5	7.86	120	1,075	0.0247	0.0052
	2	26.8	30.8	2.9	4.8	7.89	119	1,076	0.0258	0.0062
	3	26.7	30.7	2.9	5.1	7.89	122	1,077	0.0264	0.0064
27	1	26.8	30.8	2.7	4.7	7.89	118	1,052	0.0284	0.0084
	2	26.8	30.8	3.0	4.8	7.92	117	1,054	0.0294	0.0095
	3	26.8	30.8	3.0	4.9	7.94	116	1,052	0.0287	0.0097
30	1	26.7	30.7	2.8	4.7	7.96	114	1,021	0.0305	0.0105
	2	26.6	30.6	2.6	4.5	7.98	115	1,017	0.0308	0.0124
	3	26.7	30.7	3.0	4.9	7.99	114	1,015	0.0307	0.0115

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	26.4	30.4	2.6	4.7	8.04	113	1,012	0.0384	0.0162
	2	26.4	30.4	2.9	4.7	8.05	114	1,013	0.0395	0.0174
	3	26.5	30.5	2.9	4.7	8.06	113	1,012	0.0405	0.0182
36	1	26.3	30.3	2.7	4.3	8.06	112	1,003	0.0465	0.0201
	2	26.2	30.2	2.7	4.7	8.08	113	1,004	0.0487	0.0215
	3	26.2	30.2	2.7	4.5	8.09	112	1,003	0.0468	0.0217
39	1	26.1	30.1	2.5	4.5	8.09	110	997	0.0624	0.0261
	2	26.1	30.1	2.5	4.4	8.09	111	995	0.0687	0.0284
	3	26.2	30.2	2.8	4.6	8.12	110	996	0.0702	0.0261
42	1	26.1	30.1	2.6	4.0	8.13	104	975	0.0723	0.0305
	2	26.0	30.0	2.6	4.3	8.15	106	974	0.0802	0.0314
	3	26.1	30.1	2.6	4.6	8.17	104	975	0.0795	0.0325
45	1	25.5	29.5	2.7	4.1	8.18	102	956	0.0974	0.0361
	2	25.6	29.6	2.5	4.4	8.19	104	957	0.0924	0.0384
	3	25.5	29.5	2.6	4.3	8.20	100	954	0.1005	0.0394

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	25.5	29.5	2.6	4.3	8.20	100	932	0.1005	0.0412
	2	25.4	29.4	2.6	4.3	8.23	102	932	0.1015	0.0405
	3	25.5	29.5	2.6	4.3	8.28	99	934	0.1245	0.0406
51	1	25.6	29.6	2.4	4.2	8.24	99	910	0.1528	0.0425
	2	25.7	29.7	2.6	4.2	8.28	100	912	0.1874	0.0436
	3	25.6	29.6	2.5	4.2	8.30	98	913	0.1756	0.0441
54	1	25.8	29.8	2.4	4.0	8.29	96	902	0.2017	0.0487
	2	25.7	29.7	2.4	4.0	8.30	99	901	0.2345	0.0492
	3	25.7	29.7	2.4	4.0	8.32	97	900	0.2258	0.0504
57	1	25.5	29.5	2.2	3.8	8.35	94	889	0.2761	0.0534
	2	25.5	29.5	2.6	4.2	8.36	96	887	0.2647	0.0526
	3	25.5	29.5	2.4	4.0	8.38	95	886	0.2975	0.0574
60	1	25.4	29.4	2.4	3.8	8.38	93	864	0.3278	0.0634
	2	25.3	29.3	2.3	4.1	8.41	92	865	0.3561	0.0684
	3	25.3	29.3	2.5	4.1	8.43	93	868	0.3942	0.0624

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	25.3	29.3	2.2	3.5	8.40	93	851	0.3684	0.0712
	2	25.2	29.2	2.1	4.1	8.42	92	852	0.4015	0.0724
	3	25.2	29.2	2.6	3.8	8.45	92	857	0.4165	0.0714
66	1	25.1	29.1	2.3	3.8	8.42	92	825	0.4015	0.0778
	2	25.1	29.1	2.3	3.6	8.45	91	827	0.4351	0.0794
	3	25.0	29.0	2.3	4.0	8.46	91	826	0.4412	0.0784
69	1	25.0	29.0	2.2	3.7	8.48	91	735	0.4812	0.0824
	2	25.0	29.0	2.1	3.5	8.49	90	730	0.4947	0.0862
	3	24.9	28.9	2.3	3.9	8.48	90	732	0.4621	0.0875

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 10 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ใช้น้ำนาเกลือ ความเค็ม 1 พีพีที ตามระยะเวลาเลี้ยง

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
3	1	26.2	30.2	1.4	2.1	7.51	137	776	0.0042	0.0000
	2	26.1	30.1	1.2	2.2	7.50	136	775	0.0051	0.0000
	3	26.2	30.2	1.6	2.5	7.53	136	775	0.0038	0.0000
6	1	26.0	30.0	1.2	2.0	7.58	134	770	0.0065	0.0000
	2	26.0	30.0	1.0	2.0	7.56	133	768	0.0065	0.0000
	3	26.0	30.0	1.4	2.0	7.65	133	769	0.0057	0.0000
9	1	26.2	30.2	1.2	2.0	7.59	132	764	0.0125	0.0000
	2	26.2	30.2	1.2	2.0	7.58	132	760	0.0135	0.0000
	3	26.2	30.2	1.2	2.0	7.66	132	761	0.0125	0.0000
12	1	26.3	30.3	1.1	1.6	7.60	130	756	0.0145	0.0002
	2	26.3	30.3	1.1	1.8	7.62	129	755	0.0148	0.0001
	3	26.3	30.3	1.1	2.0	7.67	129	756	0.0143	0.0002
15	1	26.3	30.3	1.0	1.8	7.68	126	736	0.0176	0.0005
	2	26.3	30.3	1.1	1.8	7.69	127	734	0.0179	0.0003
	3	26.2	30.2	1.3	1.8	7.7.	127	734	0.0175	0.0004

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
18	1	26.4	30.4	1.1	1.5	7.78	124	713	0.0199	0.0012
	2	26.5	30.5	1.1	2.0	7.79	125	712	0.0197	0.0009
	3	26.5	30.5	1.1	1.8	7.76	125	710	0.0202	0.0010
21	1	26.6	30.6	1.0	1.6	7.79	123	702	0.0233	0.0028
	2	26.5	30.5	1.2	1.8	7.80	124	700	0.0216	0.0019
	3	26.6	30.6	1.1	2.0	7.81	124	704	0.0207	0.0017
24	1	26.8	30.8	1.0	1.7	7.80	120	700	0.0234	0.0042
	2	26.7	30.7	1.0	1.5	7.82	118	695	0.0226	0.0035
	3	26.8	30.8	1.0	1.9	7.84	118	701	0.0228	0.0040
27	1	26.8	30.8	1.0	1.5	7.81	117	684	0.0251	0.0065
	2	26.8	30.8	1.0	1.9	7.85	116	685	0.0257	0.0077
	3	26.7	30.7	1.0	1.7	7.87	116	689	0.0258	0.0068
30	1	26.7	30.7	0.9	1.5	7.83	114	678	0.0264	0.0095
	2	26.6	30.6	1.1	1.9	7.87	113	675	0.0294	0.0095
	3	26.7	30.7	1.0	1.7	7.89	113	676	0.0287	0.0091

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
33	1	26.5	30.5	1.0	1.7	7.86	113	670	0.0324	0.0125
	2	26.4	30.4	0.9	1.7	7.95	112	667	0.0362	0.0114
	3	26.4	30.4	1.1	1.7	7.96	112	668	0.0345	0.0112
36	1	26.3	30.3	1.0	1.5	7.92	112	667	0.0394	0.0157
	2	26.2	30.2	1.1	1.9	7.99	111	660	0.0415	0.0178
	3	26.2	30.2	0.9	1.7	8.00	111	661	0.0385	0.0184
39	1	26.1	30.1	1.0	1.7	7.98	107	642	0.0524	0.0234
	2	26.2	30.2	0.8	1.9	8.00	104	640	0.0624	0.0245
	3	26.2	30.2	1.2	1.5	8.03	104	643	0.0584	0.0221
42	1	26.0	30.0	1.1	1.5	8.05	106	621	0.0721	0.0274
	2	26.0	30.0	0.8	1.5	8.07	102	620	0.0694	0.0294
	3	26.1	30.1	1.0	1.5	8.09	102	623	0.0684	0.0264
45	1	25.5	29.5	1.0	1.3	8.09	104	602	0.0785	0.0315
	2	25.6	29.6	0.8	1.7	8.12	101	604	0.0795	0.0324
	3	25.5	29.5	0.9	1.5	8.14	101	603	0.0758	0.0331

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
48	1	25.5	29.5	0.9	1.4	8.14.	102	568	0.0854	0.0365
	2	25.4	29.4	0.9	1.6	8.19	99	564	0.0895	0.0374
	3	25.5	29.5	0.9	1.5	8.19	99	563	0.0862	0.0394
51	1	25.6	29.6	0.8	1.0	8.19	101	536	0.0954	0.0395
	2	25.7	29.7	0.8	1.2	8.23	97	532	0.0946	0.0415
	3	25.6	29.6	0.8	1.6	8.25	97	538	0.0962	0.0425
54	1	25.7	29.7	0.8	1.3	8.20	97	521	0.1005	0.0425
	2	25.7	29.7	0.9	1.3	8.24	94	523	0.1154	0.0458
	3	25.8	29.8	0.7	1.3	8.27	94	524	0.1345	0.0482
57	1	25.5	29.5	0.7	1.0	8.25	96	507	0.1425	0.0484
	2	25.4	29.4	0.7	1.4	8.29	93	508	0.1647	0.0512
	3	25.5	29.5	0.7	1.2	8.31	92	507	0.1843	0.0524
60	1	25.3	29.3	0.6	1.0	8.32	94	449	0.2641	0.0561
	2	25.3	29.3	0.8	0.9	8.34	91	498	0.2714	0.0594
	3	25.3	29.3	0.4	1.1	8.37	90	497	0.2345	0.0614

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

อายุกุ้ง (วัน)	ถังทดลองที่	Temp.		Sal.	EC	pH	Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-
		เช้า	บ่าย							
63	1	25.2	29.2	0.6	1.0	8.35	93	487	0.3215	0.0604
	2	25.3	29.3	0.8	1.0	8.36	91	482	0.3362	0.0634
	3	25.2	29.2	0.4	1.0	8.39	90	480	0.3268	0.0704
66	1	25.1	29.1	0.6	0.9	8.39	92	457	0.3612	0.0684
	2	25.0	29.0	0.6	0.9	8.42	91	451	0.3942	0.0691
	3	25.0	29.0	0.6	1.2	8.44	90	459	0.3745	0.0734
69	1	25.0	29.0	0.6	1.0	8.42	91	421	0.3942	0.0765
	2	25.0	29.0	0.6	1.0	8.45	90	428	0.4125	0.0785
	3	24.9	28.9	0.6	1.0	8.47	89	418	0.4095	0.0762

หมายเหตุ Temp คือ อุณหภูมิของน้ำ Sal คือ ความเค็ม

EC คือ ความนำไฟฟ้า pH คือ พีเอช

Alk คือ ความเป็นด่าง. Hard คือ ความกระด้าง

NH_3 คือ แอมโมเนียรวม NO_2^- คือ ไนไตรท์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณอิออนในน้ำก่อนการทดลองที่ 1

	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
แหล่งความเค็ม	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล	155.8	279.8	2209.9	67.1	3088.5	109.5	391.2
น้ำนาเกลือ	121.6	263.4	1921.9	78.0	2795.6	112.9	301.9
น้ำบาดาล	120.8	228.2	1949.9	72.2	3248.3	119.3	473.3
น้ำเกลือ	76.8	66.2	2820.0	15.2	3195.0	102.9	102.2
น้ำแร่ธาตุ	416.8	54.1	1540.1	7.0	2476.1	72.9	1005.1

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 15 วัน

	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
แหล่งความเค็ม	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล							
T1R1	115.2	93.4	794.8	23.8	1435.4	119.0	179.5
T1R2	100.4	93.5	739.9	23.0	1350.2	119.8	193.0
T1R3	109.4	104.6	864.9	37.1	1495.7	119.4	323.5
เฉลี่ย	108.3	97.2	799.9	28.0	1427.1	119.4	232.0
น้ำนาเกลือ							
T2R1	80.2	155.2	1009.8	44.1	1893.9	121.6	205.3
T2R2	79.6	106.6	947.8	28.5	1605.8	117.7	271.8
T2R3	68.0	101.9	895.0	27.7	1559.1	118.9	233.8
เฉลี่ย	75.9	121.2	950.9	33.4	1686.3	119.4	237.0
น้ำบาดาล							
T3R1	92.6	125.3	1050.0	37.1	1853.1	122.8	317.8
T3R2	84.4	126.1	1009.9	36.3	1842.5	117.3	283.2
T3R3	70.6	123.1	1019.8	37.1	1831.8	122.0	258.2
เฉลี่ย	82.5	124.8	1026.6	36.8	1842.5	120.7	286.4

ตารางผนวกที่12 (ต่อ)

แหล่งความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำเกลือ							
T4R1	70.5	38.9	1028.8	8.6	1523.0	121.1	201.8
T4R2	68.4	43.8	939.8	7.0	1437.8	121.2	386.1
T4R3	67.6	43.9	1229.8	9.8	1927.7	121.4	216.2
เฉลี่ย	68.8	42.2	1066.1	8.5	1629.5	121.2	268.0
น้ำแร่ธาตุ							
T5R1	151.4	45.4	1280.0	10.1	1949.0	123.7	88.6
T5R2	171.4	47.2	1039.8	7.4	1597.5	121.1	77.2
T5R3	209.0	41.4	769.8	7.0	1235.4	133.0	81.1
เฉลี่ย	177.3	44.6	1029.9	8.2	1594.0	125.9	82.3

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 30 วัน

แหล่งความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล							
T1R1	84.0	98.2	854.9	32.0	1289.2	117.7	249.6
T1R2	72.2	93.1	694.8	25.4	1267.4	119.0	224.2
T1R3	78.0	96.4	735.1	26.5	1256.7	118.0	230.9
เฉลี่ย	78.1	95.9	761.6	28.0	1271.1	118.2	234.9
น้ำนาเกลือ							
T2R1	73.0	112.2	810.0	32.4	1618.8	118.7	251.0
T2R2	69.4	97.9	780.0	29.3	1491.0	118.0	203.0
T2R3	71.6	129.0	835.8	37.1	1874.4	118.3	266.9
เฉลี่ย	71.3	113.0	808.6	32.9	1661.4	118.3	240.3

ตารางผนวกที่13 (ต่อ)

แหล่งความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำบาดาล							
T3R1	68.8	99.0	765.0	26.1	1395.2	120.3	220.3
T3R2	70.8	90.1	674.8	23.4	1235.4	118.7	190.6
T3R3	65.2	103.2	788.9	27.3	1427.1	117.3	216.0
เฉลี่ย	68.3	97.4	742.9	25.6	1352.6	118.8	209.0
น้ำเกลือ							
T4R1	64.0	30.5	584.9	6.6	969.2	118.3	185.4
T4R2	60.8	35.3	619.9	5.9	1022.4	123.0	282.6
T4R3	65.6	36.2	755.1	7.8	1267.4	119.3	286.5
เฉลี่ย	63.5	34.0	653.3	6.8	1086.3	120.2	251.5
น้ำแร่ธาตุ							
T5R1	112.6	36.0	669.8	6.8	1182.2	122.0	97.7
T5R2	119.4	36.2	657.3	6.2	1054.4	122.0	109.2
T5R3	109.0	34.4	649.9	8.6	745.5	123.0	103.8
เฉลี่ย	113.7	35.6	659.0	7.2	994.0	122.3	103.6

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 45วัน

	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
แหล่งความเค็ม	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล							
T1R1	71.2	75.0	690.0	26.1	1310.0	115.0	205.4
T1R2	57.6	68.6	630.0	24.6	1224.8	117.0	177.6
T1R3	64.6	82.4	739.9	27.7	1405.8	117.0	193.9
เฉลี่ย	64.5	75.4	686.6	26.1	1313.5	116.3	192.3
น้ำนาเกลือ							
T2R1	60.8	62.1	664.9	18.5	1173.9	115.0	149.5
T2R2	52.0	67.4	565.1	17.8	1022.4	117.0	106.8
T2R3	62.8	68.2	473.6	18.3	1005.3	117.0	138.2
เฉลี่ย	58.5	65.9	567.9	18.2	1067.2	116.3	131.5
น้ำบาดาล							
T3R1	64.0	75.8	555.0	23.0	1118.3	117.0	148.4
T3R2	61.0	67.4	466.9	7.4	830.7	114.0	98.2
T3R3	60.4	71.4	635.0	24.6	1235.4	118.0	134.5
เฉลี่ย	61.8	71.5	552.3	18.3	1061.5	116.3	127.0
น้ำเกลือ							
T4R1	54.4	32.2	520.0	5.5	979.8	114.0	146.6
T4R2	65.8	33.4	486.9	5.9	1011.8	113.0	171.0
T4R3	57.8	30.0	549.9	5.5	1086.3	115.0	147.3
เฉลี่ย	59.3	31.9	519.0	5.6	1026.0	114.0	155.0
น้ำแร่ธาตุ							
T5R1	110.0	32.0	460.5	7.4	820.1	113.0	222.9
T5R2	130.0	31.2	468.1	6.2	852.0	113.0	270.6
T5R3	104.0	30.6	362.5	7.0	681.6	114.0	229.9
เฉลี่ย	114.7	31.3	430.3	6.9	784.6	113.3	241.1

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 60 วัน

	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
แหล่งความเค็ม	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล							
T1R1	65.4	66.5	715.1	30.8	1235.4	97.3	179.0
T1R2	63.8	77.6	575.0	24.6	1022.4	99.3	175.7
T1R3	65.6	68.7	613.0	24.6	1065.0	97.3	188.2
เฉลี่ย	64.9	71.0	634.3	26.7	1107.6	98.0	181.0
น้ำนาเกลือ							
T2R1	54.0	53.5	430.0	21.0	1020.6	100.7	150.7
T2R2	55.8	55.1	439.9	25.3	1014.1	100.7	183.8
T2R3	57.4	50.8	454.9	25.6	1063.2	99.7	189.6
เฉลี่ย	55.7	53.1	441.6	24.0	1032.6	100.4	174.7
น้ำบาดาล							
T3R1	60.4	66.3	530.0	21.0	1022.4	101.3	149.3
T3R2	60.2	64.8	549.9	22.2	915.9	98.3	160.8
T3R3	58.0	66.2	515.1	17.7	1203.5	101.3	148.3
เฉลี่ย	59.5	65.8	531.7	20.3	1047.3	100.3	152.8
น้ำเกลือ							
T4R1	44.8	26.0	512.9	4.1	809.4	108.0	57.1
T4R2	42.6	30.7	519.7	4.9	820.1	107.0	289.9
T4R3	40.8	32.0	515.1	4.3	1022.4	108.0	78.7
เฉลี่ย	42.7	29.6	515.9	4.5	884.0	107.7	141.9
น้ำแร่ธาตุ							
T5R1	76.4	32.3	430.0	3.9	726.6	107.0	102.7
T5R2	87.2	31.2	405.0	3.7	780.1	105.0	124.3
T5R3	91.2	30.8	428.0	4.8	771.0	105.0	229.4
เฉลี่ย	84.9	31.4	421.0	4.1	759.2	105.7	152.2

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณอิออนในน้ำก่อนการทดลองที่ 2

	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
ความเค็ม	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล 10 พีพีที	162.2	458.9	3376.4	119.0	6203.6	127.3	903.4
นาเกลือ 10 พีพีที	179.8	502.1	3099.9	135.3	6177.0	118.0	913.9
นาเกลือ 5 พีพีที	141.8	307.6	1909.9	80.0	3674.3	120.7	582.2
นาเกลือ 3 พีพีที	127.8	202.3	1385.1	59.7	2715.8	123.3	377.8
นาเกลือ 1 พีพีที	94.2	143.0	850.1	35.9	1704.0	121.3	285.1

ตารางผนวกที่ 17 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 15 วัน

	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
ความเค็ม	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล 10 พีพีที							
T1R1	101.2	165.5	1365.8	64.5	3087.4	119.3	556.7
T1R2	107.0	173.6	1432.1	61.2	3132.5	120.3	532.2
T1R3	104.6	172.9	1402.1	60.0	3108.3	117.3	541.1
เฉลี่ย	104.3	170.7	1400.0	61.9	3109.4	119.0	543.3
น้ำนาเกลือ10 พีพีที							
T2R1	97.4	203.3	1325.2	76.6	3218.6	121.7	556.1
T2R2	93.9	211.1	1577.4	70.1	3367.1	122.7	593.4
T2R3	95.4	204.8	1580.6	68.2	3154.3	120.7	575.6
เฉลี่ย	95.6	206.4	1494.4	71.6	3246.7	121.7	575.1
น้ำนาเกลือ 5 พีพีที							
T3R1	98.5	158.3	884.0	51.7	1789.1	119.3	321.2
T3R2	100.7	175.6	857.1	41.1	1643.5	114.3	318.0
T3R3	100.1	183.3	894.1	40.9	1792.0	115.3	336.2
เฉลี่ย	99.8	172.4	878.4	44.6	1741.5	116.3	325.1

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

ความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำนาเกลือ 3 พีพีที							
T4R1	102.7	118.3	911.8	37.1	1667.3	119.0	321.0
T4R2	101.1	130.6	903.2	35.0	1589.7	117.0	338.0
T4R3	103.0	121.8	921.6	39.8	1684.1	117.0	397.0
เฉลี่ย	102.3	123.6	912.2	37.3	1647.0	117.7	352.0
น้ำนาเกลือ 1 พีพีที							
T5R1	78.3	100.3	643.7	21.8	1175.1	116.7	216.1
T5R2	74.8	93.5	654.6	28.1	1043.2	117.7	243.4
T5R3	79.0	95.0	662.6	22.3	1115.2	117.7	208.0
เฉลี่ย	77.4	96.3	653.6	24.0	1111.2	117.4	222.5

ตารางผนวกที่ 18 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 30 วัน

ความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล 10 พีพีที							
T1R1	88.7	112.5	1262.0	50.2	3003.8	114.3	506.5
T1R2	75.4	107.0	1298.5	45.8	2912.1	112.3	533.2
T1R3	90.2	100.8	1243.4	55.4	2907.0	110.3	524.5
เฉลี่ย	84.8	106.7	1268.0	50.5	2941.0	112.3	521.4
น้ำนาเกลือ 10 พีพีที							
T2R1	65.5	135.7	1400.3	63.5	3203.0	113.0	595.4
T2R2	72.1	126.1	1387.0	70.2	3113.6	114.0	574.6
T2R3	78.7	121.4	1420.1	60.8	3129.6	112.0	603.9
เฉลี่ย	72.1	127.7	1402.4	64.8	3148.7	113.0	591.3

ตารางผนวกที่ 18 (ต่อ)

ความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำนาเกลือ 5 พีพีที							
T3R1	85.4	103.1	673.7	29.8	1542.8	113.0	254.8
T3R2	86.9	91.3	670.1	36.9	1476.9	111.0	298.1
T3R3	80.2	111.2	670.6	32.8	1446.9	116.0	305.5
เฉลี่ย	84.2	101.9	671.5	33.1	1488.8	113.3	286.1
น้ำนาเกลือ 3 พีพีที							
T4R1	100.4	90.4	679.8	35.5	1387.4	114.0	268.8
T4R2	90.3	80.6	653.2	38.5	1485.4	115.0	265.5
T4R3	97.0	88.4	648.8	40.0	1395.5	114.0	280.0
เฉลี่ย	95.9	86.5	660.6	38.0	1422.7	114.3	271.4
น้ำนาเกลือ 1 พีพีที							
T5R1	73.0	68.1	468.1	10.6	767.5	114.0	213.5
T5R2	60.2	53.9	476.0	15.2	724.5	113.0	229.5
T5R3	68.7	64.0	461.2	13.0	789.6	113.0	244.0
เฉลี่ย	67.3	62.0	468.4	12.9	760.5	113.3	229.0

ตารางผนวกที่ 19 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 45 วัน

ความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล 10 พีพีที							
T1R1	65.4	100.5	1187.5	40.4	2704.8	105.0	531.5
T1R2	74.6	103.1	1180.3	48.3	2678.6	100.0	550.6
T1R3	70.0	109.3	1193.0	52.5	2805.0	103.0	410.1
เฉลี่ย	70.0	104.3	1186.9	47.1	2729.5	102.7	497.4

ตารางผนวกที่ 19 (ต่อ)

ความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำนาเกลือ 10 พีพีที							
T2R1	68.4	117.0	1298.0	47.1	2599.5	101.0	480.5
T2R2	74.6	120.5	1263.8	42.1	2619.4	102.0	396.2
T2R3	63.7	121.5	1250.5	44.0	2607.4	101.0	475.5
เฉลี่ย	68.9	119.7	1270.8	44.4	2608.8	101.3	450.8
น้ำนาเกลือ 5 พีพีที							
T3R1	74.1	86.5	651.6	21.0	1205.7	100.0	147.5
T3R2	80.5	88.2	660.3	18.5	1259.4	98.0	153.2
T3R3	78.5	90.5	648.2	23.4	1265.0	100.0	165.9
เฉลี่ย	77.7	88.4	653.4	20.9	1243.4	99.3	155.5
น้ำนาเกลือ 3 พีพีที							
T4R1	92.7	70.2	543.4	36.0	1258.5	97.0	134.7
T4R2	90.5	73.9	558.1	32.7	1266.8	99.0	129.6
T4R3	91.2	72.8	556.6	35.0	1243.1	95.0	154.3
เฉลี่ย	91.4	72.3	552.7	34.5	1256.1	97.0	139.5
น้ำนาเกลือ 1 พีพีที							
T5R1	60.6	45.7	308.7	8.5	453.5	101.0	106.8
T5R2	58.2	46.0	304.4	10.5	460.7	98.0	143.6
T5R3	70.3	47.1	310.5	10.4	471.0	98.0	176.5
เฉลี่ย	63.1	46.3	307.9	9.8	461.7	99.0	142.3

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณอิออนในน้ำเมื่ออายุกุ้ง 60 วัน

ความเค็ม	ปริมาณอิออน (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
น้ำทะเล 10 พีพีที							
T1R1	60.6	84.5	956.3	38.4	2186.5	87.0	531.5
T1R2	68.2	80.2	974.7	35.7	2288.7	87.0	554.8
T1R3	63.3	78.3	961.5	38.1	2110.0	86.0	512.7
เฉลี่ย	64.1	81.0	964.2	37.4	2195.0	86.7	533.0
น้ำนาเกลือ 10 พีพีที							
T2R1	66.1	78.5	1004.4	35.7	2100.3	90.0	506.3
T2R2	68.8	80.3	986.5	32.3	2032.0	90.7	532.5
T2R3	65.6	85.4	974.4	34.1	2192.1	91.0	578.2
เฉลี่ย	66.8	81.4	988.5	34.0	2108.2	90.6	539.0
น้ำนาเกลือ 5 พีพีที							
T3R1	80.3	84.6	707.5	14.5	1065.5	91.0	187.6
T3R2	72.7	83.7	685.2	10.4	985.4	91.0	174.1
T3R3	71.3	85.0	721.5	19.4	897.4	89.0	186.3
เฉลี่ย	74.8	84.4	704.7	14.8	982.8	90.3	182.7
น้ำนาเกลือ 3 พีพีที							
T4R1	87.6	67.6	532.8	15.7	932.1	87.0	153.6
T4R2	90.0	65.3	540.2	16.2	956.2	86.0	124.2
T4R3	86.2	67.0	537.0	11.6	919.1	87.0	113.8
เฉลี่ย	88.0	66.6	536.7	14.5	935.8	86.7	130.5
น้ำนาเกลือ 1 พีพีที							
T5R1	52.6	32.2	275.3	5.4	206.3	90.3	105.4
T5R2	58.2	31.5	284.2	4.9	195.6	87.3	97.7
T5R3	56.9	32.0	271.0	5.1	216.4	86.3	101.8
เฉลี่ย	55.9	31.9	276.9	5.1	206.1	88.0	101.6

ตารางผนวกที่ 21 ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของบ่อทดลอง จังหวัดราชบุรี บ่อทดลอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

บ่อทดลอง จ.ราชบุรี	ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลผลิต (กก./ไร่)	สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนัก		อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน/ตัว)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการแลกเนื้อ
				< 6 กรัม	>6 กรัม			
1	130	25.6	1260	3	97	0.197	78.7	1.47
2	115	18.25	970	4.2	95.8	0.159	85	1.44
3	118	18.18	1036	4.8	95.2	0.154	91.2	1.34
4	120	17.24	890	6.1	93.9	0.144	82.5	1.42
5	120	16.67	975	5.8	94.2	0.139	93.6	1.51
6	126	19.23	1055	4.4	95.6	0.153	87.8	1.38
7	124	18.52	1026	4.7	95.3	0.149	88.6	1.32
8	124	18.6	875	3.8	96.2	0.15	75.3	1.38
เฉลี่ย	122	19.04	1010.88	4.6	95.4	0.156	85.34	1.41
บ่อทดลอง จ.ประจวบฯ	ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลผลิต (กก./ไร่)	สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนัก		อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการแลกเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการแลกเนื้อ
				< 6 กรัม	>6 กรัม			
1	145	31.25	1857	0.3	97.7	0.215	95.1	1.72
2	145	31.25	1663	0.5	99.5	0.215	85.1	1.75
3	150	33.33	1540	0.3	99.7	0.222	73.9	1.7
4	150	32.26	1760	0.2	99.8	0.215	87.3	1.82
5	147	29.41	1490	1	99	0.2	81.1	1.69
6	147	31.25	1650	0.5	99.5	0.213	84.5	1.78
7	149	28.57	1580	0.8	99.2	0.192	88.5	1.64
8	149	32.26	1780	0.6	99.4	0.217	88.3	1.8
เฉลี่ย	148	31.20	1665	0.53	99.23	0.211	85.48	1.74

ตารางผนวกที่ 22 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 1 จ. ราชบุรี (130 วัน)

อายุกุ้ง (วัน)	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-	Trans.	Sal.	EC
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.5	9.7	7.5	7.8	29.8	32.0	157.80	965.07	0.5138	0.1212	32.00	4.80	9.07
14	7.1	9.7	7.4	7.7	30.0	32.4	151.33	937.33	0.3955	0.0249	30.50	3.70	6.72
21	6.6	9.4	7.5	8.1	30.0	32.4	142.47	877.87	0.2864	0.1006	28.00	2.60	4.76
28	6.5	9.9	7.8	8.0	29.5	32.8	104.80	752.53	0.5727	0.0181	30.00	2.20	4.40
35	5.9	12.0	7.7	8.3	30.3	33.0	113.27	798.00	0.2182	0.0215	29.00	2.00	4.00
42	5.3	11.0	8.0	8.3	30.9	33.1	154.00	774.67	0.5455	0.0353	30.00	2.80	5.29
49	5.6	10.5	7.9	8.2	30.2	33.2	96.33	644.00	0.4091	0.0525	25.00	2.70	5.09
56	5.2	11.0	7.7	8.1	30.0	32.9	84.00	564.00	0.5318	0.1124	22.00	2.70	5.00
63	5.3	13.5	7.8	8.3	30.2	33.1	132.67	637.33	0.4636	0.1350	25.50	2.30	4.49
70	4.4	13.3	7.6	8.4	29.9	33.0	130.67	618.67	0.1909	0.0559	21.00	2.50	4.70
77	4.6	13.2	8.0	8.5	29.3	31.5	84.67	564.00	0.0955	0.0800	18.00	1.70	3.33
84	4.2	13.0	8.0	8.7	30.5	32.9	93.33	580.00	0.0955	0.2107	16.00	2.20	4.10
91	3.8	13.6	8.1	8.7	29.9	32.5	91.33	486.67	0.0273	0.1281	14.00	1.50	2.95
98	3.4	13.5	8.2	8.8	30.1	32.7	96.33	618.67	0.0955	0.1350	14.00	1.50	2.95
105	3.8	12.6	8.0	8.9	30.0	32.5	102.00	644.00	0.2273	0.1006	13.00	1.50	2.90
112	3.5	11.7	8.1	8.9	29.8	32.6	91.33	537.33	0.3136	0.1281	12.00	1.30	2.69
119	3.2	12.4	8.0	9.0	30.5	32.7	94.64	618.67	0.3482	0.1212	13.00	1.00	2.33
126	3.0	13.5	8.2	8.9	30.6	33.0	96.33	644.00	0.4636	0.2107	10.00	1.00	2.33

ตารางผนวกที่ 23 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 2 จ. ราชบุรี (115 วัน)

อายุกุ้ง (วัน)	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-	Trans.	Sal.	EC
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.7	8.9	7.8	8.0	29.8	31.5	148.20	891.73	0.3545	0.3001	25.00	4.20	7.40
14	7.1	9.4	8.0	8.1	30.3	32.5	154.53	853.47	0.1773	0.1178	25.00	3.60	6.56
21	6.8	9.0	7.7	8.0	30.1	30.9	156.40	825.87	0.6409	0.0249	23.00	2.80	5.20
28	5.8	9.2	7.8	8.4	30.1	30.1	161.27	749.07	0.5727	0.1144	22.50	2.40	4.90
35	4.5	8.3	7.7	7.8	30.0	32.5	111.46	753.47	0.3409	0.0800	24.50	3.00	5.76
42	3.9	10.2	7.1	8.6	29.4	32.9	119.53	813.73	1.1455	0.1350	26.00	2.90	5.18
49	3.4	12.1	7.3	7.9	30.1	32.3	141.00	659.73	0.9273	0.8560	20.00	1.60	5.29
56	3.8	13.5	7.9	8.3	29.9	32.6	93.33	580.00	0.5727	0.4215	18.00	2.50	6.52
63	5.1	14.1	8.0	8.6	30.0	32.8	109.33	581.33	0.4091	0.3482	19.00	2.30	4.34
70	6.0	11.6	7.9	8.4	29.6	32.8	114.00	524.00	0.5318	0.3001	16.00	1.10	2.10
77	6.1	13.0	8.1	8.2	30.1	32.5	63.33	477.33	0.3955	0.1124	12.50	2.00	3.75
84	5.9	10.3	7.8	8.2	29.6	32.2	95.33	493.33	0.3273	0.2494	12.00	2.00	3.80
91	5.5	11.0	7.8	8.2	29.9	31.5	88.67	374.67	0.3409	0.4214	18.00	1.20	4.67
98	4.8	12.0	7.8	8.5	29.8	32.8	103.76	370.54	0.1772	0.4576	16.00	1.12	2.19
105	4.5	12.7	8.0	8.3	29.9	32.1	110.66	320.15	0.2664	0.3540	16.00	1.03	2.06
112	4.6	13.0	8.0	8.5	29.8	32.3	97.17	285.04	0.2756	0.2731	15.00	0.97	1.96

ตารางผนวกที่ 24 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 3 จ.ราชบุรี (118 วัน)

อายุกุ้ง (วัน)	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-	Trans.	Sal.	EC
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	5.8	9.3	7.8	7.9	30.0	31.4	174.47	817.87	0.3136	0.1900	26.00	4.50	8.80
14	6.4	10.4	7.7	7.9	30.0	30.4	143.53	797.33	0.3136	0.0696	28.00	3.20	5.72
21	5.7	11.3	7.7	7.8	31.2	32.8	138.33	801.87	0.2591	0.0112	24.50	2.50	4.84
28	5.9	10.9	7.5	7.7	30.4	32.9	151.73	709.60	0.3955	0.0146	22.00	2.30	4.50
35	5.4	11.3	7.5	7.9	30.6	32.4	117.40	730.53	0.3136	0.0077	23.50	1.50	2.87
42	5.5	12.0	7.9	8.1	29.6	32.3	139.73	625.47	0.1636	0.0421	21.00	2.90	5.10
49	5.4	11.8	7.9	8.1	30.1	32.4	101.53	601.60	0.3545	0.0284	20.00	2.70	5.10
56	5.4	12.1	7.7	7.9	29.9	32.4	87.33	544.00	0.0136	0.0146	17.00	2.60	4.90
63	6.3	11.7	7.6	7.9	30.0	32.4	101.33	582.67	0.2591	0.0181	5.80	2.30	4.50
70	4.8	13.7	7.5	7.7	29.7	32.2	108.67	584.00	0.2318	0.0800	20.00	2.40	4.60
77	4.4	12.2	7.6	7.8	30.0	32.3	86.00	613.33	0.2864	0.0318	12.50	2.00	3.75
84	3.6	11.6	7.8	8.0	30.3	32.3	90.00	581.33	0.2455	0.1763	20.00	2.00	3.80
91	3.5	13.4	8.1	8.2	29.4	31.9	106.67	438.67	0.2864	0.3482	20.00	1.30	2.55
98	5.1	12.6	7.9	8.4	29.9	31.6	107.33	524.00	0.3136	0.5591	18.00	2.00	3.80
105	4.7	12.5	8.0	8.5	29.9	32.0	115.05	557.67	0.2214	0.2579	16.00	1.8	3.50
112	4.3	11.7	7.9	8.3	29.6	31.8	102.58	576.17	0.2667	0.3458	16.00	1.57	3.09

ตารางผนวกที่ 25 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 4 จ. ราชบุรี (120 วัน)

อายุกุ้ง (วัน)	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO_2^-	Trans.	Sal.	EC
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.4	9.0	7.3	7.5	29.9	32.6	161.80	1064.53	0.5455	0.1109	29.00	4.50	8.80
14	7.3	10.2	7.3	7.6	29.9	32.2	148.47	1042.67	0.5318	0.1144	26.50	4.20	7.40
21	7.1	10.1	7.5	7.7	30.1	32.5	157.07	883.47	0.2455	0.0215	24.00	3.10	5.67
28	5.5	9.7	7.7	8.0	30.2	32.4	121.47	950.53	0.3818	0.0215	23.50	2.50	4.90
35	5.8	12.0	7.8	8.1	30.0	32.2	107.33	830.53	0.5727	0.0146	22.00	1.60	3.01
42	5.4	9.5	7.4	7.7	30.4	32.3	156.13	758.80	0.3136	0.0146	24.00	2.90	5.38
49	4.6	10.7	7.7	7.9	30.2	32.3	99.60	658.67	0.1227	0.0421	22.00	1.50	2.90
56	4.4	11.1	7.5	7.8	29.3	32.8	78.67	554.67	0.0818	0.0077	22.00	1.30	2.69
63	4.0	14.2	7.3	7.6	30.3	32.7	118.00	553.33	0.1227	0.0112	21.50	2.30	4.46
70	5.3	14.7	7.1	7.6	29.8	32.2	128.00	564.00	0.3273	0.0387	18.00	1.20	2.30
77	5.2	12.5	7.4	7.7	29.6	32.2	92.67	566.67	0.2182	0.0628	17.00	1.80	3.41
84	4.7	13.4	7.8	8.0	29.7	32.4	93.33	533.33	0.2318	0.1178	15.00	2.00	3.90
91	5.1	14.5	7.8	8.1	29.7	32.7	102.00	537.33	0.2318	0.2844	13.00	1.50	2.96
98	3.9	14.5	8.1	8.2	30.5	33.1	122.00	641.33	0.3273	0.3482	13.00	2.30	4.30
105	3.5	13.4	7.9	8.5	30.9	32.6	118.00	576.17	0.3482	0.2109	12.50	2.20	4.10
112	3.2	12.4	7.5	8.9	31.0	33.2	107.33	553.33	0.3273	0.2844	11.00	1.50	2.95
119	3.8	14.5	8.0	8.8	30.5	33.5	99.6	537.33	0.4636	0.3482	10.00	1.50	2.95

ตารางผนวกที่ 26 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 5 จ. ราชบุรี (120 วัน)

อายุกุ้ง(วัน)	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.4	9.0	7.3	7.5	29.9	32.6	161.80	1064.53	0.5455	0.1109	27.00	6.50	12.50
14	4.6	8.2	7.7	8.0	30.0	32.4	161.20	1781.33	0.9545	1.1200	24.00	6.30	11.00
21	5.1	10.3	7.6	7.9	31.6	30.8	113.67	1518.40	0.4227	1.6139	25.00	5.30	9.46
28	4.8	13.4	7.8	8.1	30.1	32.0	105.07	1540.00	1.0500	0.2154	24.50	5.20	3.43
35	3.5	14.8	7.5	8.0	29.9	32.0	103.73	1400.80	2.2227	0.7746	25.00	4.70	8.85
42	3.2	15.6	7.2	8.4	29.8	30.2	52.53	1574.67	3.4682	1.1246	20.00	2.80	4.30
49	3.9	13.5	7.9	8.3	29.8	31.5	144.20	1351.87	0.7909	0.6960	26.00	4.70	8.50
56	4.6	12.4	7.4	7.9	29.5	32.6	136.27	1379.20	1.5818	0.9874	25.00	4.10	7.51
63	5.1	13.8	7.5	8.1	29.8	32.5	110.67	1378.67	0.6955	0.0456	20.00	3.90	7.20
70	5.8	14.6	7.5	7.9	29.6	32.5	93.33	1332.00	0.3355	0.0112	25.00	2.60	6.50
77	6.4	9.5	7.4	7.7	30.1	32.2	151.33	1266.00	0.2045	0.0249	26.00	3.50	6.50
84	7.2	10.1	7.6	7.9	29.8	32.3	108.67	1173.33	1.0227	0.0181	28.00	2.30	4.43
91	5.9	10.3	7.9	8.2	29.8	32.2	122.67	1172.00	1.6636	0.0215	20.50	2.40	4.60
98	7.1	13.7	7.8	8.1	30.2	32.0	94.67	1154.67	1.0909	0.1109	10.00	2.30	4.27
105	5.6	13.1	7.9	8.4	29.7	32.8	104.00	1069.33	0.6409	0.4356	12.00	2.50	4.70
112	6.5	15.4	8.0	8.3	29.3	31.6	63.33	1170.67	0.0545	0.1522	18.00	2.00	3.80
119	6.1	18.3	7.8	8.1	29.5	31.8	113.33	1032.00	1.4591	0.7746	18.00	1.70	3.20

ตารางผนวกที่ 27 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 6 จ.ราชบุรี (126 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.5	9.7	7.5	7.8	29.8	32.0	157.80	965.07	0.5138	0.1212	27.50	6.30	11.00
14	6.8	8.1	7.6	8.1	30.0	32.4	191.93	1477.20	1.5273	1.2889	25.00	5.20	9.20
21	5.7	9.8	7.7	8.0	31.6	30.8	144.67	1426.53	0.6136	0.0696	24.50	5.40	9.63
28	4.3	13.9	7.5	7.9	30.1	32.0	95.87	1347.07	2.2227	0.2154	24.00	4.40	7.26
35	3.6	15.3	7.1	8.5	29.9	32.0	104.47	1375.33	3.7091	0.1125	22.00	4.70	8.52
42	3.9	14.7	7.9	8.3	29.8	30.2	108.93	1234.40	1.2273	0.7786	21.00	4.80	8.64
49	4.1	12.9	7.6	8.2	29.8	31.5	151.33	1195.87	1.0500	1.2642	24.00	4.00	7.38
56	4.7	13.1	7.4	8.0	29.5	32.6	130.27	1108.93	1.5409	0.8112	23.00	3.20	6.06
63	5.6	13.7	7.4	7.7	29.8	32.5	104.00	916.00	1.8955	0.0077	20.00	2.70	4.90
70	6.1	14.6	7.5	7.9	29.6	32.5	130.67	985.33	0.4364	0.1006	22.00	2.60	5.31
77	7.1	10.3	7.7	7.9	30.1	32.2	114.00	912.00	0.4773	0.0284	20.00	1.70	3.20
84	6.5	12.4	7.6	8.0	29.8	32.3	110.00	846.67	0.8318	0.0249	23.00	2.20	4.17
91	7.8	14.6	7.8	8.1	29.8	32.2	127.33	922.67	0.5455	0.6620	20.00	2.20	4.20
98	6.9	13.6	7.6	7.8	30.2	32.0	84.00	826.67	2.4818	0.2840	10.00	2.10	3.98
105	5.7	13.8	7.4	7.9	29.7	32.8	99.33	816.00	1.0773	0.1124	14.00	2.40	4.40
112	6.9	14.6	7.5	8.0	29.3	31.6	121.33	848.00	0.2182	0.1178	12.00	1.80	3.50
119	6.1	16.1	7.3	8.0	29.5	31.8	122.00	784.00	0.1500	0.1831	14.00	1.60	3.00
126	3.8	13.2	7.4	8.1	30.1	32.9	164.00	797.33	0.2045	0.1316	13.00	1.50	2.95

ตารางผนวกที่ 28 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 7 จ.ราชบุรี (124 วัน)

อายุกุ้ง (วัน)	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.7	8.9	7.8	8.0	29.8	31.5	148.20	891.73	0.3545	0.3001	28.50	8.60	14.80
14	6.3	10.2	7.8	8.1	29.9	31.8	163.00	2396.67	1.2273	0.7545	28.00	6.30	11.00
21	5.8	10.3	7.9	8.0	30.0	32.0	87.40	1418.13	0.5864	0.0387	27.00	5.90	10.49
28	5.1	12.3	7.7	8.0	30.2	32.7	76.00	1353.73	0.6955	0.0112	24.25	4.60	8.21
35	4.9	11.4	7.8	8.1	30.0	31.3	109.73	1589.07	1.0091	0.0112	22.50	5.30	9.49
42	5.4	10.5	8.0	8.3	30.4	31.3	89.73	1309.07	0.6682	0.0077	20.00	5.10	9.13
49	5.8	10.7	7.9	8.1	30.4	32.5	111.93	1233.73	1.6636	0.0318	23.00	4.80	8.60
56	6.5	10.2	8.0	8.2	31.1	33.3	71.73	1152.40	1.1318	0.0215	23.00	4.30	4.20
63	7.0	11.3	7.8	8.2	30.0	32.4	61.33	936.67	1.1045	0.0215	25.00	3.80	7.00
70	7.2	10.8	7.4	7.8	29.9	32.5	131.33	1049.33	0.4909	0.1522	20.00	2.70	5.27
77	6.9	9.6	7.5	7.9	30.0	32.7	130.67	974.67	0.4364	0.6887	22.00	3.60	6.50
84	7.5	10.2	7.7	8.1	30.2	32.9	108.67	434.67	0.1227	0.1797	19.00	2.20	4.17
91	7.3	10.6	7.6	8.0	29.8	32.8	113.33	893.33	1.0636	0.0593	22.50	1.80	3.50
98	7.9	10.9	7.6	7.8	30.0	32.3	88.67	876.00	0.2182	0.4114	18.00	2.10	3.97
105	6.6	12.1	7.5	7.9	29.8	32.3	130.00	853.33	0.1227	0.1264	19.00	2.30	4.40
112	7.3	10.2	7.8	8.0	29.4	31.5	104.00	901.33	0.0136	0.0043	15.00	1.80	3.50
119	4.8	12.4	7.4	7.9	29.8	32.3	113.33	826.67	0.6682	0.1728	13.00	1.60	3.10

ตารางผนวกที่ 29 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 8 จ. ราชบุรี (124 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	5.8	9.3	7.8	7.9	30.0	31.4	174.47	817.87	0.3136	0.1900	28.00	7.60	13.31
14	6.5	9.8	7.7	8.0	30.1	30.9	179.27	1770.27	1.3091	0.7015	25.00	6.50	11.40
21	6.1	10.1	8.0	8.3	30.2	32.8	115.07	1956.93	0.2727	0.6540	23.00	6.60	11.58
28	5.7	11.3	7.9	8.1	30.2	32.3	89.47	1837.93	1.4591	0.1066	25.00	6.40	11.35
35	5.1	10.5	7.7	8.1	30.0	30.9	99.67	2095.73	0.4636	0.0146	25.50	6.40	11.34
42	5.9	11.7	7.9	8.4	30.5	32.5	93.80	1849.33	0.6545	0.0112	21.00	6.00	10.32
49	6.7	11.8	7.6	8.2	30.5	32.3	102.60	1651.33	1.8955	0.0181	24.00	5.10	7.56
56	5.8	10.7	7.8	8.1	29.8	32.4	140.27	1556.67	1.9909	0.0249	21.00	4.50	8.20
63	6.9	12.8	7.5	7.9	30.0	32.4	122.67	1298.00	1.0909	0.0077	20.00	3.70	7.18
70	7.1	13.5	7.5	7.8	30.0	32.7	116.00	1341.33	0.6000	0.0112	23.00	4.10	7.80
77	7.0	12.6	7.6	7.9	29.6	32.2	130.00	1254.67	0.2318	0.0696	23.00	2.60	4.93
84	6.4	11.3	7.8	8.0	29.6	32.0	130.67	1285.33	0.6409	0.1694	15.00	2.50	4.80
91	7.3	10.5	7.7	8.1	30.0	32.2	134.00	1209.33	1.0091	0.4445	18.50	2.70	4.98
98	7.6	11.1	7.5	7.9	29.7	32.3	90.67	1194.67	0.1909	0.1264	10.00	2.60	5.00
105	6.1	11.9	7.6	8.2	30.2	32.2	122.67	1149.33	1.0773	0.4492	16.00	1.90	3.70
112	7.1	12.6	7.8	8.3	29.6	31.2	130.67	1146.67	0.6818	0.1264	10.00	1.70	3.30
119	4.3	13.4	7.4	8.4	29.9	32.4	110.00	1053.33	0.3409	0.4030	15.00	1.50	2.95

ตารางผนวกที่ 30 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 1 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (145 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	7.4	8.4	8.1	8.2	29	32	127	1064.0	0.436	0.023	34	5.1	9.00
14	7.2	8.6	8.1	8.2	29	30.5	124	1058.8	0.630	0.024	32	5.0	8.84
21	7.2	10	8	8.3	28	30	124	1019.6	0.640	0.026	31	5.0	9.14
28	6.8	8.6	8.3	8.2	29	30	122	930.0	0.750	0.027	29	5.0	8.99
35	5.8	9.7	8	8.3	29	30	120	1018.0	0.860	0.028	28	4.8	8.51
42	6.2	9.1	8.1	8.3	30	31	115	1052.0	0.870	0.032	26	4.4	7.94
49	6.2	9	7.8	8	28	30	114	1051.6	0.910	0.032	24	4.7	8.34
56	4.4	12.8	7.9	8.2	29	30	114	1021.6	0.980	0.052	21	4.8	8.58
63	4.2	11	7.8	8	31	31	111	1032.0	0.990	0.069	19	4.7	8.25
70	6.1	9.7	7.8	8.1	29	32	110	1012.8	1.040	0.088	14	4.5	8.12
77	6.8	7.4	7.8	8	28	30	111	1017.6	0.410	0.095	15	4.2	7.75
84	5.4	5	7.6	7.8	29	31	109	1042.4	0.580	0.043	11	4.1	7.42
91	5.5	8.1	7.7	7.9	29	31	106	931.6	0.680	0.033	19	3.8	6.80
98	6.5	7.4	7.7	8	28	30	104	896.0	0.870	0.048	17	3.2	5.86
105	5.4	11	7.7	8.1	30	33	102	861.2	0.950	0.048	15	3.0	5.48
112	5.7	10	7.8	7.8	29	31	100	820.0	1.070	0.053	14	2.6	4.77
119	5.3	7.4	7.9	8.2	29	32	99	796.0	1.240	0.056	13	2.2	4.18
126	6.4	5.1	7.6	7.9	29	32	99	779.6	0.610	0.063	14	2.1	3.82

ตารางผนวกที่ 30 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
133	4	9.3	7.5	7.6	30	33	97	745.6	0.569	0.063	13	1.8	3.24
140	4	8.7	7.4	7.6	29	32	96	742.8	0.549	0.063	13	1.7	3.23

ตารางผนวกที่ 31 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 2 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (145 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	7.3	10.2	8.1	8.3	29	30.3	125	1094.0	0.432	0.012	34	4.8	8.70
14	6.4	8.4	7.7	8	28	30.5	129	1092.4	0.598	0.016	32	4.4	7.92
21	6.7	9.3	8	8.1	29	32.1	127	1082.8	0.740	0.019	32	4.5	7.94
28	6.9	8.9	8.1	8.3	29	30.5	127	1056.0	0.820	0.026	30	4.6	8.28
35	6.1	9.1	8	8.3	28.5	31.4	125	1096.4	0.830	0.027	28	4.5	7.95
42	5.7	8.7	8.3	8.4	29	31.2	119	1104.8	0.840	0.038	24	4.4	7.80
49	5.9	9.8	8.1	8.3	28	30.5	118	1092.4	0.950	0.066	20	4.5	7.99
56	5.7	8.2	7.9	8.1	29.5	30.5	115	1103.2	0.830	0.044	17	4.5	8.01
63	5.5	8.2	8.1	8.1	29.5	31	114	1105.2	1.040	0.063	16	4.7	8.32

ตารางผนวกที่ 31 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.		Alk.	Hard.	NH3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
70	7.9	8.4	8.2	8.3	31	32.7	113	1135.6	0.970	0.077	18	4.6	8.26
77	7.9	8.9	7.8	8	30.5	32	111	1057.6	0.530	0.084	17	4.2	7.53
84	6.5	8.1	7.9	8.1	30.5	31.2	118	1057.6	0.480	0.063	17	3.2	5.78
91	6.3	8.8	7.6	8	29	30.8	115	973.6	0.840	0.052	18	3.5	6.38
98	6.7	8.6	7.9	8.1	31	33.7	118	938.0	0.621	0.072	16	2.4	4.30
105	6.4	8.0	7.7	8.4	29	30.9	116	911.2	0.621	0.078	18	2.2	3.83
112	5.7	7.4	7.7	8.2	29	30.5	110	860.4	0.634	0.085	17	2.4	4.22
119	6.1	9.8	8.1	8.3	29	31.8	108	820.0	0.662	0.083	16	1.6	2.93
126	6.5	8.6	7.9	8.2	29	32.2	109	780.0	0.683	0.090	17	1.8	3.40
133	4.9	8.7	7.7	8.4	30	33.7	106	738.4	0.698	0.098	15	1.8	3.18
140	4.8	8.2	7.6	8.3	30	33.8	108	737.2	0.698	0.099	15	1.8	3.13

ตารางผนวกที่ 32 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 3 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (150 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
7	7.5	8.2	7.9	8	29.1	29.8	130	1077.2	0.367	0.001	33	5.0	9.00
14	7.6	7.9	8.2	8.2	28.2	29.9	128	1061.6	0.378	0.002	32	4.6	8.21

ตารางผนวกที่ 32 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
21	6.8	7.6	8.1	8.2	28.4	30	126	1030.0	0.385	0.003	30	4.4	7.92
28	7.3	8.2	8	8.1	28.5	30	124	1010.0	0.393	0.004	29	5.1	9.21
35	6.4	8.2	8.1	8.2	28.3	32	123	1075.6	0.402	0.006	27	4.8	8.44
42	5.9	8.3	7.4	7.9	30.1	31.2	120	1097.2	0.413	0.006	26	4.4	7.95
49	5.4	7.4	7.8	8	28.4	30	118	1084.4	0.437	0.007	23	4.5	7.99
56	5.1	7.3	8	8.2	29.1	30	116	1091.6	0.450	0.021	21	4.6	8.30
63	4.5	8.2	8	8.2	30.3	31	114	1108.4	0.451	0.033	20	4.0	7.00
70	6.3	8.4	7.8	8	30.1	31.6	113	1115.6	0.467	0.052	18	4.1	7.41
77	7	8.9	7.7	8.1	29.7	31	119	1033.6	0.473	0.073	16	4.3	7.76
84	5.9	9.6	7.6	7.9	31.1	31	116	1015.6	0.488	0.082	15	4.0	7.13
91	5.3	9.3	7.8	8	29.4	32	113	953.6	0.494	0.017	13	3.2	5.80
98	6.5	9.8	7.7	8	29.3	31	112	904.4	0.508	0.017	24	3.0	5.44
105	5.9	10.5	7.8	8	30.3	33	113	886.8	0.514	0.019	22	2.5	4.54
112	5.7	10.2	7.6	8	29.8	32	111	839.6	0.528	0.020	16	2.1	3.74
119	4.2	9.5	7.3	8.1	31.5	33	109	804.0	0.532	0.021	15	1.8	3.16
126	5.9	11.3	7.5	8	29.5	31	103	778.8	0.548	0.023	13	1.9	3.39
133	4.9	10.1	7.5	8.1	30.1	32	102	744.4	0.557	0.024	12	1.6	2.88

ตารางผนวกที่ 32 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.		Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย							
140	4.7	9.5	7.4	8.2	30.2	32	102	746.4	0.558	0.023	13	1.7	2.92
147	4.7	9.4	7.3	8.1	30.4	32.3	101	740.8	0.563	0.024	12	1.6	2.88

ตารางผนวกที่ 33 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 4 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (150 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	7.2	8.8	7.9	8.2	29.1	30.2	131	1096.8	0.239	0.013	35	5.0	8.73
14	7.1	8.9	7.5	8.3	28.2	29.4	129	1095.2	0.341	0.013	33	4.8	8.43
21	6.5	8.7	8	8.2	28.4	29.8	127	1075.6	0.451	0.015	34	4.8	8.65
28	5.9	7.7	8	8.1	30	31	123	1054.8	0.561	0.016	31	5.0	8.80
35	6	8.2	7.5	8.1	29.6	32	121	1082.0	0.681	0.017	27	4.4	7.75
42	5.5	8.1	7.8	8.1	29.5	31.9	121	1100.0	0.781	0.018	26	4.6	8.10
49	5.1	7.5	8.1	8.3	28.5	30.2	119	1090.8	0.801	0.018	21	4.7	8.21
56	5.3	10.1	7.7	8.2	29.9	30.1	116	1095.2	0.841	0.044	19	4.6	8.10
63	4.4	9.5	7.9	8.1	31	31.2	113	1102.0	0.921	0.060	18	4.6	7.99
70	6.7	7.2	7.6	8.2	29.8	32.1	112	1107.6	1.010	0.070	18	4.7	8.28

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
77	6.8	9.3	7.9	8.2	30.2	32.2	114	1030.8	1.250	0.089	21	4.8	8.49
84	6	8.3	7.9	8.3	30.8	31.1	113	1011.2	0.539	0.036	19	4.3	7.57
91	5.3	7.3	7.5	8.2	29.8	32	111	946.8	0.620	0.028	18	3.5	6.18
98	6.8	9.8	7.3	8.1	29.5	33.1	111	915.6	0.735	0.040	17	3.2	5.59
105	6.1	8.1	8.1	8.3	28.5	30.2	108	904.4	0.680	0.040	16	2.6	4.70
112	5.8	10.5	7.2	8.1	29.9	32	107	850.8	0.891	0.042	20	2.2	3.98
119	4.7	8.9	7.1	8.2	29.1	32	106	803.6	0.922	0.046	19	2.3	4.12
126	5.8	7.2	7.3	8.1	29.7	32.2	103	764.8	0.931	0.050	17	1.6	2.90
133	4.6	8.3	7.4	8.2	29.7	32	102	737.2	1.351	0.055	15	2.0	3.47
140	4.7	8.4	7.6	8.3	29.7	31.9	103	736.4	1.291	0.049	16	1.9	3.45
147	4.6	8.3	7.4	8.2	29.8	32.2	101	742.8	1.311	0.050	15	2.0	3.49

ตารางผนวกที่ 34 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 5 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (147 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	6.9	10	8	8.1	29	30.3	124	1094.0	0.493	0.012	34	4.8	8.70
14	6	8.2	7.6	7.9	27	30.5	128	1092.0	0.598	0.016	31	4.4	7.92
21	6.3	9.1	7.9	8	30	32.1	126	1084.0	0.698	0.019	32	4.4	7.94
28	6.5	8.8	8	8.2	29	30.5	126	1056.0	0.821	0.026	30	4.6	8.28
35	5.7	9	7.9	8.2	28.5	31.4	124	1094.8	0.835	0.028	28	4.5	7.94
42	5.3	8.6	8.2	8.2	29	31.2	119	1104.4	0.846	0.037	25	4.4	7.80
49	5.5	9.7	8.2	8.2	28	30.5	118	1092.0	0.947	0.045	21	4.5	7.98
56	5.3	8.1	7.8	8	29.5	30.5	114	1103.2	0.838	0.062	17	4.4	8.00
63	5.1	8	8	8	29.5	31	113	1104.8	1.055	0.063	15	4.7	8.32
70	7.5	8.3	8.1	8.4	31	32.7	113	1135.2	0.970	0.077	17	4.6	8.26
77	7.7	8.8	7.7	7.9	31	32	105	1058.0	0.534	0.084	15	4.2	7.53
84	6.1	8	7.8	8	30.5	31.2	117	1057.2	0.449	0.063	17	3.2	5.76
91	6	8.7	7.5	8	29	30.8	114	973.2	0.848	0.052	17	3.5	6.37
98	6.2	8.5	7.8	8	30	34	117	938.0	0.617	0.072	18	2.4	4.28
105	6.2	7.9	7.6	8.3	29	30.9	115	910.8	0.624	0.078	17	2.1	3.81
112	5.5	7.3	7.6	8.1	29	30.5	110	860.4	0.634	0.084	16	2.2	4.24
119	5.9	9.7	8	8.2	29	31.8	109	822.8	0.661	0.083	15	1.6	2.92

ตารางผนวกที่ 34 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
126	6.3	8.5	7.8	8.1	29	32.2	108	782.8	0.683	0.090	16	1.8	3.38
133	4.7	8.6	7.6	8.3	30	33.9	101	741.6	0.698	0.098	15	1.7	3.16
140	4.6	8.1	7.5	8.3	30	33.8	101	736.8	0.698	0.098	15	1.7	3.12
147	4.7	8.2	7.4	8.2	30.8	33.8	101	731.2	0.699	0.100	16	1.7	3.11

ตารางผนวกที่ 35 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 6 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (147 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	7.7	8.7	8.1	8.2	28	32.2	127	1064.0	0.438	0.023	34	5.0	9.00
14	7.5	8.9	8.1	8.2	29	30.5	124	1057.6	0.639	0.024	33	5.0	8.84
21	7.5	10.2	8.2	8.3	28	30.5	123	1020.0	0.649	0.026	31	5.0	9.14
28	7.1	8.9	8.2	8.2	29	30.4	122	929.6	0.760	0.027	30	5.0	8.96
35	6.1	9.8	8	8.3	29	30.2	120	1018.0	0.869	0.028	28	4.8	8.48
42	6.5	9.4	8.2	8.3	29.5	31.5	115	1052.0	0.875	0.032	27	4.4	7.92
49	6.5	9.3	8	8.1	28.5	30.1	114	1051.2	0.919	0.032	25	4.7	8.34
56	4.7	13.2	8.1	8.2	29	30.5	114	1022.0	0.985	0.052	24	4.8	8.58

ตารางผนวกที่ 35 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
63	4.5	11.3	7.9	8.1	30	31.6	112	1032.0	1.000	0.069	21	4.6	8.24
70	6.4	9.8	7.9	8.2	29	32.1	110	1013.6	1.048	0.088	16	4.5	8.12
77	7.1	7.7	7.9	8.1	28	30.4	111	1018.0	0.418	0.095	17	4.2	7.74
84	5.7	5.3	7.7	7.9	29	31.2	109	1042.0	0.588	0.043	15	4.1	7.40
91	5.8	8.4	7.8	8	29	31.4	107	932.0	0.684	0.033	19	3.8	6.80
98	6.9	7.7	7.8	8.1	29	30.2	105	896.8	0.885	0.048	18	3.2	5.86
105	5.7	11	7.8	8.2	31	33.2	103	861.6	0.957	0.048	17	3.0	5.48
112	6	10.4	7.7	7.9	29	31.1	100	820.0	1.078	0.053	16	2.6	4.76
119	5.6	7.7	8	8.3	29	32.2	99	796.0	1.249	0.056	15	2.2	4.18
126	6.7	5.4	7.7	8	29.5	32.2	100	780.0	0.618	0.063	16	2.1	3.82
133	4.4	9.6	7.6	7.7	31	33.4	97	744.8	0.569	0.063	14	1.8	3.24
140	4.2	8.9	7.5	7.7	29	32.2	97	742.8	0.548	0.063	14	1.7	3.23
147	4.2	8.8	7.4	7.7	29.8	32.4	90	739.2	0.555	0.064	13	1.7	3.22

ตารางผนวกที่ 36 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 7 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (149 วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	7.2	8.7	7.6	8.1	29.2	30.8	131	1096.8	0.239	0.013	34	4.9	8.71
14	7.1	8.9	7.4	8.2	28.3	30.6	129	1094.8	0.339	0.013	33	4.8	8.42
21	6.4	8.6	7.6	8.1	28.3	30.4	126	1074.8	0.448	0.015	32	4.8	8.63
28	6.1	7.6	7.8	8	28.8	31	122	1054.8	0.557	0.016	29	4.9	8.78
35	6.3	8.1	7.4	8	29.6	32	121	1082	0.675	0.017	25	4.4	7.74
42	6.4	8.2	7.5	8	29.4	32	121	1099.6	0.778	0.018	25	4.5	8.08
49	5	7.4	8	8.2	28.4	30.5	117	1090.8	0.791	0.018	21	4.6	8.20
56	6.2	9.2	7.6	8.1	29.7	30.4	116	1095.2	0.840	0.044	19	4.5	8.08
63	4.3	9.4	7.5	8	30.8	31	113	1102.8	0.920	0.059	18	4.6	7.98
70	6.6	7.1	7.6	8.1	29.8	32.1	112	1107.2	1.000	0.064	17	4.6	8.26
77	6.7	9.2	7.9	8.1	30	32.2	113	1030.4	1.250	0.088	20	4.7	8.46
84	5.4	8.2	7.8	8.2	30.6	31.4	113	1011.6	0.535	0.036	18	4.2	7.56
91	5.2	7.2	7.7	8.1	29.5	32	111	946.8	0.615	0.028	18	3.4	6.16
98	6.7	9.8	7.3	8	29.3	33	111	915.6	0.734	0.040	17	3.1	5.58
105	6	8	8.1	8.2	28.4	30.5	109	904.4	0.675	0.040	16	2.6	4.68
112	5.7	10.6	7.1	8	29.8	32	106	851.2	0.885	0.041	19	2.2	3.96
119	4.6	8.9	7	8.1	29.1	32.2	106	803.6	0.915	0.046	18	2.2	4.10

ตารางผนวกที่ 36 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
126	5.2	7.1	7	8	29.7	32	104	765.2	0.930	0.049	16	1.6	2.88
133	4.6	8.2	7.4	8.1	29.7	32.2	102	737.6	1.350	0.055	14	1.9	3.46
140	4.7	8.3	7.5	8.2	29.6	31.7	102	736.4	1.290	0.049	15	1.9	3.43
147	4.5	8.3	7.3	8.1	29.7	32	101	742.8	1.310	0.048	14	2.0	3.48

ตารางผนวกที่ 37 ผลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองที่ 8 จ. ประจวบคีรีขันธ์ (149วัน)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
7	7.5	8.2	8.1	8.2	29.5	30.2	131	1072.0	0.363	0.001	34	5.1	9.00
14	7.6	8	8.3	8.4	28.4	30.5	127	1057.6	0.378	0.002	33	4.6	8.20
21	6.8	7.6	8.1	8.3	28.6	30	125	1028.4	0.385	0.003	31	4.4	7.92
28	7.3	8.2	8	8.2	28.7	30.2	123	1008.8	0.393	0.004	30	5.1	9.22
35	6.6	8.2	8.1	8.3	28.5	32.1	120	1073.6	0.401	0.005	28	4.8	8.45
42	5.9	8.2	7.4	8	30.5	31.5	119	1093.6	0.414	0.006	27	4.4	7.95
49	5.3	7.4	7.9	8.1	28.6	30.7	117	1081.6	0.436	0.008	24	4.5	7.96
56	5	7.3	8.2	8.3	29	30.5	115	1090.0	0.449	0.021	20	4.7	8.30

ตารางผนวกที่ 37 (ต่อ)

อายุกุ้ง	DO		pH		Temp.								
(วัน)	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	Alk.	Hard.	NH_3	NO^-_2	Trans.	Sal.	EC.
63	4.4	8.4	8	8.3	30.2	31.4	114	1106.8	0.451	0.033	20	4.0	7.00
70	6.3	8.6	7.9	8	30	32.2	112	1114.0	0.467	0.052	17	4.1	7.41
77	7.1	8.9	7.6	8.1	29.9	31.5	119	1032.8	0.473	0.073	16	4.3	7.76
84	5.8	9.6	7.5	8	31.5	31.4	115	1014.0	0.488	0.082	14	4.0	7.14
91	5.2	9.5	7.8	8.1	29.5	32.1	114	954.0	0.493	0.017	12	3.2	5.81
98	6.4	9.8	7.7	8.1	29.5	32.5	112	903.2	0.508	0.018	24	3.0	5.43
105	5.9	10.8	7.9	8.1	30.4	33.2	114	886.8	0.514	0.019	23	2.5	4.54
112	5.7	10.2	7.7	8	29.5	32	110	838.0	0.528	0.020	17	2.0	3.75
119	4.1	9.4	7.5	8.1	31.4	33	110	801.6	0.531	0.021	16	1.7	3.16
126	6	11.4	7.6	8	29.6	31	103	778.0	0.549	0.023	14	1.8	3.39
133	4.8	10.2	7.6	8.1	30	32	101	743.2	0.557	0.024	12	1.6	2.88
140	4.7	9.7	7.5	8.2	30.2	32.2	102	744.8	0.558	0.023	13	1.6	2.91
147	4.7	9.6	7.4	8.1	30.6	32.5	101	739.2	0.563	0.024	12	1.6	2.89

ตารางผนวกที่ 38 ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของบ่อทดลอง จ. ราชบุรี

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	บ่อทดลอง จ.ราชบุรี							
		1	2	3	4	5	6	7	8
แคลเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง	164.4	153.6	155.6	159.2	188.6	188.92	198.4	178.6
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	149.4	129.5	131.7	133.8	160.4	140.4	161.4	162.4
	60	151.2	120.6	131.0	122.4	147.6	136.5	150.3	132.5
	90	96.8	98.6	99.6	117.6	117.2	116.1	129.6	120.4
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	90.6	88.0	109.8	117.6	100.9	106.2	100.5	90.6
แมกนีเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง	304.5	300.32	311.8	308.56	355.4	343.4	394.4	386.6
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	196.7	201.67	184.68	179.16	210.7	203.4	302.6	360.2
	60	190.5	196.7	184.68	165.4	201.6	184.9	206.6	262.32
	90	141.9	146.88	140.1	121.5	162.6	154.56	178.5	217.36
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	137.4	113.76	146.7	121.5	143.4	117.72	145.56	117.36
โซเดียม	ก่อนปล่อยกุ้ง	1989.9	1949.92	2090.47	2006.29	2467.04	2759.9	2841.6	2692.5
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	1234.9	1406.72	1291.88	1289.91	1889.91	1895.5	2040.5	2001.01
	60	1334.6	1307.5	1290.6	1069.9	1489.5	1269	1195.2	1527.39
	90	934.5	1035	850.08	966.03	1144.9	1005.4	1044.6	1046.7
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	750.03	670.04	910.6	966.03	1005.2	990.2	950.4	892.5

ตารางผนวกที่ 38 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	บ่อทดลอง จ.ราชบุรี							
		1	2	3	4	5	6	7	8
โพแทสเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง	73.93	77.97	73.4	77.16	83.65	88.92	90.31	84.82
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	40.95	44.96	55.21	52.62	76.13	55.49	50.6	58.75
	60	38.93	47.97	56.02	50.21	56.7	41.98	46.7	51.6
	90	33.93	31.57	35.6	37.16	45.4	37.5	41.5	49.7
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	25.74	24.96	38.9	37.16	40.16	35.49	35.8	37.42
คลอไรด์	ก่อนปล่อยกุ้ง	3597.5	3482	3385.6	3485.6	3655.4	3803.7	4005.8	3855.7
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	2352.5	2109.92	1978.7	2022.4	3405.8	3411.8	3405.8	3544.6
	60	2363.2	2000.76	1980.6	1915.9	2952	2248.6	2502.7	2895.9
	90	1863.75	1652.55	1704	1299.3	2055.6	2100.4	1949.5	2122.4
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	1725.3	894.6	1818.8	1300.4	1905.7	1873.5	1769.4	1865.9
ซัลเฟต	ก่อนปล่อยกุ้ง	533.28	560.16	570.24	584.04	656.16	827.52	854.6	732.5
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	475.2	350.4	345.6	395.8	601.44	555.36	508.8	658.6
	60	486.72	341.44	346.0	305.6	467.04	506.8	477.12	454.9
	90	333.28	284.16	285.12	285.12	293.1	340.7	368.16	348.3
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	286.72	259.76	298.6	285.12	289.6	295.4	298.16	294.2

ตารางผนวกที่ 38 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	บ่อทดลอง จ.ราชบุรี							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ไบคาร์บอนเนต	ก่อนปล่อยกุ้ง	157.80	148.2	174.47	161.8	161.8	157.8	148.2	174.47
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	104.8	111.46	117.4	107.33	103.73	104.47	109.73	99.67
	60	121.67	101.03	91.83	107	103.07	94.5	52.83	111.67
	90	85.83	80.37	95.47	91.0	112.67	116.3	103.3	120
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	86.03	88.17	91.58	89.0	102.33	152.4	103.3	95.4

ตารางผนวกที่ 39 ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของบ่อทดลอง จ .ประจวบคีรีขันธ์

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	บ่อทดลอง จ. ประจวบคีรีขันธ์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
แคลเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง	190.92	168.37	189.45	187.81	166.77	189.41	184.83	190.89
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	187.71	172.72	192.37	186.28	172.80	186.31	183.27	192.41
	60	175.82	177.21	150.30	172.83	177.27	174.31	171.15	150.27
	90	141.10	130.77	120.21	130.86	130.70	141.15	129.01	121.70
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	64.61	67.58	60.21	75.14	63.10	64.54	69.10	60.55

ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	บ่อทดลอง จ.ประจวบคีรีขันธ์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
แมกนีเซียม	5	334.76	295.15	332.05	329.41	292.52	332.05	324.13	334.67
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	329.63	302.86	337.32	326.78	303.06	326.75	321.51	337.29
	60	308.37	311.03	263.53	302.96	310.97	305.65	300.41	263.53
	90	247.74	229.21	210.82	229.01	229.27	247.68	226.39	213.46
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	113.14	118.52	105.47	131.61	110.68	113.19	120.92	105.48
โซเดียม	5	2099.67	2233.77	2075.59	2051.1	2309.62	2075.59	2002.26	2199.67
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	2051.1	2106.99	2024.29	2026.68	2106.97	2026.68	1977.85	2004.29
	60	1855.81	1980.22	1900.69	1807.3	1980.23	1831.39	1782.59	1840.87
	90	1294.15	1383.55	1252.7	1123.55	1123.55	1294.15	1099.14	1377.09
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	999.59	998.39	976.35	1020.33	1025.16	1049.73	982.79	976.33
โพแทสเซียม	5	97.90	86.24	97.02	96.50	85.37	97.02	94.70	97.90
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	96.23	88.57	98.56	95.48	88.57	95.48	93.81	98.56
	60	90.10	90.80	77.00	88.17	90.86	89.05	87.78	77.00
	90	72.47	66.99	61.61	66.97	66.97	72.45	66.22	62.37
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	33.10	34.63	30.81	38.50	32.27	33.10	35.42	30.83

ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	บ่อทดลอง จ.ประจวบคีรีขันธ์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
คลอไรด์	5	3579.44	3538.4	3543.39	3507.41	3502.51	3543.39	3435.23	3579.84
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	3107.47	3246.75	3315.49	2870.75	3246.75	2971.27	3099.17	2815.49
	60	3018.86	3054.89	3005.87	2546.73	2755.03	2482.8	2510.68	2105.39
	90	2389.81	2837.1	2884.69	2237.1	2737.07	2089.51	2101.12	1920.79
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	1550.56	1622.64	1442.35	1802.93	1514.46	1550.52	1658.99	1442.28
ซัลเฟต	5	683.47	602.78	678.12	672.83	597.35	678.12	661.98	683.47
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	672.77	619.30	688.96	667.35	619.30	667.68	656.60	688.89
	60	629.69	635.09	538.20	618.90	635.09	624.45	613.55	538.23
	90	505.91	468.34	430.56	468.34	468.21	505.88	462.85	435.94
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	231.42	242.17	215.29	269.10	226.04	231.59	247.57	215.27
ไบคาร์เนต	5	161.94	159.52	166.05	168.41	158.89	163.05	167.57	167.99
(มิลลิกรัม/ลิตร)	30	140.83	162.01	157.96	155.66	159.37	141.95	154.81	155.93
	60	139.07	142.51	142.89	140.86	141.16	141.52	140.77	142.30
	90	130.68	142.30	144.03	137.71	140.94	132.01	137.62	141.31
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	116.13	131.39	123.01	123.10	122.24	108.13	122.14	121.69

ตารางผนวกที่ 40 แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จ.ราชบุรี

	บ่อ							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
องค์ประกอบเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์)								
- ทราย(Sand)	17	17	21	23	21	23	19	21
- ทรายแป้ง(Silt)	16	12	30	28	24	26	22	24
- ดินเหนียว(Clay)	67	71	49	49	55	51	59	55
-ลักษณะเนื้อดิน	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay
สารอินทรีย์(เปอร์เซ็นต์)	1.6	2.1	1.0	1.0	1.7	1.1	1.9	1.7
Rate	M	M	L	L	M	L	M	M
โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	260	210	150	130	190	180	230	240
Rate	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1,400	1,400	3,800	2,600	2,400	1,800	1,800	1,600
Rate	H	H	H	H	H	H	H	H
แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	950	1,100	550	550	900	800	900	950
Rate	H	H	H	H	H	H	H	H
พีเอช	6.9	7.2	7.4	7.0	6.5	7.6	7.4	7.5

หมายเหตุ Ratio VH = Very high; H = High; M = Medium; L = Low; VL = Very low

ตารางผนวกที่ 41 แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จ.ประจวบคีรีขันธ์

	บ่อ							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
องค์ประกอบเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์)								
- ทราย(Sand)	31	32	33	35	27	25	25	25
- ทรายแป้ง(Silt)	26	26	30	30	30	28	26	28
- ดินเหนียว(Clay)	43	42	47	45	43	47	49	47
-ลักษณะเนื้อดิน	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay
สารอินทรีย์(เปอร์เซ็นต์)	1.6	2.1	2.5	1.2	0.7	0.8	2.6	2.7
Rate	L	M	M	L	VL	VL	M	M
โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	270	280	380	400	400	400	600	600
Rate	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1, 040	1, 040	1,280	640	720	640	1,440	1,120
Rate	H	H	H	H	H	H	H	H
แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	600	700	720	540	940	880	200	150
Rate	H	H	H	H	H	H	H	H
พีเอช	7.2	6.8	7.4	7.6	6.5	7.1	6.6	7.3

หมายเหตุ Ratio VH = Very high; H = High; M = Medium; L = Low; VL = Very low

ตารางผนวกที่ 42 ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
แคลเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	145.2	109	122	108.8	179.8	128.1	144.4	124.5	155.1	156.8	107.8	161.9
(มก./ล.)	5	115.4	94.5	96.2	158.8	90.6	93.4	101.7	107.6	100.0	140.3	81.0	159.4
	30	119.8	100.8	99.8	98.8	91.1	88.4	102.8	78.4	94.1	129.0	78.8	84.4
	60	111.5	93.4	79.4	69.8	85.3	70.1	72.7	62.2	84.9	95.1	49.8	60.6
	90	83.7	84.9	55.7	65.7	65.7	54.7	63.9	46.7	56.7	73.4	47.8	55.7
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	73.7	72.8	56.2	59.1	62.3	48.6	60.7	45.9	49.2	68.8	49.8	50.0
แมกนีเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	189	158.3	203.4	219.2	189.1	163.8	175.5	181.6	222.4	194.4	201.6	147.7
(มก./ล.)	5	143.0	126.1	124.7	188.0	115.2	94.4	107.3	147.4	211.0	184.9	181.0	125.0
	30	125.9	77.6	77.3	79.6	75.2	79.9	84.4	128.8	168.4	172.4	185.9	89.7
	60	112.0	60.5	70.6	80.5	62.9	70.2	67.0	99.2	102.0	97.0	101.2	80.4
	90	101.3	54.7	64.1	61.1	56.7	65.2	47.2	75.0	89.2	80.2	89.2	69.7
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	99.2	51.8	58.1	58.9	49.0	59.9	47.0	76.0	88.2	73.5	90.1	63.6

ตารางผนวกที่ 42 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
โซเดียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	1,357	1,305	1,379	1,371	1,258	1,422	1,362	1,354	1,633	1,324	1,588	860
(มก./ล.)	5	1,283	1,251	1,273	1,335	1,250	1,230	1,257	1,158	1,519	816	983	853
	30	815	964	850	949	1,022	709	1,056	956	1,203	635	905	683
	60	766	908	794	872	964	613	895	819	997	807	1,028	788
	90	604.8	863.1	766.5	796.3	916.5	452.5	789.7	744.5	811.8	841.3	991.7	537.8
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	595.5	850.0	781.2	708.8	917.5	398.6	692.6	694.0	781.3	756.1	806.6	494.3
โพแทสเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	92.1	70.7	99.8	92.1	51.1	116.7	93.7	91.4	111.1	89.3	99.2	65.4
(มก./ล.)	5	80.6	62.2	64.2	60.9	46.0	78.5	84.6	64.7	87.8	65.4	80.9	48.0
	30	35.4	32.3	31.3	32.5	35.2	26.6	58.0	35.6	46.1	48.7	58.6	47.9
	60	30.0	29.4	26.3	30.4	30.9	28.0	26.3	32.8	30.5	29.4	38.7	33.2
	90	27.0	26.9	26.4	20.2	21.0	21.6	26.0	17.9	24.4	33.5	21.7	25.2
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	26.7	25.6	25.7	20.2	19.8	20.0	15.9	18.0	22.4	31.6	20.4	20.7

ตารางผนวกที่ 42 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
คลอไรด์	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	4,998	5,948	6,617	3,194	3,368	4,653	4,553	3,533	5,733	4,283	5,383	2,834
(มก./ล.)	5	3,239	3,739	4,239	2,044	2,739	3,694	3,994	2,514	3,484	2,684	3,584	1,684
	30	1,819	1,799	2,419	1,759	1,539	2,219	2,259	2,384	2,604	1,694	2,514	1,934
	60	1,574	1,534	2,374	1,394	1,374	2,054	2,124	1,569	2,099	1,149	1,949	1,599
	60	1,059	1,189	1,969	849	1,089	1,799	1,669	1,644	1,944	1,084	1,764	1,024
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	957	1,141	1,540	798	1,009	1,421	1,559	1,567	1,667	1,080	1,511	1,201
ซัลเฟต	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	1,054	1,070	981	1,040	1,083	802	923	829	1,116	1,017	836	936
(มก./ล.)	5	659	615	439	751	892	449	600	768	834	811	527	688
	30	601	650	356	686	788	470	500	688	653	772	526	656
	60	532.1	476.1	357.6	341.9	579.5	289.9	325.9	441.4	390.8	512.4	673.0	615.0
	90	235.9	399.5	262.2	213.4	385.2	176.7	206.5	205.2	274.2	366.2	204.6	517.8
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	335.9	443.5	243.3	206.7	451.2	276.7	200.1	198.1	297.0	435.0	222.7	494.9

ตารางผนวกที่ 42 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ไบคาร์เนต	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	166.3	162.4	164.4	158.4	162.4	155.3	158.4	159.1	162.0	119.2	119.2	119.8
(มก./ล.)	5	146.5	174.3	178.2	151.4	163.4	157.4	158.5	141.2	138.5	113.7	130.4	120.3
	30	148.5	142.6	154.4	83.1	118.8	130.7	134.6	81.8	115.9	98.0	116.5	98.2
	60	159.4	168.3	162.4	110.6	105.5	105.5	102.3	76.7	83.6	113.5	98.0	74.4
	90	101.9	96.0	84.0	133.4	133.6	106.4	107.4	138.7	131.5	99.2	137.0	134.2
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	99.1	84.7	85.9	95.9	89.3	98.9	90.4	102.8	82.6	97.6	101.7	86.2

ตารางผนวกที่ 43 ผลการเปลี่ยนแปลงของอิออนที่สำคัญของฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
แคลเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	108.8	122.4	146.8	133.6	115.4	143.5	104.5	101.1	125.3	144.0	164.6	110.7
(มก./ล.)	5	108.8	120.6	102.4	84.6	87.3	93.0	76.9	101.1	108.8	119.3	159.6	86.0
	30	120.1	91.3	120.6	62.4	63.3	97.2	78.5	69.7	88.7	90.2	82.8	76.7
	60	106.5	87.7	71.6	42.9	46.2	68.4	72.3	56.4	75.8	113.9	56.7	59.5
	90	76.7	72.7	87.8	37.0	31.8	53.0	42.5	43.0	56.5	86.7	54.9	46.2
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	67.6	63.7	59.5	37.9	24.7	50..6	33.9	40.5	55.5	62.2	47.8	46.2
แมกนีเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	181.2	142.5	231.1	213.3	211.3	229.6	176.2	162.8	199.5	149.9	182.5	207.2
(มก./ล.)	5	111.3	140.0	168.7	99.9	90.0	104.3	107.3	106.3	120.7	84.0	173.7	129.4
	30	103.0	99.6	80.5	76.1	46.3	79.1	62.4	64.1	76.5	84.8	104.3	69.3
	60	100.9	84.1	83.1	73.0	42.5	55.0	64.9	51.1	78.1	74.0	61.1	76.2
	90	83.7	81.4	66.4	63.0	42.7	57.0	52.6	55.6	46.1	48.6	56.9	70.8
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	78.6	72.5	67.0	59.2	42.0	53.6	51.8	48.9	48.6	46.2	51.4	69.0

ตารางผนวกที่ 43 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
โซเดียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	1,318	1,273	1,440	1,397	1,418	1,443	1,326	1,310	1,373	1,385	1,281	1,494
(มก./ล.)	5	1,260	1,189	1,278	1,215	1,201	1,228	1,233	1,257	1,296	1,218	918	931
	30	1,016	1,026	612	677	371	732	610	593	611	609	657	899
	60	669	545	549	493	519	623	456	418	626	513	420	758
	90	571.2	546.5	409.4	356.9	359.8	391.2	361.0	490.4	548.2	442.6	330.2	647.5
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	443.0	566.5	433.6	351.2	389.5	380.7	349.1	477.8	588.2	417.2	350.0	638.5
โพแทสเซียม	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	66.1	63.0	131.2	114.4	119.0	132.7	79.1	73.1	99.0	107.5	70.3	102.0
(มก./ล.)	5	54.6	44.6	103.3	75.0	73.0	80.8	41.3	43.9	68.2	87.2	50.9	53.2
	30	25.1	25.3	27.3	22.0	10.6	26.0	19.5	18.4	39.2	51.7	50.6	50.8
	60	20.9	19.9	21.6	24.9	18.4	26.1	17.7	25.7	34.6	31.6	24.1	36.6
	90	20.3	15.8	21.9	28.5	17.1	33.3	14.8	21.3	18.3	16.9	20.4	28.0
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	20.0	15.1	22.0	25.4	15.2	25.9	14.0	20.5	17.2	15.7	19.3	25.1

ตารางผนวกที่ 43 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
คลอไรด์	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	4,338	5,436	6,378	5,098	6,617	6,587	3,348	2,940	4,393	4,793	3,483	5,583
(มก./ล.)	5	3,738	3,739	4,489	3,739	3,987	3,245	2,739	1,834	2,594	1,354	3,084	2,434
	30	2,379	2,099	1,659	1,579	1,559	2,019	1,299	1,399	1,594	1,614	1,794	2,674
	60	1,994	1,694	1,594	1,594	1,474	1,754	1,384	1,144	1,869	1,479	899	1,499
	90	1,927	1,769	1,089	1,249	1,389	1,229	1,449	1,164	694	619	889	1,064
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	1,851	1,501	842	940	942	1,034	1,122	1,100	911	658	850	942
ซัลเฟต	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	1,372	1,057	1,230	989	1,096	1,131	659	735	955	1,023	1,020	900
(มก./ล.)	5	1,075	605	719	596	595	660	336	605	742	816	997	445
	30	844	533	524	546	528	616	380	578	580	551	773	438
	60	785.5	547.4	464.1	481.9	485.5	609.8	310.6	372.4	595.7	458.2	507.0	187.2
	90	525.8	509.9	333.0	532.1	472.9	365.3	138.2	235.7	181.0	137.8	284.8	110.3
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	287.0	477.1	349.1	343.5	431.7	270.7	122.1	213.5	174.9	380.8	288.1	110.9

ตารางผนวกที่ 43 (ต่อ)

อิออนสำคัญ	อายุกุ้ง (วัน)	ฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2) (บ่อที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ไบคาร์เนต	ก่อนปล่อยกุ้ง 1 วัน	127.8	129.8	120.8	116.8	128.7	124.7	156.4	152.5	164.0	135.3	123.8	134.0
(มก./ล.)	5	128.7	510.5	162.4	138.4	138.4	154.4	188.1	138.4	174.3	142.6	119.2	126.0
	30	79.2	95.0	101.0	122.7	128.7	110.9	168.3	108.6	82.7	85.6	69.0	76.3
	60	119.8	115.8	72.6	156.4	162.4	172.3	176.2	58.5	115.8	95.0	63.6	74.4
	90	94.0	73.2	105.9	102.9	99.0	98.0	100.0	86.8	119.0	94.1	129.6	157.2
	ก่อนจับกุ้ง 1 วัน	86.5	76.1	95.4	98.2	71.9	70.8	82.9	85.3	74.3	67.8	99.5	109.5

ตารางผนวกที่ 44 แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)

บ่อที่	pH	องค์ประกอบเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์)				สารอินทรีย์		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม		แคลเซียม		แมกนีเซียม	
		ทราย (Sand)	ทรายแป้ง (Silt)	ดินเหนียว (Clay)	ลักษณะเนื้อดิน	%	Rate	mg/l	Rate	mg/l	Rate	mg/l	Rate	mg/l	Rate
1	7.1	21	20	59	C	1.6	M	109	VH	360	VH	600	H	1500	H
2	6.9	20	18	62	C	7.3	H	36	H	200	VH	8000	H	1125	H
3	7.0	18	20	62	C	1.8	M	25	M	180	VH	7000	H	1250	H
4	7.5	16	16	68	C	1.7	M	46	VH	260	VH	5000	H	1250	H
5	7.4	13	12	72	C	1.5	M	87	VH	280	VH	7000	H	1250	H
6	7.4	20	24	56	C	2	M	130	VH	300	VH	9000	H	1250	H
7	7.5	18	12	70	C	1.6	M	29	H	210	VH	6000	H	1125	H
8	6.7	21	24	55	C	1.4	L	53	VH	340	VH	4500	H	1375	H
9	7.6	16	24	60	C	1.6	M	36	H	240	VH	7500	H	1000	H
10	7.6	18	26	56	C	1.2	L	69	VH	280	VH	9000	H	1000	H
11	7.0	20	12	68	C	1.4	L	29	H	200	VH	1000	H	875	H
12	7.6	16	24	60	C	2.2	M	64	VH	220	VH	6500	H	1000	H

หมายเหตุ: ratio VH = Very high ; H = High ; M = Medium ; L = Low ; VL = Very low ; ND = Not Determined ; NA = Not Applicable

ตารางผนวกที่ 45 แสดงคุณภาพดินตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)

บ่อที่	pH	องค์ประกอบเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์)				สารอินทรีย์		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม		แคลเซียม		แมกนีเซียม	
		ทราย (Sand)	ทรายแป้ง (Silt)	ดินเหนียว (Clay)	ลักษณะเนื้อดิน	%	Rate	mg/l	Rate	mg/l	Rate	mg/l	Rate	mg/l	Rate
1	7.7	18	30	52	C	1.4	L	57	VH	190	VH	7500	H	1000	H
2	6.2	26	18	56	C	1.5	M	58	VH	200	VH	1200	H	750	H
3	7.5	19	22	59	C	1	L	31	H	360	VH	8500	H	1375	H
4	7.4	20	22	58	C	1.3	L	40	H	260	VH	8500	H	1250	H
5	7.4	25	20	55	C	1.7	M	189	VH	380	VH	8500	H	1250	H
6	7.2	18	18	64	C	1.8	M	95	VH	240	VH	8000	H	1125	H
7	6.5	23	18	59	C	1.1	L	31	H	320	VH	5000	H	1500	H
8	7.7	18	22	60	C	1.4	L	38	H	200	VH	6000	H	1125	H
9	7.5	21	26	53	C	1.4	L	59	VH	240	VH	1000	H	1000	H
10	7.4	25	28	47	C	0.8	VL	63	VH	220	VH	1000	H	875	H
11	7.2	17	38	45	C	0.5	VL	11	M	120	H	7000	H	280	H
12	7.6	19	38	43	C	1.2	L	36	H	100	H	5000	H	750	H

หมายเหตุ: ratio VH = Very high ; H = High ; M = Medium ; L = Low ; VL = Very low ; ND = Not Determined ; NA = Not Applicable

ตารางผนวกที่ 46 แสดงผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากฟาร์มที่มีผลผลิตปกติ (ฟาร์ม 1)

บ่อที่	อายุการเลี้ยง (วัน)	ขนาดน้ำหนัก (กรัม)	ผลผลิต (กก./ไร่)	สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนัก(%)		อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราการแลกเนื้อ
				<6 กรัม	>6 กรัม			
B1	113	20.23	770	3.2	96.8	0.185	46.3	1.41
B2	110	14.49	865	8.5	91.5	0.132	67.2	1.23
B3	118	12.50	708	8.3	91.7	0.106	79.2	1.43
B4	123	13.69	1,058	4.6	95.4	0.112	77.3	1.41
B5	123	14.71	1,407	.8	98.2	0.120	82.1	1.38
B6	101	14.28	793	4.6	95.4	0.142	69.4	1.32
B7	110	11.77	1,298	9.3	90.7	0.107	94.7	1.23
B8	115	13.33	958	6.2	93.8	0.116	71.9	1.15
B9	121	18.18	680	0.5	99.5	0.151	62.4	1.53
B10	124	12.50	750	4.8	95.2	0.101	75.0	1.45
B11	105	15.39	780	3.2	96.8	0.147	58.1	1.61
B12	124	15.24	722	2.0	98.0	0.123	65.6	1.37
เฉลี่ย	116	14.69	899	4.8	95.3	0.129	70.8	1.38

ตารางผนวกที่ 47 แสดงผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากฟาร์มที่มีผลผลิตต่ำ (ฟาร์ม 2)

บ่อที่	อายุการเลี้ยง (วัน)	ขนาดน้ำหนัก (กรัม)	ผลผลิต (กก./ไร่)	สัดส่วนผลผลิตโดยน้ำหนัก(%)		อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราการแลกเนื้อ
				<6 กรัม	>6 กรัม			
1	123	9.60	560	9.0	91.0	0.078	78.4	1.79
2	123	11.01	575	9.0	91.0	0.089	68.5	1.82
3	123	10.66	595	5.9	90.1	0.086	74.5	1.95
4	122	10.99	597	11.3	88.7	0.090	72.5	1.90
5	122	10.97	621	8.4	91.6	0.089	75.4	1.85
6	122	12.12	630	10.6	89.4	0.099	62.3	1.76
7	110	15.15	496	7.8	92.2	0.137	32.7	1.70
8	122	9.09	630	10.5	89.5	0.074	69.3	1.81
9	121	9.52	582	11.2	88.8	0.078	61.1	1.92
10	123	9.74	563	9.7	90.3	0.079	57.4	1.87
11	124	15.30	420	4.5	95.5	0.124	30.2	2.35
12	122	15.80	455	0.6	99.4	0.129	38.3	2.22
เฉลี่ย	121	11.66	560	8.2	91.5	0.096	60.1	1.91