



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตรการประมง

ชีววิทยาประมง

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการนำสารอินทรีย์และเลนออกจากบ่อโดยท่อระบายกลางบ่อต่อการเจริญเติบโต
และอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำเลี้ยงกึ่งขาวแวนนาไม่อย่างหนาแน่น

Effect of Removing Organic Matters and Sludge by Central Drainage on Growth and
Survival of Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture

นามผู้วิจัย นางสาววิลาวัลย์ บุญวาสน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนงค์ จิรภัทร์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มตาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการนำสารอินทรีย์และเลนออกจากบ่อโดยท่อระบายกลางบ่อต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างหนาแน่น

Effect of Removing Organic Matters and Sludge by Central Drainage on Growth and Survival of Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture

โดย

นางสาววิลาวัลย์ บุญวาสน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2555

วิลาวัลย์ บุญวาสน์ 2555: ผลของการนำสารอินทรีย์และเลนออกจากบ่อโดยท่อระบายกลางบ่อต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่อย่างหนาแน่น ปริญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชา
ชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชโล ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.
57 หน้า

การศึกษาผลของการนำสารอินทรีย์และเลนออกจากบ่อโดยท่อระบายกลางบ่อต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่อย่างหนาแน่นในบ่อที่ปูด้วยโพลีเอทิลีนจำนวน 6 บ่อ ขนาดพื้นที่ประมาณ 8,000 ตารางเมตร (5ไร่) บ่อทดลองจำนวน 3 บ่อติดตั้งท่อระบายกลางบ่อเพื่อระบายสารอินทรีย์และตะกอนเลนในระหว่างการเลี้ยง ในขณะที่บ่อควบคุมจำนวน 3 บ่อไม่ได้ติดตั้งท่อระบายกลางบ่อ เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มประมาณ 23-25 พีพีที โดยปล่อยกุ้งระยะโพสลาาร์ว 15 ในอัตราความหนาแน่น 92 ตัวต่อตารางเมตร ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปตลอดการเลี้ยง 77-90 วัน เมื่อจับกุ้งพบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการรอดตายเฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม โดยอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการรอดตายเฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 0.16 ± 0.006 กรัมต่อวัน 92.0 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ $2,042 \pm 48.58$ กก./ไร่ ตามลำดับ สูงกว่า 0.14 ± 0.015 กรัมต่อวัน 67.0 ± 2.65 เปอร์เซ็นต์ และ $1,315 \pm 173.33$ กก./ไร่ ของกลุ่มควบคุม พื้นที่เฉลี่ยของตะกอนเลนในกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 209.33 ± 100.74 ตารางเมตร เปรียบเทียบกับ พื้นที่เพียง 5.48 ± 6.24 ตารางเมตรของกลุ่มทดลอง ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ของดินในกลุ่มควบคุมเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการเลี้ยงมีค่าเท่ากับ -37.67 ± 10.67 และ -93.67 ± 7.17 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ -26.67 ± 0.56 และ -24.67 ± 5.63 มิลลิโวลต์ ในกลุ่มทดลอง การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้ท่อระบายกลางบ่อในการระบายสารอินทรีย์และตะกอนเลนระหว่างการเลี้ยงสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตได้

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Wilawan Boonwas 2012: Effect of Removing Organic Matters and Sludge by Central Drainage on Growth and Survival of Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture. Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 57 pages.

Litopenaeus vannamei were reared in six polyethylene-lined ponds with an area of approximately 8,000 m² (5 rai). Three experimental ponds were installed with central drainage to remove organic matters and sludge during cultured period, while three ponds without central drainage were used as the control group. The salinity level during culture period was ranging from 23-25 ppt. Post larvae stages 15 were stocked at the density of 92 shrimp per square meter. The shrimp were fed with commercial pellet feed only. At harvest (77-90 day), there were significant differences in the average daily growth, average survival rate and the average yield between the experimental ponds and the control ponds. The average daily growth, average survival rate and yield of shrimp in the experimental ponds was 0.16±0.006 g/day 92.0±1.0 % and 2,042±48.58 kg/rai, significantly higher than the 0.14±0.15 g/day 67.0±2.65 % and 1,315±173.33 kg/rai of the control ponds. The average sludge area from the control ponds was 209.33±100.74 m², compared to only 5.48±6.24 in the experimental ponds. The redox potential of the soil at the bottom of the control ponds at the beginning and the end of the study was -37.67±10.67 and -93.67±7.17 millivolt, respectively significantly lower than the -26.67±0.56 and -24.67±5.63 millivolt of the treatment ponds. It can be concluded that using central drainage to remove organic matters and sludge during cultured period can increase survival rates and production.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลีสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาเมตตา
ให้คำปรึกษา แนะนำให้กำลังใจในการดำเนินชีวิตและข้อคิดทางการศึกษา และแก้ไขข้อบกพร่อง
ต่างๆในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณหมอสุจินต์ ธรรมศาสตร์ คุณเสนอ มีมงคลกุลดิกล และ
คุณชววิทย์ สิทรายฟอง ผู้บริหารระดับสูงและผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งอ่าวาย 4 อำเภอ
แกลง จังหวัดระยอง ที่ให้ความอนุเคราะห์บ่อเลี้ยงกุ้งในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และในคณะ
ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณมารดา บิดา และบุคคลผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ให้การ
สนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้า และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในบริษัท
เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือที่ได้มอบแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

วิลาวัลย์ บุญวาสน์

ตุลาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	51
สรุป	51
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	57

สารบัญตาราง

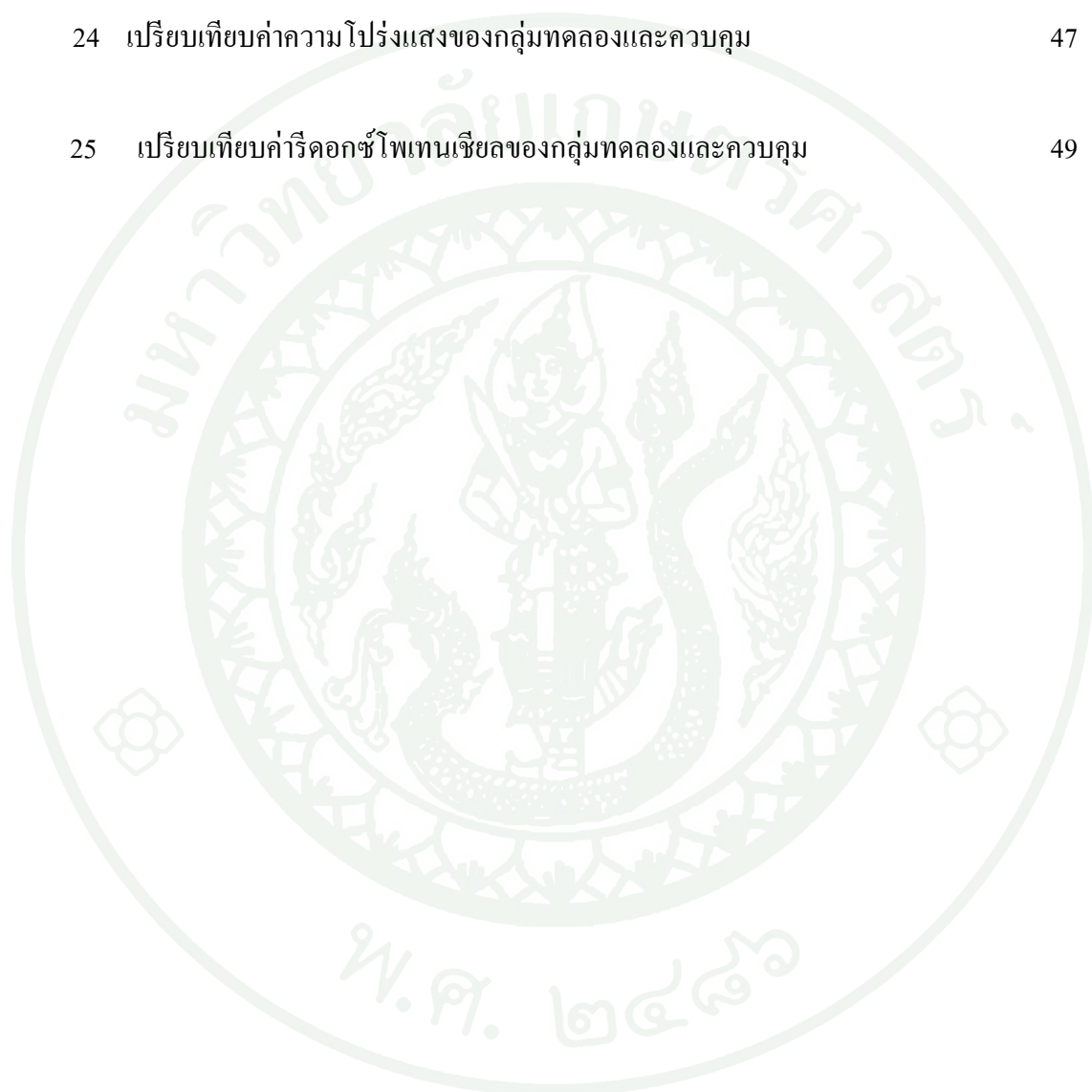
ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดและอัตรา แลกเนื้อของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและควบคุม	35
2	แสดงค่าคุณภาพน้ำ ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล และพื้นที่เลนของบ่อเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและควบคุม	50

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะบ่อทดลองขนาด 5 ไร่ ซึ่งปลูกด้วยโพลีเอทิลีน	26
2 ลักษณะลูกกุ้งที่ผ่านการตรวจคุณภาพและรับรองการปลอดโรค (SPF หรือ Specific Pathogen Free)	26
3 การประเมินอาหารโดยขอ	27
4 การให้อาหารแบบใช้เครื่องหว่านอาหารอัตโนมัติ	27
5 มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้าประกอบเข้ากับท่อน KPI	28
6 ท่อระบายกลางบ่อที่มีการเจาะรูพุนเพื่อระบายตะกอนเลน	28
7 ตู้และนาฬิกาควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า	29
8 การระบายตะกอนเลนลงสู่คลองน้ำทิ้งของฟาร์ม	29
9 พื้นที่เลนของบ่อที่ไม่มีการระบายเลน 1	30
10 พื้นที่เลนของบ่อที่ไม่มีการระบายเลน 2	30
11 พื้นที่เลนของบ่อที่ไม่มีการระบายเลน 3	31
12 พื้นที่เลนของบ่อที่มีการระบายเลน 1	31
13 พื้นที่เลนของบ่อที่มีการระบายเลน 2	32
14 พื้นที่เลนของบ่อที่มีการระบายเลน 3	32
15 เชื้อควาล์ว	33
16 เปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มทดลองและควบคุม	39
17 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดหรือด่างของกลุ่มทดลองและควบคุม	40
18 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำของกลุ่มทดลองและควบคุม	41
19 เปรียบเทียบความเค็มของกลุ่มทดลองและควบคุม	42
20 เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนของกลุ่มทดลองและควบคุม	43
21 เปรียบเทียบค่าแอมโมเนียรวมของกลุ่มทดลองและควบคุม	44
22 เปรียบเทียบค่าความเป็นด่างของกลุ่มทดลองและควบคุม	45
23 เปรียบเทียบค่าความกระด้างของกลุ่มทดลองและควบคุม	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
24	เปรียบเทียบค่าความโปร่งแสงของกลุ่มทดลองและควบคุม
25	เปรียบเทียบค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของกลุ่มทดลองและควบคุม



ผลของการนำสารอินทรีย์และเลนออกจากบ่อโดยท่อระบายกลางบ่อต่อการเจริญเติบโต
และอัตราการรอดตายของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างหนาแน่น

Effect of Removing Organic Matters and Sludge by Central Drainage on Growth
and Survival of Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture

คำนำ

ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นธุรกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุดในปัจจุบัน จากข้อมูลการส่งออกของกรมประมงพบว่า การส่งออกกุ้งขาวมีมูลค่ามากเป็นอันดับหนึ่ง (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2553) ทั้งนี้เนื่องจากกุ้งขาวเป็นสัตว์น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในเขตพื้นที่ชายฝั่งของประเทศเลี้ยงง่าย อัตราการเจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตดี ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น และเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งยังมีต้นทุนการเลี้ยงที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ชลอและพรเลิศ, 2547) เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งขาวเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบการเลี้ยงหนาแน่นเชิงพาณิชย์มีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง มีการใช้อาหารสำเร็จรูปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงในปริมาณมาก เป็นเหตุให้เกิดการสะสมของของเสียในปริมาณที่มาก จากทั้งการขับถ่ายของกุ้งปริมาณอาหารที่เหลือรวมทั้งซากแพลงก์ตอนที่มีเป็นจำนวนมากในบ่อเลี้ยง ส่งผลให้สภาพแวดล้อมในบ่อและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไม่เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงเดือนสุดท้ายของการเลี้ยงที่มีการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อในปริมาณมาก จะมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง การแก้ปัญหาโดยทั่วไปจะมีการเพิ่มเครื่องให้อากาศลงไป ในบ่อเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน และการเปลี่ยนถ่ายน้ำมากขึ้นในช่วงท้ายๆของการเลี้ยงเพื่อควบคุมให้ปริมาณออกซิเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งคือ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

ฟาร์มกุ้งบางฟาร์มมีการแก้ปัญหาการระบายตะกอนและเลนบางส่วนกลางบ่อออกไปในระหว่างการเลี้ยงเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายทำให้ออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งอยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยไม่ต้องเพิ่มเครื่องให้อากาศมากในการเลี้ยง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตไม่สูงมากนักและกุ้งมีการเจริญเติบโตอยู่ในระดับที่ดีด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานข้อมูลหรือรายละเอียดในส่วนของการนำตะกอนหรือเลนในบริเวณตอนกลางบ่อเลี้ยงกุ้งออกไปในระหว่างการเลี้ยงด้วยวิธีที่เหมาะสมหรือผลกระทบในเชิงวิชาการต่อคุณสมบัติของน้ำหลังจากนำตะกอนออกไป เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการเลี้ยงรูปแบบปกติที่ไม่มีการระบายตะกอนกลางบ่อออกไป และผลของการเจริญเติบโตตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ดังนั้นการศึกษานี้จึงต้องการเปรียบเทียบผลจากการใช้ท่อระบายกลางบ่อระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวในรูปแบบการเลี้ยงแบบหนาแน่นเชิงพาณิชย์ เพื่อลดปริมาณอินทรีย์สารภายในบ่อ ต่อคุณสมบัติของน้ำบางประการและการเจริญเติบโตตลอดจนอัตราการรอดตายซึ่งผลการศึกษานี้ น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำนวัตกรรมมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเลี้ยงในรูปแบบที่หนาแน่นเชิงพาณิชย์ และยังสามารถลดต้นทุนในการทำความสะดวกบ่อหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งได้ด้วยอีกทางหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงกุ้งประสบความสำเร็จมากขึ้นและทำให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของไทยสามารถรักษาดำเนินงานในด้านการผลิตและการส่งออกได้อย่างยั่งยืนตลอดไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ท่าระบายตะกอนเลนกลางบ่อและไม่ใช้ท่าระบายตะกอนเลนกลางบ่อต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบางประการและค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของตะกอนเลน ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรูปแบบการเลี้ยงหนาแน่นเชิงพาณิชย์ ในบ่อที่ใช้ท่าระบายตะกอนเลนและไม่ใช้ท่าระบายตะกอนเลนกลางบ่อ

การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย

กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือที่นิยมเรียกกันว่า กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในประเทศเอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลอมเบีย และบราซิล เป็นต้น (Holthuis, 1980)

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง (2546) รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยเกิดขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2540-2541 โดยมีผู้ลักลอบนำกุ้งขาวแวนนาไม จากประเทศไต้หวันเข้ามาทดลองเลี้ยงในบ่อดินในจังหวัดทางภาคใต้ แต่มีปัญหาเรื่องตลาดเนื่องจากยังไม่มีระบบตลาดภายในประเทศรองรับจึงยุติการเลี้ยง ภายหลังกรมประมงได้อนุญาตให้มีการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมปลอดเชื้อเข้ามาทดลองเลี้ยงในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งมีลักษณะการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) โดยมีการปล่อยลูกกุ้งที่ระดับความหนาแน่นสูง มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศและการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง เลี้ยงโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง หลังจากนั้นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแทนที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในทุกพื้นที่

ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย

ชลอ และพรเลิศ (2547) กล่าวถึงรูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย โดยแบ่งตามความเค็มของน้ำได้ 2 แบบ

1.การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

เป็นการเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืด เช่น พื้นที่ทางภาคกลาง ใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยจะใช้น้ำเค็มจากนาเกลือที่มีความเค็ม 100-200 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ระดับความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที แล้วทำการเลี้ยงในระบบปิด มีการถ่ายน้ำน้อย ส่วนใหญ่จะกั้นคอกก่อน โดยใช้พลาสติกพื้นที่ประมาณ 100 ตารางเมตร ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจากนาเกลือเข้าไปในคอกจนได้ความเค็มประมาณ 8-10

ฟิฟิที หลังจากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้วโดยลูกกุ้งระยะโพสลาว่า 10-12 มาปล่อยในคอก อนุบาลประมาณ 3-4 วัน ก็เปิดคอกออก จะไม่นิยมอนุบาลนานเกินไปเพราะ อาจจะมีการกินกันเอง ส่วนอีกวิธีหนึ่งเกษตรกรจะไม่ทำคอกเหมือนกุ้งกุลาดำ คือเตรียมน้ำความ เค็มประมาณ 3-5 ฟิฟิที ทั้งบ่อแล้วให้ทางโรงเพาะฟักปรับความเค็มของลูกกุ้งอยู่ที่ความเค็มต่ำที่สุด ประมาณใกล้เคียงกับที่ปล่อยในบ่อ แล้วนำลูกกุ้งมาปล่อย

2.การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ

การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ คือ น้ำที่มีความเค็ม 10 ฟิฟิทีขึ้นไป ในพื้นที่ริม ชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้และภาคตะวันออก ส่วนใหญ่จะมีการปล่อยลูกกุ้งอย่าง หนาแน่นมากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่ ทำให้ผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมสูงมากกว่า 2 ตันต่อไร่ โดย การเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกตินั้นจะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากการถ่ายน้ำในปริมาณที่ มากในช่วงท้ายๆ ของการเลี้ยงได้

รูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีทั้งหมด 4 ระบบ คือ (Jory and Cembrera, 2003)

1. Extensive system คือ ระบบการเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิมหรือความหนาแน่นต่ำ โดยปล่อยลูก กุ้งที่ได้จากธรรมชาติเข้าไปในบ่อในอัตราความหนาแน่นต่ำ รูปแบบและขนาดของบ่อไม่แน่นอน กุ้งจะกินอาหารจากธรรมชาติที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยง อาจมีการเลี้ยงปลากินพืชรวมอยู่ด้วย การเปลี่ยนถ่าย น้ำจะอาศัยน้ำขึ้นน้ำลง (โดยทั่วไปประมาณน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) โดยการเลี้ยงในระบบนี้ จะใช้ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 100-140 วัน การเลี้ยงระบบนี้ได้ผลผลิตจากการเลี้ยงต่ำ

2. Semi-intensive system คือ ระบบการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนาหรือมีความหนาแน่นปาน กลาง โดยฟาร์มส่วนใหญ่อยู่เหนือเขตน้ำขึ้นสูงสุด มีการสูบน้ำเข้ามาเก็บในบ่อพักน้ำ ในการเตรียม บ่อจะมีการเติมแร่ธาตุและปุ๋ยเพื่อเพิ่มอาหารธรรมชาติ เลี้ยงโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีปริมาณ โปรตีน 20-40 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 5-15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในบ่อต่อวัน การ เลี้ยงระบบนี้ได้ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลาง

3. Intensive system คือ การเลี้ยงกุ้งระบบพัฒนาหรือความหนาแน่นสูง ในพื้นที่บ่อที่มี ขนาดเล็กถึงแต่ให้ความสำคัญกับการเตรียมบ่อและการจัดการฟาร์มมากขึ้น ใช้อาหารที่มีโปรตีนสูง

เนื่องจากกึ่งที่ปล่อยมีอัตราความหนาแน่นสูง จำนวนเครื่องให้อากาศต้องเพียงพอ ตำแหน่งของเครื่องให้อากาศจึงมีความสำคัญมาก อาจจะมีการใช้คลอรีน ไอโอดีน ฟอรัมาลินหรือสารเคมีอื่น ๆ เพื่อฆ่าเชื้อและพาหะต่าง ๆ ในบ่อในขั้นตอนของการเตรียมน้ำ เพื่อป้องกันโรคหรือปรับคุณภาพน้ำ การเลี้ยงระบบนี้ได้ผลผลิตค่อนข้างสูง

4. Super-intensive system คือ การเลี้ยงกึ่งระบบพัฒนาหรือความหนาแน่นสูงมาก ในบางประเทศการเลี้ยงในโรงเรือน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมากแต่จะมีการระบายตะกอนและของเสียออกตลอดเวลาและมีเครื่องให้อากาศมาก บางแห่งอาจจะใช้ระบบน้ำไหลผ่านแบบ race way การเลี้ยงในลักษณะเช่นนี้ให้ผลผลิตสูงมาก ซึ่งระบบการเลี้ยงแบบนี้มีจำนวนน้อยและทำได้ในบางประเทศ หรือมีจำนวนน้อยกว่าการเลี้ยงในระบบหรือรูปแบบอื่นๆ

ความสำคัญของเครื่องให้อากาศ

การเปิดเครื่องให้อากาศมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ ทำความสะอาดพื้นบ่อ โดยเฉพาะบริเวณแนวหัวอาหาร และรวมเลนหรือตะกอนไปไว้บริเวณกลางบ่อ ซึ่งหากการรวมเลนได้ไม่ดี พื้นบ่อส่วนใหญ่จะเกิดตะกอนเลนมาก กุ้งอาจมีปัญหาเหงือกดำ หนวดกุด และหางกร่อนได้ McGraw et al (2001) พบว่าการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่ออัตราการรอดและผลผลิตของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม Ahmad and Boyd (1998) ทำการศึกษาพบว่าบ่อที่ปล่อยกึ่งที่ความหนาแน่น 25-40 ตัวต่อตารางเมตร ควรใช้เครื่องให้อากาศประมาณ 1-3 แรงม้าต่อไร่ในปัจจุบันมีเครื่องให้อากาศที่นิยมใช้กันหลายชนิด ดังนี้

1. เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ

เครื่องให้อากาศแบบนี้นิยมเรียกทั่วไปว่าเครื่องตีน้ำ ซึ่งมีทั้งแบบมอเตอร์ใช้ไฟฟ้าและแบบใช้เครื่องยนต์ ข้อจำกัดคือใบพัดตีน้ำในระดับผิวน้ำ ดังนั้นกระแสน้ำที่เคลื่อนตัวในระดับน้ำลึกพื้นบ่อจะไม่แรงมาก ถ้าบ่อเลี้ยงมีระดับความลึกมาก การทำความสะอาดพื้นบ่อจะทำได้น้อยมาก ถ้าเป็นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ที่ปรับความเร็ว 60 รอบต่อนาที ความลึกของน้ำควรอยู่ระหว่าง 1.2-1.4 เมตร ถ้าเป็นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ที่ปรับความเร็ว 80 รอบต่อนาที ความลึกของน้ำควรอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 เมตร (ชลอ, 2543)

2. เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ต

เครื่องให้อากาศแบบนี้มีเฉพาะที่ใช้มอเตอร์ เหมาะสมกับลักษณะบ่อที่มีระดับน้ำลึก และพื้นบ่อแข็ง สามารถปรับมุมของกระแสน้ำในการทำความสะดวกพื้นบ่อได้ทั่วไป โดยมากมักจะติดตั้งแอร์เจ็ตที่มุมบ่อเนื่องจากต้องการความแรงของกระแสน้ำหรือถ้าเป็นบ่อที่มีขนาดใหญ่ อาจทำการติดตั้งวงในเพื่อให้เลนรวมกันบริเวณกลางบ่อ (ชโล, 2543)

3. เครื่องให้อากาศแบบใบพัดสไปรอล

มีลักษณะคล้ายเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ แต่ลักษณะใบพัดเป็นท่อนพีวีซีตัดเฉียง (หรือมีการดัดแปลงใช้วัสดุอื่นที่ทน) ติดตั้งใบพัดกับแกนหมุนในลักษณะเป็นเกลียว (spiral) ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ คุณสมบัติคล้ายกับเครื่องตีน้ำแบบธรรมดา การตีน้ำที่ความเร็วรอบสูงกว่าใบพัดตีน้ำธรรมดา ทำให้เกิดละอองน้ำขนาดเล็กจำนวนมากช่วยในการเพิ่มออกซิเจน (ชโล, 2543)

4. เครื่องให้อากาศแบบคลื่นน้ำ

เครื่องให้อากาศแบบนี้จะมีใบพัดตีน้ำ ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ที่มีการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าเครื่องให้อากาศทั่วไปและสามารถทำให้พื้นบ่อสะอาดเป็นบริเวณกว้างได้ดี ควรใช้ร่วมกับเครื่องให้อากาศประเภทอื่น เนื่องจากเครื่องให้อากาศชนิดนี้ไม่สามารถเพิ่มออกซิเจนได้ในปริมาณเท่ากับเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำและแอร์เจ็ต เครื่องให้อากาศแบบคลื่นน้ำเหมาะสมกับบ่อที่มีพื้นแข็งและระดับน้ำลึกไม่ต่ำกว่า 1.4 เมตร (ชโล, 2543)

ตะกอนและดินเลนพื้นบ่อ

ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตะกอนที่เกิดขึ้นมาจากอนุภาคของแข็งต่างๆ ได้แก่ หิน (rock) ทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) ดินเหนียว (clay) เศษสารอินทรีย์ และซากพืชซากสัตว์ต่างๆ ซึ่งอาจจะมาจากภายนอกและที่เกิดขึ้นภายในบ่อ แหล่งที่มาที่สำคัญของตะกอนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ อนุภาคดินที่แขวนลอยอยู่ในแหล่งน้ำก่อนที่จะสับเข้าไปในบ่อ ปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ระหว่างเตรียมบ่อและระหว่างการเลี้ยงที่ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำ อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ และตะกอนที่เกิดขึ้นภายในบ่อจากกิจกรรมทางชีวภาพในระหว่างการเลี้ยง (Boyd, 1995)

Boyd (1992) ได้ศึกษาถึงระบบการจัดการตะกอนที่อยู่ในบ่อ โดยเฉพาะเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ โดยอาศัยเครื่องให้อากาศเพื่อทำให้ตะกอนไปรวมกันที่กลางบ่อ โดยปรับระดับให้พื้นก้นบ่อมีความลาดเอียง เข้าหาตรงกลางบ่อ เพื่อความสะดวกในการจัดการพื้นก้นบ่อและ Boyd (1992) อ้างถึง Wyban *et al.* (1988) ; Wyban and Seweeney (1989) ที่ทดลองการเลี้ยงกุ้งอย่างหนาแน่นแบบระบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้บ่อขนาด 347 ตารางเมตร ความลึก 1.3 เมตร มีความลาดเอียง 2 เปอร์เซ็นต์ และท่อระบายของเสียขนาด 20 เซนติเมตรกลางบ่อ อัตราการปล่อยลูกกุ้ง 45 - 100 ตัวต่อตารางเมตร แล้วใช้ เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ เพื่อเพิ่มออกซิเจนและทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ ผลปรากฏว่าสามารถผลิตกุ้งได้สูงสุด 5.12 ตันต่อไร่ ภายใน 174 วัน ในส่วนของตะกอนพื้นบ่อพบว่า อัตราส่วนพื้นที่ 81 เปอร์เซ็นต์ของบ่อ พบตะกอนอยู่ที่กลางบ่อ และอัตราส่วนพื้นที่ 72 เปอร์เซ็นต์ของบ่อจะเป็นพื้นที่ที่สะอาด ซึ่งระบบนี้จะทำให้พวกตะกอนที่มีขนาดเล็กและไม่ใหญ่มาก ไปรวมตัวกันที่กลางบ่อ สะดวกที่จะทำการระบายออกไปได้

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของดิน (redox potential)

การวัดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นการวัดเชิงปริมาณของค่าแนวโน้มของระบบที่จะออกซิไดซ์ หรือรีดิวซ์สารประกอบ โดยค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลจะเป็นบวกและมีค่าสูงในระบบออกซิเดชัน และจะมีค่าเป็นลบและมีค่าต่ำในระบบรีดักชันรุนแรง (ทัศนีย์, 2534 ; Guy, 1992 ; Boyd, 1995)

ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลโดยประมาณที่สารประกอบต่างๆ ในดินจะถูกรีดิวซ์ดังสมการ (ทัศนีย์, 2534)

O_2	$\longrightarrow$	H_2O	+380 ถึง +320 มิลลิโวลต์
NO_3^-	$\longrightarrow$	$N_2, Mn^{4+} \longrightarrow Mn^{2+}$	+280 ถึง +220 มิลลิโวลต์
Fe^{3+}	$\longrightarrow$	Fe^{2+}	+180 ถึง +150 มิลลิโวลต์
SO_4^{2-}	$\longrightarrow$	S^{2-}	-120 ถึง -180 มิลลิโวลต์
CO_2	$\longrightarrow$	CH_4	-200 ถึง -280 มิลลิโวลต์

ชลอ (2533) กล่าวว่า การตรวจสอบสภาพต่างๆ ทั่วไปของพื้นที่บ่อมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจาก กุ้งกุลาดำจะใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ที่บริเวณพื้นที่บ่อ ปริมาณเลนก้นบ่อจึงมีความสำคัญต่อการประเมิน สภาพพื้นที่บ่อเป็นอย่างมาก โดยดูจากสีและความหนาของเลน รวมทั้งกลิ่น การดูเลนจึงมีความ จำเป็นโดยเฉพาะในบ่อที่ไม่มีระบบการระบายน้ำกลางบ่อ (central drain) นอกจากการตรวจเลนก้น บ่อแล้ว การวัดค่าบางอย่างสามารถใช้ในการตรวจสอบสภาพของก้นบ่อได้ เช่น ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้วัดศักยภาพในการเกิดสภาวะที่มีอากาศหรือไม่มีอากาศของน้ำ และดินก้นบ่อได้โดยเป็นการหาปริมาณสัดส่วนของสารที่มีคุณสมบัติในการให้หรือรับอิเล็กตรอน ในน้ำนั้นๆ และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพการมีอากาศของน้ำและดินก้นบ่อได้ โดยค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลจะอยู่ในช่วง + 600 สำหรับน้ำที่มีคุณภาพดี ถึง - 350 มิลลิโวลต์ สำหรับก้นบ่อที่สกปรก ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของออกซิเจนที่จะถูกใช้ไปในบริเวณพื้นที่บ่อ ถ้าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นลบมากอาจจะต้องมีการจัดการแก้ไข เช่น เมื่อวัดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลได้ประมาณ - 120 ถึง -150 มิลลิโวลต์ อาจจะต้องทำการดูดเลนบริเวณนั้นหรือจัดการให้พื้นที่บ่อดีขึ้น การวัดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลบริเวณพื้นที่บ่อตามจุดต่างๆ ในบ่อเป็นช่วงๆ ของการเลี้ยงจะสามารถบอกได้ว่าบริเวณไหนเริ่มเสียหรือมีแนวโน้มที่จะไม่ดี ทำให้สามารถเตรียมการที่จะแก้ไขได้ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการวิจัยอย่างจริงจังถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลและอัตรา การเกิดโรค หรือสุขภาพอื่นๆ ของกุ้ง ในปัจจุบันนี้ฟาร์มเลี้ยงกุ้งขนาดใหญ่หลายฟาร์มใช้วิธีการวัดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลบริเวณพื้นที่บ่อประกอบในการพิจารณาถึงการจัดการสภาพต่างๆ ในบ่อ

คุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง หมายถึง คุณสมบัติทางชีวเคมีและทางกายภาพของน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช ค่าความโปร่งแสง ความเค็ม การนำไฟฟ้า ความเป็นด่างรวม ความกระด้างรวม ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์ เป็นต้น (Boyd and Fast, 1992)

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงกุ้งเนื่องจากคุณภาพน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง และการกินอาหารของกุ้ง ดังนั้นการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ไม่ดีย่อมส่งผลกระทบต่อผลการเลี้ยงกุ้ง และเป็นสาเหตุชักนำให้เกิดโรคต่างๆตามมาได้ง่ายขึ้น รวมถึงการมีอัตราการรอดตายที่ต่ำ (Boyd and Fast, 1992)

1. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

ชลอ และ พรเลิศ (2547) กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพกุ้ง ปริมาณออกซิเจนที่ต่ำเกินไปอาจมีผลทำให้กุ้งตายได้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อจะเปลี่ยนแปลงคล้ายกับค่าพีเอช คือมีค่าต่ำสุดในตอนเช้ามืด เนื่องจากใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์และการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อ ส่วนในตอนกลางวันขณะที่มีแสงแดด การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชจะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อมีค่าเพิ่มขึ้นและจะมีค่าสูงสุดในตอนบ่าย ความสามารถในการละลายของออกซิเจนจะแปรผกผันกับอุณหภูมิและความเค็ม พบว่าในน้ำที่มีความเค็มและอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นความสามารถในการละลายของออกซิเจนจะลดลง (พุทธ, 2546) การตอบสนองของกุ้งต่อสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน พบว่ากุ้งที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากเพียงพอ จะแข็งแรงและเจริญเติบโตดี ส่วนกุ้งที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ กุ้งจะเครียด อ่อนแอและป่วยเป็นโรคได้ง่าย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่ามากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะทำให้กุ้งเจริญเติบโตดี และสารอินทรีย์สลายตัวได้รวดเร็ว เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมมีพฤติกรรมเคลื่อนที่และว่ายน้ำตลอดเวลา ดังนั้นหากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะลอยขึ้นบริเวณผิวน้ำ กล้ามเนื้อขาวชून และตายในที่สุด (ชลอ และพรเลิศ, 2547) นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยังมีผลต่อการย่อยอาหาร ดังนั้นหากมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำ กุ้งจะกินอาหารได้น้อยลง

(สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2546) ทั้งยังสามารถใช้ปริมาณออกออกซิเจนละลายในน้ำเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้ (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

2. ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช หมายถึง ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ โดยค่าพีเอชจะมีค่าระหว่าง 0 – 14 น้ำที่มีสภาพเป็นกลางจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 แต่ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำอยู่ในสภาพที่เป็นกรด แต่ถ้าค่าพีเอชสูงกว่า 7 แสดงว่าน้ำอยู่ในสภาพที่เป็นด่าง พีเอชของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 7.5 -8.5 และค่าความแตกต่างของพีเอชในรอบวันไม่ควรมากกว่า 0.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้ง ได้แก่ สภาพของดิน ค่าความเป็นด่าง และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง (ชลอ และพรเลิศ, 2547) พบว่าพีเอชของน้ำจะมีค่าต่ำในช่วงเช้ามืด เนื่องจากปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีค่าสูงซึ่งเกิดจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายในบ่อ ในทางตรงกันข้ามพบว่าพีเอชของน้ำจะมีค่าสูงในช่วงที่มีการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงในช่วงที่มีแสง เนื่องจากปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำถูกใช้ไปในกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช หากพีเอชมีค่าต่ำกว่า 4 หรือสูงกว่า 11 พบว่ามีผลทำให้กุ้งตาย นอกจากนี้พีเอชยังมีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย และไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น (Boyd and Tucker, 1998)

3. อุณหภูมิของน้ำ (water temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการกินอาหารกระบวนการย่อยอาหารและกระบวนการทำงานต่างๆ ในร่างกายของสัตว์น้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์แปรผันกับแสง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจะแปรผันตามความเข้มแสง ฤดูกาล สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ความลึกและสภาพแวดล้อมทั่วไป อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมมีส่วนช่วยให้สัตว์น้ำกินอาหารและเจริญเติบโตได้ดี ในทางตรงข้ามอุณหภูมิของน้ำมีค่าต่ำจะทำให้ระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกายสัตว์น้ำต่ำไปด้วย (ชลอ และพรเลิศ, 2547) อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ในช่วงประมาณ 28-30 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตดีและมีอัตราการอดสูง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของกุ้งคือ กุ้งขนาดเล็ก (น้ำหนักน้อยกว่า 5 กรัม) เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกุ้งขนาดใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 15 กรัม) เจริญเติบโตได้

ดีที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส นอกจากนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ปริมาณของออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลง ส่งผลให้สารเคมีชนิดต่างๆ เช่นยากำจัดศัตรูพืช และโลหะหนักมีความรุนแรงมากขึ้น และมีส่วนช่วยเร่งให้มีการแพร่กระจายของสารพิษเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำได้เร็ว และมีส่วนทำให้แอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษ (un-ionized ammonia) เพิ่มขึ้น (Boyd, 1982)

4. ความเค็ม (salinity)

ความเค็ม หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของไอออนที่ละลายในน้ำ ประกอบด้วย Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- และ SO_4^{2-} มีหน่วยเป็นส่วนในพันส่วน (part per thousand : ppt) หรือพีพีที ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และการควบคุมปริมาณน้ำและกระบวนการออสโมเรกูเลชันของสัตว์น้ำ (Boyd and Tucker, 1998) พบว่ากุ้งที่ระยะหรืออายุแตกต่างกันจะมีความสามารถอาศัยในน้ำความเค็มที่แตกต่างกัน โดยลูกกุ้งระยะโพสลาว่า มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดที่ต่ำที่สุดเมื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 33-40 พีพีที ส่วนลูกกุ้งขาวที่มีอายุเพิ่มขึ้นสามารถทนต่อระดับความเค็มที่ลดต่ำลงได้ (McGraw *et al*, 2002) อัตราการรอดของกุ้งขาวจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ากุ้งที่เลี้ยงที่ระดับความเค็มต่ำ หลังจากลอกคราบจะไม่สามารถสร้างเปลือกให้แข็งแรงได้ เนื่องจากมีแร่ธาตุภายในตัวกุ้งและในแหล่งน้ำจำกัด เป็นผลให้กุ้งมีลำตัวอ่อนนุ่ม บางครั้งอาจเกิดเหตุการณ์กุ้งที่แข็งแรงกว่ากินกุ้งที่อ่อนแอเป็นอาหาร ที่เรียกว่าการกินกันเองของกุ้ง (Boyd and Tucker, 1998)

5. ไนไตรท์ (nitrite)

ไนไตรท์ เป็นสารประกอบระหว่างกลางในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) โดยทั่วไปไนไตรท์จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็วจึงไม่ค่อยสะสมในแหล่งน้ำ แต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าการออกซิไดซ์ไนไตรท์ ก็จะเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้นได้ พบว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงระบบหนาแน่นสูงอาจมีค่าไนไตรท์สูง เนื่องจากมีการเติมไนโตรเจนลงในบ่อเลี้ยงในรูปของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีนสูง การเติมปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกลงในบ่อ ในความเป็นจริงพบว่าความเข้มข้นของไนไตรท์ ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชในบ่อ (Boyd and Tucker, 1998) ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และค่า

พีเอชลดลง นอกจากนี้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นน้ำทะเลที่มีคลอไรด์สูง ความเป็นพิษของไนไตรท์ที่มีต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

6. แอมโมเนีย (ammonia)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษต่อกุ้ง และสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ยกเว้นแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียที่ใช้แอมโมเนียเป็นอาหาร แอมโมเนียในน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผลกระทบของการเพิ่มแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะส่งผลกระทบต่อขยายประชากรของแพลงก์ตอนพืช และก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำโดยตรง ซึ่งอาจมีผลทำให้อัตราการรอดและอัตราการเจริญเติบโตต่ำ หรืออาจทำให้สัตว์น้ำตายอย่างฉับพลัน (Chien, 1989)

แอมโมเนียที่พบในน้ำมี 2 รูปแบบคือแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำ ในการวัดค่าแอมโมเนียโดยทั่วไปนิยมวัดทั้ง 2 รูปแบบ โดยค่าแอมโมเนียทั้ง 2 รูปสามารถเปลี่ยนกลับไปมาตามค่าพีเอชของน้ำ โดยน้ำที่มีค่าพีเอชสูงแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย (NH_3) ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามน้ำที่มีค่าพีเอชต่ำแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง พบว่าเมื่อแอมโมเนียในน้ำมีค่าสูงจะส่งผลกระทบต่อกุ้ง โดยกุ้งจะสามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากร่างกายได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ร่างกายสัตว์น้ำมีความต้องการใช้ออกซิเจนสูงขึ้นโดยเฉพาะในเนื้อเยื่อ ส่งผลให้พีเอชของเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นแอมโมเนียยังทำลายเหงือกส่งผลถึงความสามารถและประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจน เป็นผลให้เกิดอาการอ่อนแอและติดเชื้อได้ง่าย (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

7. ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถของน้ำในการรับไฮโดรเจนไอออน (H^+) เพื่อทำให้กรดเป็นกลาง ถ้าพีเอชสูงจะมีค่าความเป็นด่างมากขึ้น สารประกอบที่ทำให้เกิดความเป็นด่างมี 3 ชนิดคือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) ซึ่งสารประกอบทั้ง 3 ชนิด จะเป็นตัวกำหนดชนิดของสารละลายในน้ำ ดังนี้

น้ำที่มีพีเอชเป็นกลางจนถึง 8.3 จะมี HCO_3^- มาก

น้ำที่มีพีเอชตั้งแต่ 8.3 ขึ้นไปจะเริ่มมี CO_3^{2-}

น้ำที่มีพีเอชระหว่าง 9.5 – 10.5 จะมี CO_3^{2-} มาก

น้ำที่มีพีเอช 11 หรือมากกว่าจะมี OH^- มาก

ค่าความเป็นด่างนั้นมีความสำคัญมากในการเลี้ยงกุ้ง ในแง่ของอัตราการรอดตาย และ อัตราการเจริญของกุ้งทะเลทุกชนิด โดยทั่วไปการรักษาความเป็นด่างให้คงที่นั้นนิยมใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของค่าพีเอชในน้ำประกอบ (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

8. ความกระด้าง (hardness)

ค่าความกระด้างของน้ำเกิดจากไอออนของโลหะที่มีประจุตั้งแต่ 2 ประจุขึ้นไปซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ซึ่งจะวัดออกมาเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) โดยปริมาณความกระด้างรวม หมายถึง ผลรวมของค่าความกระด้างอันเนื่องมาจากผลรวมของค่าความเข้มข้นแคลเซียมและแมกนีเซียม (Boyd and Tucker, 1998)

ปลาและสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้งและปู (crustacean) ต้องการแคลเซียมในการสร้างกระดูกและเปลือก โดยสัตว์น้ำในกลุ่มดังกล่าวจะดูดซับแคลเซียมจากน้ำระหว่างการลอกคราบ จึงต้องมีแคลเซียมในน้ำในระดับที่มากพอ (Filber and Lutz, 1982) ความกระด้างโดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับค่าความเป็นด่าง เนื่องจากไอออนลบของความเป็นด่างและไอออนบวกของความกระด้างโดยปกติแล้วได้มาจากการละลายของแร่คาร์บอเนต (Boyd, 1982) ความกระด้างที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

9. ความโปร่งแสง (transparency)

การวัดค่าความโปร่งแสงคือการวัดค่าความลึกของน้ำที่สามารถมองเห็นวัตถุ นิยมอ่านค่าจากแผ่นวงกลม (Secchi disc) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการวัดค่าความโปร่งแสง ค่าความลึกนี้เรียกว่า Secchi disc depth ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (Boyd and Tucker, 1998) ค่าความโปร่งแสงที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 25-30 เซนติเมตร (Boyd and Tucker, 1998)

แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอน คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ สามารถเคลื่อนที่ไปมาโดยอาศัย กระแสน้ำและกระแสนลม สามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งเองได้เล็กน้อยแต่ยังคงต้องอาศัยกระแสน้ำ และกระแสนลมช่วยในการเคลื่อนที่ จำแนกกลุ่มของแพลงก์ตอนได้เป็น 2 กลุ่ม คือแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) (Boyd, 1982)

แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยจัดเป็นผู้ผลิตอาหารเบื้องต้นของระบบห่วงโซ่อาหาร (producer) ได้แก่ กลุ่มพืชที่มีสารสีในเซลล์ ประกอบไปด้วยสาหร่ายเซลล์เดียวและสาหร่ายที่เป็นโคโลนี ซึ่งมีรงควัตถุทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-650 นาโนเมตร ประกอบด้วย สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลืองและสีส้ม และใช้พลังงานแสงดังกล่าวร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างสารอินทรีย์โดยใช้ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ในรูปแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต ผลพลอยได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ เพิ่มขึ้น (Boyd, 1982)

แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ สัตว์เซลล์เดียวจนถึงหลายเซลล์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง แพลงก์ตอนสัตว์จัดเป็นผู้บริโภค (customer) เนื่องจากไม่สามารถสร้างสารอินทรีย์ได้เอง จึงดำรงชีวิตโดยการกินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดเล็กเป็นอาหาร ปกติแล้วจะพบทั้งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง แต่ชนิดและปริมาณที่พบขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆภายในบ่อที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความเค็ม แร่ธาตุหลัก แร่ธาตุรองและแร่ธาตุที่จำเป็น สารอินทรีย์ต่างๆ โดยเมื่อปัจจัยต่างๆเหล่านี้เหมาะสมกับชนิดของแพลงก์ต่อนั้นๆ จะทำให้แพลงก์ตอนชนิดดังกล่าวเจริญเติบโตขึ้นในบ่อเลี้ยงเป็นจำนวนมาก (Boyd, 1989)

ในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่น อาหารที่เหลือในบ่อ และสิ่งขับถ่ายจากกุ้ง จะส่งผลให้ปริมาณสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยง ซึ่งปริมาณของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยง ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พีเอช ไนโตรเจนและแอมโมเนียรวม พบว่าเมื่อแพลงก์ตอนแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่นการตายของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงอย่างรวดเร็ว น้ำแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงจะเกิดการเน่าเสีย ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าเพิ่มขึ้น ซากแพลงก์ตอนที่ตายทับถมที่พื้นบ่อในปริมาณมาก อาจทำให้พื้นบ่อเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงอย่าง

รวดเร็วของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงหลังจากแพลงก์ตอนตายในปริมาณมาก มักทำให้กุ้งในบ่ออ่อนแอ และมักเกิดโรคตามมาในเวลาต่อมา (ชลอ, 2543; Boyd, 1989)

ปัจจัยที่มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม

สภาพแวดล้อมในการเลี้ยงกุ้งที่ไม่เหมาะสมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้กุ้งเกิดความเครียด มีการลดลงของการตอบสนองทางด้านภูมิคุ้มกันของกุ้ง ส่งผลให้กุ้งอ่อนแอ ง่ายต่อการติดเชื้อ โดยคุณภาพน้ำที่สำคัญมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม ได้แก่

1. ความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอชของน้ำ

ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมากในรอบวันหรือมีค่าต่ำหรือสูงเกินไปจะส่งผลให้ความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือดลดลง แต่จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเม็ดเลือดรวม และความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase (กิจการและคณะ, 2543)

2. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ในสภาวะที่ออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำ จะมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งและพฤติกรรมการดำรงชีวิต โดยกุ้งจะเคลื่อนที่ช้าลงเพื่อลดกิจกรรมการใช้ออกซิเจนในร่างกาย และจะว่ายน้ำสู่ผิวน้ำเพื่อรับออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายต่ำลงส่งผลให้ปริมาณเม็ดเลือดรวม ความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase ค่าความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือด และความสามารถของเม็ดเลือดในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมลดลง (กิจการและคณะ, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาพบว่าที่ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย และกุ้งขาวแวนนาไม มีอัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักตัวลดลง (ชลอ และพรเลิศ, 2547) กิจการและคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการต่อองค์ประกอบเลือดและระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำ พบว่าในสภาพที่พีเอชของน้ำต่ำกว่าค่าปกติ (6.0) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเม็ดเลือดรวม และความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase แต่มีผลให้ค่าความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือดลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมที่พีเอชปกติ (7.8) จากการศึกษาผลของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่มีต่อระบบภูมิคุ้มกันพบว่าในสภาวะที่

ออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (0.9-1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดรวม ความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase ค่าความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือด และความสามารถของเม็ดเลือดในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมลดลงเมื่อเทียบกับสภาวะที่มีออกซิเจนละลายน้ำปกติ (5.0-5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. อุณหภูมิของน้ำ

เนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็น ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อระดับภูมิคุ้มกัน พบว่าในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ (25 องศาเซลเซียส) มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดรวมความว่องไวของ phenoloxidase และค่าความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือดลดลงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในสภาวะที่อุณหภูมิสูง (30 องศาเซลเซียส) จากการศึกษาของ Boyd (1982) เมื่ออุณหภูมิต่ำลงและมีการเลี้ยงกุ้งในอัตราความหนาแน่นที่สูง ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดรวมจะลดลง ซึ่งทำให้กุ้งมีอัตราการหายใจและน้ำหนักตัวลดลง โดยกุ้งที่เลี้ยงในตู้ทดลองที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวันมาก ส่งผลให้กุ้งเกิดความเครียดและมีผลต่อโปรตีนในซีรัมมากที่สุด Vargas-Albores *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษาในกุ้ง *Penaeus californiensis* ที่อาศัยอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิและความเค็มของน้ำสูงหรือต่ำกว่าปกติจะมีผลให้ความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase และค่าโปรตีนในน้ำเลือดลดลง Martin and Graves (1985) ได้รายงานว่ที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้ปริมาณเม็ดเลือดลดลงและมีผลให้ค่าความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase ต่ำลงด้วย ส่วนผลของอุณหภูมิต่อระบบภูมิคุ้มกันพบว่าในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ (25 องศาเซลเซียส) มีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดรวม ความว่องไวของเอนไซม์ phenoloxidase และค่าความสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเลือดต่ำกว่าชุดควบคุมที่เลี้ยงในสภาวะอุณหภูมิสูง

4. ความเค็มของน้ำ

เนื่องจากความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำ โดยน้ำที่มีความเค็ม 25 พีพีที มีค่า osmolality ใกล้เคียงกับในตัวกุ้ง เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมมีค่า isoosmotic point (IOP) เท่ากับน้ำความเค็ม 24.7 พีพีที จึงทำให้กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็ม 25 พีพีที ไม่ต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ส่งผลให้พลังงานและสารอาหารที่ได้รับมาจากอาหาร สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ซึ่งแตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำหรือสูงเกินไป กุ้งต้องนำพลังงานที่ได้มาใช้ในการปรับตัวเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้เหลือพลังงาน

ที่ใช้ในการเจริญเติบโตมีน้อยลง Chen (1989) ได้ทำการศึกษาในกึ่ง *P. chinensis* ที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่าแอมโมเนียสูง (มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะทำให้ค่าโปรตีนในซีรัมลดต่ำกว่ากึ่งที่อาศัยในน้ำปกติ

การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อ

ในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมักมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในอัตราการถ่ายน้ำ 2-3 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงต่อวัน โดยอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำภายนอกเช่นจากลำธารหรือทะเลสาบ ส่วนในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง มักมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในอัตราการถ่ายน้ำที่มากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงต่อวันซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด แต่ในทางปฏิบัตินิยมทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงต่อวันในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ถึงแม้ว่าในอดีตที่ผ่านมาจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากนัก (Boyd and Tucker, 1998)

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อนั้นมีข้อควรคำนึงถึงในเรื่องของการนำน้ำเข้าสู่บ่อ เนื่องจากการนำน้ำเข้าสู่บ่อเป็นการเพิ่มมลพิษทางน้ำสู่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และอาจนำมาซึ่งการแพร่ระบาดของโรคระหว่างบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นเหตุให้ในปัจจุบันผู้เลี้ยงสัตว์น้ำจึงให้ความสำคัญต่อวิธีการควบคุมคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงให้อยู่ในระดับที่ดีแทนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (Boyd and Tucker, 1998)

การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงกึ่ง นิยมปฏิบัติในบ่อที่มีการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในทุกรูปแบบการเลี้ยง โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง เพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ลดความเข้มข้นของธาตุอาหารในบ่อเลี้ยง ลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยง และรักษาระดับความเค็มที่อาจเพิ่มขึ้นเนื่องจากการระเหยของน้ำในฤดูแล้ง โดยเฉพาะในบ่อที่มีการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในรูปแบบการเลี้ยงหนาแน่นที่ต้องการเน้นในส่วนของการรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยง (Boyd and Tucker, 1998)

Allan and Maguire (1990) กล่าวว่า การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงกึ่งที่มีการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในรูปแบบการเลี้ยงหนาแน่นนั้นสามารถลดความเข้มข้นของธาตุอาหารในบ่อเลี้ยง ลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยง และลดปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณ

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำและผลผลิตของบ่อได้ นอกจากนั้นการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งอาจนำมาซึ่งการแพร่กระจายของโรคที่เกิดในกุ้งระหว่างฟาร์มที่มีการเลี้ยงกุ้งผ่านทางแหล่งน้ำที่ใช้ร่วมกัน ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบปิด (closed-system) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากเกิดปัญหาการแพร่ระบาดของโรคกุ้งโดยผ่านทางแหล่งน้ำ โดยมีการใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคและพาหะนำเชื้อไวรัสต่างๆ ในบ่อที่จะเลี้ยงกุ้งและบ่อพักน้ำ นอกจากนั้นจะมีบ่อดกตะกอนในกรณีที่ต้องใช้ระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียน (ชลอ และพรเลิศ, 2547)



อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเปรียบเทียบผลของการใช้ท่อระบายตะกอนเลนกลางบ่อและไม่ใช้ท่อระบายตะกอนเลนกลางบ่อต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวในบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (ฟาร์มอวายุ 4) อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นฟาร์มที่เลี้ยงในรูปแบบหนาแน่นโดยใช้บ่อทดลองขนาดพื้นที่ 5 ไร่ จำนวน 6 บ่อ บ่อเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ปูด้วยโพลีเอททิลีน ความหนา 0.75 มิลลิเมตร ทั้งบ่อ (ภาพที่ 1)

1.1 บ่อควบคุม ไม่มีการใช้ท่อระบายตะกอนเลนกลางบ่อออกในระหว่างการเลี้ยงจำนวน 3 บ่อ การเตรียมบ่อใช้วิธีทำความสะอาดพื้นบ่อโดยใช้เครื่องยนต์ 6 สูบใช้ระบบน้ำมัน ประกอบตัวเครื่องกับปั๊มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ฉีดล้างทำความสะอาดเลนที่อยู่บริเวณกลางบ่อออกจากบ่อเลี้ยงหลังทำการจับกุ้งในรอบการเลี้ยงที่ผ่านมา หลังจากนั้นสูบน้ำจากบ่อพักน้ำเข้าไปในบ่อเลี้ยงโดยน้ำมีความเค็มระหว่าง 20-25 ส่วนในพันส่วน (พีพีที)

การเตรียมน้ำ

ทำความสะอาดบ่อหลังจับกุ้งโดยการฉีดล้างตะกอนเลน ทำการตากบ่อเพื่อฆ่าเชื้อโรคเป็นระยะเวลา 1-3 วัน หลังจากนั้นนำน้ำเข้าบ่อโดยทำการสูบน้ำเค็มระหว่าง 20-25 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) ที่ผ่านการทรีตและฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร เดิมเข้าในบ่อเลี้ยงให้ได้ตามระดับน้ำที่กำหนดคือ 2.0 เมตร

การปล่อยลูกกุ้ง

นำลูกกุ้งขาวระยะโพสลา์ว 15 ที่ผ่านการตรวจคุณภาพและรับรองการปลอดโรค (SPF หรือ Specific Pathogen Free) (ภาพที่ 2) ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 96 ตัวต่อตารางเมตร ในบ่อทดลองที่มีพื้นที่ 5.0 ไร่ จำนวน 3 บ่อ (C1, C2 และ C3) ความลึกของน้ำประมาณ 2.0 เมตร ติดตั้งเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีนน้ำมอเตอร์ 3 แรงม้า จำนวน 16 เครื่อง

การให้อาหาร

ให้อาหารเมื่อสำเร็จรูปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง โดยให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (ภาพที่ 4) ในช่วงเวลา 07.00 น – 17.00 น และมีการประเมินการกินอาหารของกุ้งในรอบวันโดยพิจารณาจากอาหารที่เหลือในถังซึ่งจะทำการประเมิน 4 ครั้งในรอบวัน (ภาพที่ 3)

1.2 บ่อทดลอง มีการใช้ท่อระบายตะกอนเลนกลางบ่อระหว่างการเลี้ยงจำนวน 3 บ่อ โดยใช้เครื่องมือ 3 แรงม้าความเร็วรอบ 1,420 รอบต่อนาที ใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส กำลังไฟฟ้า 380 โวลต์ (ภาพที่ 5) ระบายตะกอนเลนที่อยู่บริเวณกลางบ่อออกจากบ่อเลี้ยงระหว่างการเลี้ยง ลักษณะของบ่อ การเตรียมบ่อ การเตรียมน้ำ อัตราความหนาแน่นในการปล่อยลูกกุ้งและจำนวนเครื่องให้อากาศและการให้อาหารเหมือนกับในบ่อควบคุม

ชุดอุปกรณ์เครื่องระบายเลนประกอบด้วย

1. เครื่องมือ 3 แรงม้าความเร็วรอบ 1,420 รอบต่อนาที จำนวน 1 เครื่อง
2. ตู้ควบคุม จำนวน 1 ตู้ (ภาพที่ 6)
3. ชุดนาฬิกาควบคุมการทำงาน จำนวน 1 ชุด
4. สายไฟ VCT 4x1.5 SQMM ความยาว 90 เมตร
5. ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วความยาว 4 เมตร จำนวน 20 ท่อน
6. ข้อต่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 90 องศา จำนวน 5 อัน
7. ข้อต่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วสามทาง จำนวน 4 อัน
8. ข้อต่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วห้าทาง จำนวน 1 อัน
9. ท่อน KPI จำนวน 2 ท่อน
10. สายยางตัวหนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วความยาว 1.5 เมตร จำนวน 1 เส้น

วิธีการใช้งานดังนี้

ทำการติดตั้งเครื่องระบายเลนบริเวณกลางบ่อ (central drainage) โดยประกอบเครื่องมือ 3 แรงม้าเข้ากับท่อน KPI จำนวน 2 ท่อน และแขวนชุดเลนสี่เหลี่ยมพื้นที่ 16 ตารางเมตรซึ่งทำจากท่อพลาสติกพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ทำการเจาะรูพุนลักษณะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว

บนท่อพีวีซีเพื่อระบายของเสียบริเวณกลางบ่อ (ภาพที่ 7) และต่อท่อพีวีซีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วออกจากบริเวณกลางบ่อไปตามพื้นบ่อ และแนวคันบ่อเพื่อปล่อยทิ้งลงในคลองน้ำทิ้ง (ภาพที่ 8) และบ่อดักตะกอนของฟาร์ม

หลังจากกักขังมีอายุ 35 วัน ทำการตั้งนาฬิกาควบคุมการทำงานของเครื่องมอเตอร์ 3 แรงม้า ในช่วงเวลาระหว่าง 20.00 น ถึง 06.00 น (ภาพที่ 6) โดยตั้งเวลาให้เครื่องทำงาน 15 นาที ที่เวลา 20.00, 22.00, 24.00, 02.00, 04.00 และ 06.00 น ซึ่งเป็นเวลาที่ไม่มีการหว่านอาหารในบ่อ และเปิดเครื่องให้อากาศทั้งบ่อ 100 % เพื่อลดการสูญเสียอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพในการรวมตะกอนเลนเข้าสู่กลางบ่อ โดยทำการระบายตะกอนเลนบริเวณกลางบ่อออกตามช่วงเวลาดังกล่าวจนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง ระหว่าง 77-90 วัน

1.3 การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) อัตราการรอดตาย (% SR) ปริมาณผลผลิต (Yield) ของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวที่มีวิธีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อและไม่มีการระบายตะกอนเลน

หลังจากจับกุ้ง จะรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) อัตราการรอดตาย (% SR) ปริมาณผลผลิต (Yield) จากบ่อควบคุมและบ่อดทดลอง มาเปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (อนันตชัย, 2542) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 13.0

สูตรการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิต (วิมลและคณะ , 2535)

1. การประเมินอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Growth)

คำนวณจากสูตร

$$\text{น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักกุ้งเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

2. การประเมินอัตราการแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR)

คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการแลกเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหาร (แห้ง) ที่กึ่งกิน}}{\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่ม}}$$

3. การประเมินอัตราการรอดตาย (%Survival rate)

คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งที่เริ่มต้นการทดลอง}}$$

4. ปริมาณผลผลิต (Biomass)

คำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิต} = \text{น้ำหนักกุ้งในบ่อเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักกุ้งในบ่อเริ่มต้น}$$

2. การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบางประการและค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวจากบ่อที่มีวิธีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อและบ่อที่ไม่มีการระบายตะกอนเลน

ในระหว่างการเลี้ยงจะทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) พีเอช อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียรวม ความเป็นด่าง ความกระด้าง และค่าความโปร่งแสง โดยคุณสมบัติของน้ำที่สามารถวิเคราะห์ได้ระหว่างการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าพีเอช อุณหภูมิ และค่าความโปร่งแสง ส่วนคุณสมบัติของน้ำที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ระหว่างการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ จะส่งนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภายในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวในบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (ฟาร์มซีฟาร์ม 1) อำเภอแกลง จังหวัดระยอง โดยเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่จะทำการวิเคราะห์ไว้ในกล่องโฟม แช่เย็นด้วยน้ำแข็งขณะลำเลียงขนส่งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างนำน้ำตัวอย่างออกมาจากกล่องโฟม รอจนกระทั่งน้ำตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องจึงทำการวิเคราะห์ โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ

อุปกรณ์และวิธีการในการวิเคราะห์

1. ออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิ วัดโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
2. พีเอช วัดโดยใช้เครื่องวัดพีเอชรุ่น Ecoscan pH 5
3. ความเค็ม วัดโดยใช้เครื่อง YSI 30/10 FT
4. ปริมาณไนโตรเจน ใช้วิธี Colorimetric method ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)
5. ปริมาณแอมโมเนียรวม ใช้วิธี phenol-hypochlorite method ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)
6. ความเป็นด่างและความกระด้าง ใช้วิธี titration ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)

สำหรับการวัดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในบ่อควบคุมและบ่อทดลองโดยใช้เครื่องวัดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ORPT estr 10 จำนวน 16 ตำแหน่งในบ่อ ทั้งบริเวณใกล้เคียงแนวหน้าอาหารรอบนอกของบ่อ และบริเวณรอบแนวเลน จากนั้นนำค่าที่ได้ในแต่ละจุดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยทำการวัดทุกสองสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง

หลังการจับกุ้ง คำนวณปริมาณเลนที่สะสมในบ่อ โดยวัดความกว้าง ความยาว และความลึกเฉลี่ยของเลนในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

นำข้อมูลคุณภาพน้ำและปริมาณเลนที่สะสมในบ่อจากบ่อควบคุมและบ่อทดลอง มาเปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (อนันตชัย, 2542) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 13.0

สถานที่ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ห้องปฏิบัติการในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวในบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (ฟาร์มซีฟาร์ม 1) อำเภอกาหลง จังหวัดระยอง

ระยะเวลาในการทดลอง

ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวในบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (ฟาร์มอาวาย 4)
อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ใช้เวลาประมาณ 6 เดือนตั้งแต่เริ่มเตรียมบ่อ





ภาพที่ 1 ลักษณะบ่อทดลองขนาด 5 ไร่ซึ่งปลูกด้วยโพลีเอทิลีน



ภาพที่ 2 ลักษณะลูกกุ้งที่ผ่านการตรวจคุณภาพและรับรองการปลอดโรค



ภาพที่ 3 การประเินอาหาร โดยขอ



ภาพที่ 4 การให้อาหารแบบการใช้รื่องหว่านอาหารอัตโนมัติ



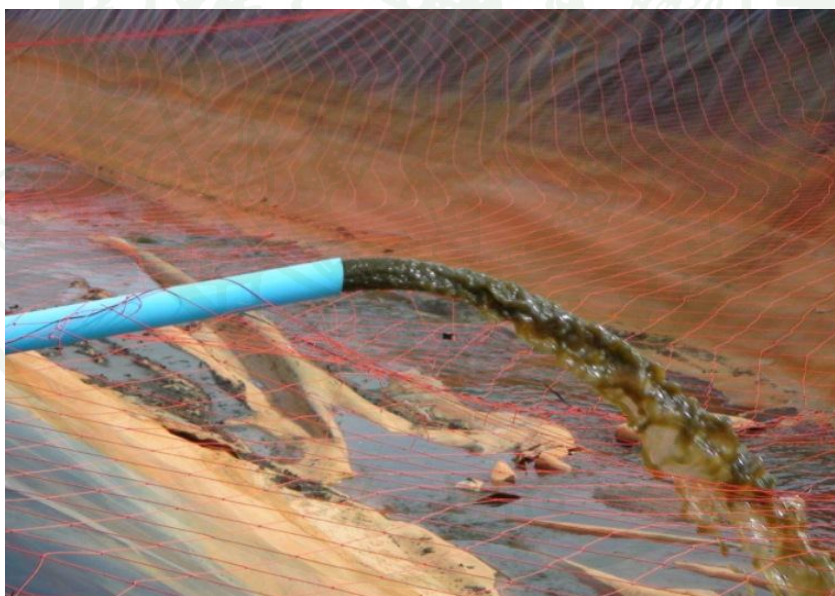
ภาพที่ 5 มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้าประกอบเข้ากับทุ่น KPI



ภาพที่ 6 ตู้และนาฬิกาควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า



ภาพที่ 7 ท่อระบายกลางบ่อที่มีการเจาะรูพรุนเพื่อระบายตะกอนเลน



ภาพที่ 8 การระบายตะกอนเลนลงสู่คลองน้ำทิ้งของฟาร์ม



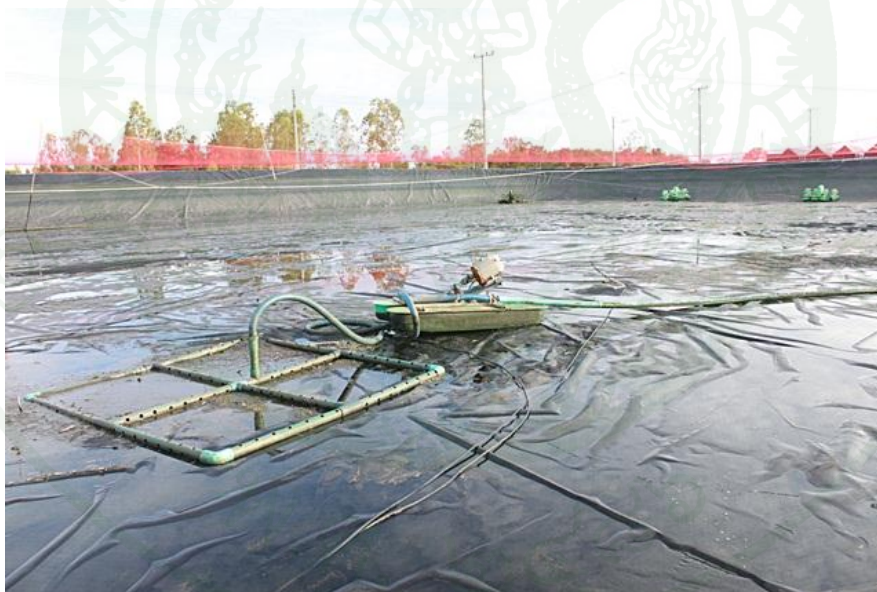
ภาพที่ 9 พื้นที่เล่นของบ่อที่ไม่มีการระบายเลน 1



ภาพที่ 10 พื้นที่เล่นของบ่อที่ไม่มีการระบายเลน 2



ภาพที่ 11 พื้นที่เลนของบ่อที่ไม่มีการระบายเลน 3



ภาพที่ 12 พื้นที่เลนของบ่อที่มีการระบายเลน 1



ภาพที่ 13 พื้นที่เลนของบ่อที่มีการระบายเลน 2



ภาพที่ 14 พื้นที่เลนของบ่อที่มีการระบายเลน 3



ภาพที่ 15 เชื้อควาล์ว

ผลและวิจารณ์

1.การเปรียบเทียบผลของการระบายตะกอนเลนและไม่ระบายตะกอนเลนต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

หลังจากทำการเลี้ยง 77-90 วัน จึงทำการจับกุ้ง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการรอดตายเฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม โดยอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการรอดตายเฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 0.16 ± 0.006 กรัมต่อวัน 92.0 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ $2,042 \pm 48.58$ กก./ไร่ ตามลำดับ สูงกว่ากลุ่มควบคุม 0.14 ± 0.015 กรัมต่อวัน 67.0 ± 2.65 เปอร์เซ็นต์ และ $1,315 \pm 173.33$ กก./ไร่ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงค่าผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดและอัตราแลกเนื้อของ กุ้งขาวแวนนาไมจากกลุ่มทดลองและควบคุม

	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการ เจริญเติบโต (กรัม/วัน)	อัตรารอด (%)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)
บ่อควบคุม					
1	1,478	14.49	0.16	68.0	1.52
2	1,335	12.90	0.14	69.0	1.68
3	1,133	11.80	0.13	64.0	1.64
ค่าเฉลี่ย	1,315±173.33^a	13.06±1.35^a	0.14±0.015^a	67.0±2.65^a	1.61±0.08^a
บ่อทดลอง					
1	2,007	14.70	0.16	91.0	1.42
2	2,023	14.50	0.16	93.0	1.29
3	2,198	15.20	0.17	92.0	1.32
ค่าเฉลี่ย	2,042±48.58^b	14.80±0.36^a	0.16±0.006^a	92.0±1.0^b	1.34±0.06^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนั่ง หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

พบว่ากลุ่มทดลองที่มีการระบายตะกอนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงได้ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเนื่องมาจากอัตราการตายของกุ้งในกลุ่มทดลองสูงถึง 92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งในกลุ่มควบคุมซึ่งมีอัตราการตายเพียง 67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของอัตราการตายของกุ้งทั้งสองกลุ่มทดลองพบว่ามีค่าแตกต่างกันถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม แม้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งในกลุ่มทดลองไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุมก็ตาม ซึ่งขนาดของกุ้งที่จับ (13.0-15.0 กรัม) นั้นกำหนดโดยนโยบายการผลิตของทางบริษัทและทางฟาร์ม และการจับกุ้งนั้นเป็นการจับกุ้งแบบมีชีวิต โดยทำการแช่น้ำและน้ำแข็งในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อรักษาอุณหภูมิของกุ้งให้ต่ำกว่า 10 องศา

เซลเซียส ในระหว่างการขนส่งจากฟาร์มไปยังห้องเย็นซึ่งเป็นแหล่งรับซื้อ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ากุ้งในบ่อที่มีการระบายตะกอนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงมีสุขภาพแข็งแรงกว่ากุ้งในบ่อควบคุม จึงทำให้มีอัตราการรอดตายสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นผลทำให้อัตราแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งในกลุ่มทดลองซึ่งมีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำกว่ากุ้งในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย (ตารางที่ 1) เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงที่กุ้งอายุ 60 วัน กุ้งในบ่อควบคุมมีการทยอยตายโดยไม่ทราบสาเหตุสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากปัญหาค่าไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในบ่อ และคุณภาพน้ำบางประการซึ่งไม่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ เช่นแร่ธาตุ ที่มีผลทำให้กุ้งลอกคราบไม่ออกและทยอยตาย ทำให้อัตรารอดต่ำและอัตราแลกเนื้อสูง

บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรูปแบบการเลี้ยงแบบหนาแน่นที่มีการจัดการการให้อาหารที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของสภาพพื้นบ่อและคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง และการติดตั้งเครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอ (8-10 แรงม้าต่อไร่) เพื่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพียงพอทั้งในปริมาณน้ำและพื้นบ่อ จะทำให้พื้นบ่อสะอาด ส่งผลให้กุ้งขาวแวนนาไมในบ่อมีสุขภาพที่ดีและมีอัตราการรอดตายสูง ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระดับความหนาแน่นสูง ชลอ และพรเลิศ (2547) แนะนำให้ติดตั้งเครื่องให้อากาศไม่ต่ำกว่า 6 แรงม้าต่อ 1 ไร่ แต่ในการศึกษาครั้งนี้มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศมากกว่า 6 แรงม้าต่อ 1 ไร่ ทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูงและมีการเจริญเติบโตดีด้วย (Boyd and Tucker, 1998)

จากผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลของการระบายเลนและไม่ระบายเลนต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่มีการระบายเลนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยงโดยเริ่มทำการระบายเลนออกจากบ่อตั้งแต่อายุการเลี้ยงของกุ้ง 35 วัน จนถึงวันจับเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ประมาณอายุกุ้งระหว่าง 77-90 วัน โดยประสิทธิภาพการระบายของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,420 รอบต่อนาทีสามารถระบายตะกอนเลนที่สะสมบริเวณกลางบ่อได้ปริมาตรเฉลี่ย 130 ลิตรต่อนาที คิดเป็นปริมาตรเฉลี่ยต่อวันที่มีการระบายตะกอนเลนเท่ากับ 9,000 ลิตร คิดเป็น 0.06 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในบ่อ (พื้นที่บ่อ 5 ไร่ ระดับน้ำ 2 เมตร) กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากในกลุ่มทดลองมีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจึงสามารถควบคุมปริมาณของตะกอนเลนซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณมากออกจากบ่อเลี้ยงได้ในปริมาณ

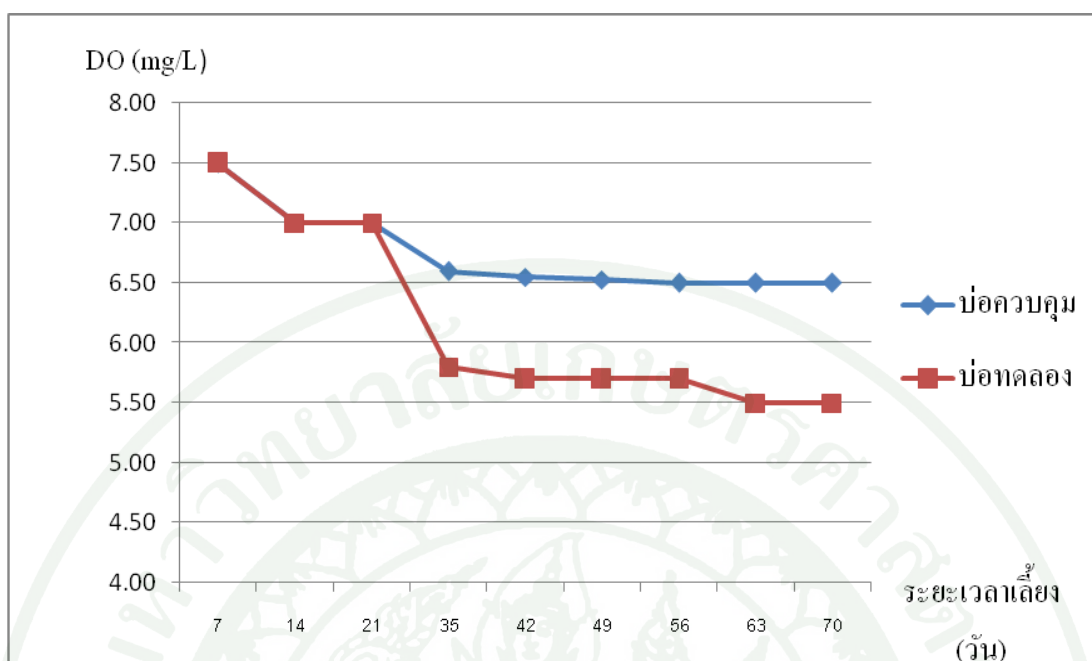
หนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่งผลให้สามารถลดปริมาณการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในบ่อเพื่อการย่อยสลายอินทรีย์สารได้ ปริมาณออกซิเจนในบ่อจึงมีอย่างเพียงพอสำหรับการใช้ของกุ้งในบ่อ (ชลอ, 2533) กุ้งในบ่อไม่เครียด กินอาหารปกติ เจริญเติบโต และมีอัตราการรอดได้สูง

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าการระบายน้ำออกและเติมน้ำกลับบ่อในปริมาตร 0.06 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำต่อวัน หรือการเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในบ่อเลี้ยงต่อวันในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (Boyd and Tucker, 1998) ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม อีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง เพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ลดความเข้มข้นของธาตุอาหารในบ่อเลี้ยง ลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยง และรักษาระดับความเค็มที่อาจเพิ่มขึ้นเนื่องจากการระเหยของน้ำในฤดูแล้ง โดยเฉพาะในบ่อที่มีการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในรูปแบบการเลี้ยงหนาแน่นที่ต้องการเน้นในส่วนของการรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยง (Boyd and Tucker, 1998) อย่างไรก็ตามทางฟาร์มควรมีการจัดการในส่วนของการนำน้ำสำรองสำหรับเติมเพื่อรักษาระดับน้ำในบ่อให้คงที่

2.การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบางประการและค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไมจากบ่อที่มีวิธีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อและบ่อที่ไม่มีการระบายตะกอนเลน

2.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

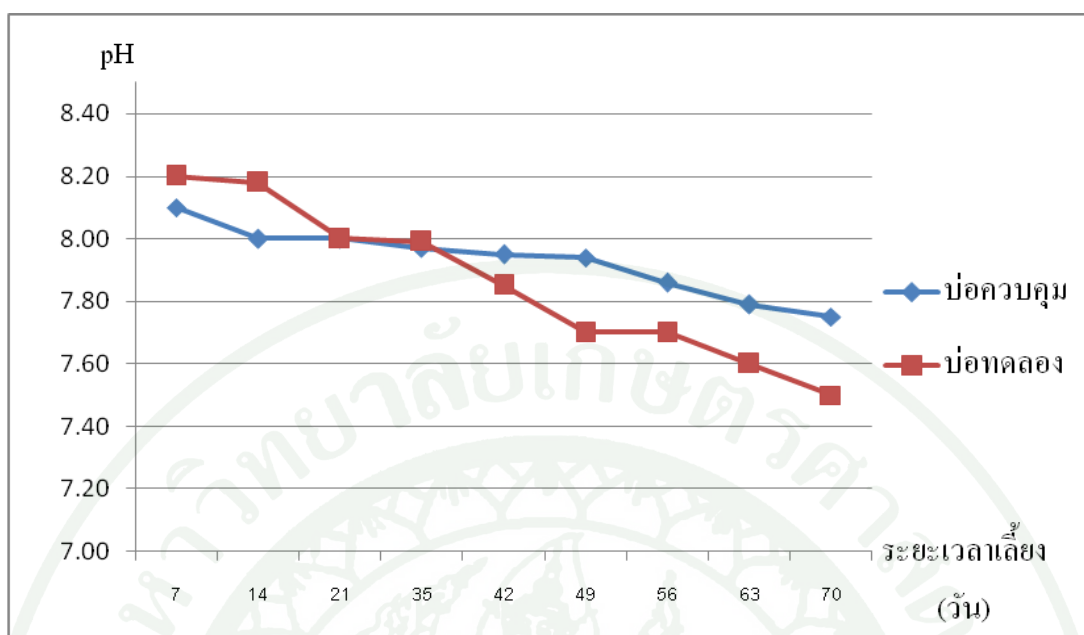
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 6.15 ± 0.38 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 6.74 ± 0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจากทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งเนื่องจากมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากมีเครื่องให้อากาศเพียงพอ หากค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะกินอาหารลดลงและมีการเจริญเติบโตช้า (พุทธร, 2546) พบว่ากลุ่มควบคุมมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าในกลุ่มทดลองเนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดและปริมาณกุ้งในบ่อดำกว่าในกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) และพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อทดลองมีค่าต่ำกว่าในบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะหลังอายุกุ้ง 35 วัน (ภาพที่ 16) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนของกุ้งในบ่อทดลองซึ่งมีอัตราการรอดสูงกว่าในบ่อควบคุมนั้นสูง เพื่อการนำไปใช้เป็นพลังงานและใช้ในกิจกรรมต่างๆภายในบ่อ ตลอดจนถึงปริมาณการให้อาหารในบ่อทดลองที่มีมากกว่าในบ่อควบคุมตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงนั้น มีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพอสมควร เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์จากอาหารที่เหลือ และแพลงก์ตอนพืช การหายใจของกุ้ง ที่มีจำนวนมากกว่าย่อมต้องใช้ออกซิเจนมากกว่าเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อทดลองก็ยังมีระดับที่สูงมากตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงและอยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงกุ้งทะเล (ชลอ, 2543; พุทธร, 2546; ชลอ และพรเลิศ, 2547)



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.2 ความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอชของน้ำ (pH)

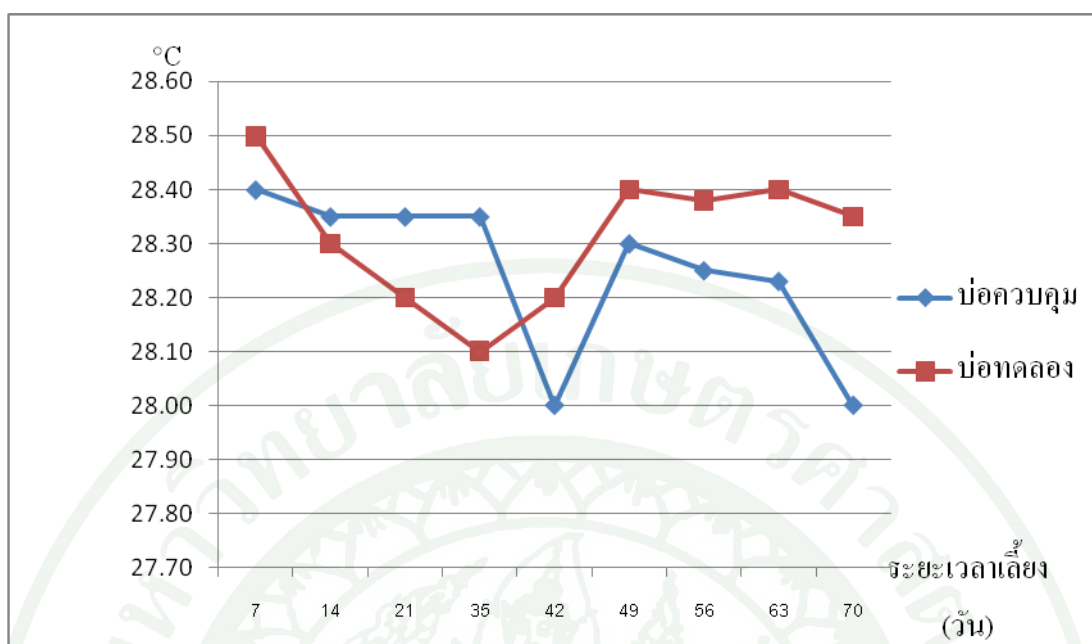
ความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอชของน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 7.86 ± 0.35 และ 7.97 ± 0.26 (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าพีเอชของน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 17) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 (ชโล และพรเลิศ, 2547) แนวโน้มพีเอชของน้ำทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเลี้ยง ซึ่งมีการให้อาหารมากขึ้นตามปริมาณกุ้งในบ่อ และมีการใช้จุลินทรีย์เติมลงไปเป็นระยะๆ เพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายเมื่อรวมกับน้ำจะเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ทำให้พีเอชของน้ำลดลงในช่วงท้ายๆของการเลี้ยง



ภาพที่ 17 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดหรือด่างของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.3 อุณหภูมิน้ำ (water temperature)

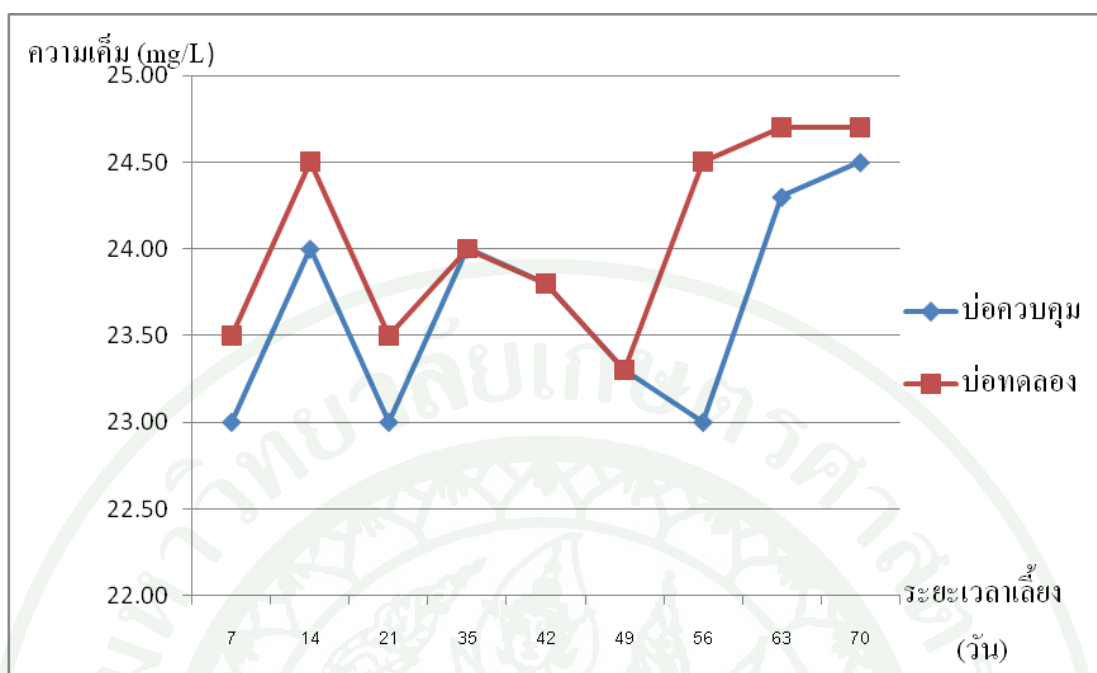
อุณหภูมิน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 28.35 ± 0.22 องศาเซลเซียส และ 28.23 ± 0.18 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอุณหภูมิน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 18) โดยอุณหภูมิน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพอุณหภูมิของอากาศในแต่ละพื้นที่ ซึ่งขึ้นกับฤดูกาล ความลึกของบ่อ กระแสลม ระดับความสูงของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ (ประเทือง, 2534) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอุณหภูมิน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากอุณหภูมิน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เหมาะสมทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (Boyd and Tucker, 1998) ชลอ และพรเลิศ (2547) กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในช่วงเมษายน-สิงหาคม อุณหภูมิของอากาศในปี พ.ศ. 2554 ไม่สูงมาก มีฝนตกในตอนบ่ายแทบทุกวัน เพราะอยู่ในช่วงของปรากฏการณ์ลานีญา คือมีฝนมากกว่าปกติ ทำให้อุณหภูมิไม่สูงมาก และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการกินอาหารของกุ้งและการเจริญเติบโต



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.4 ความเค็ม (salinity)

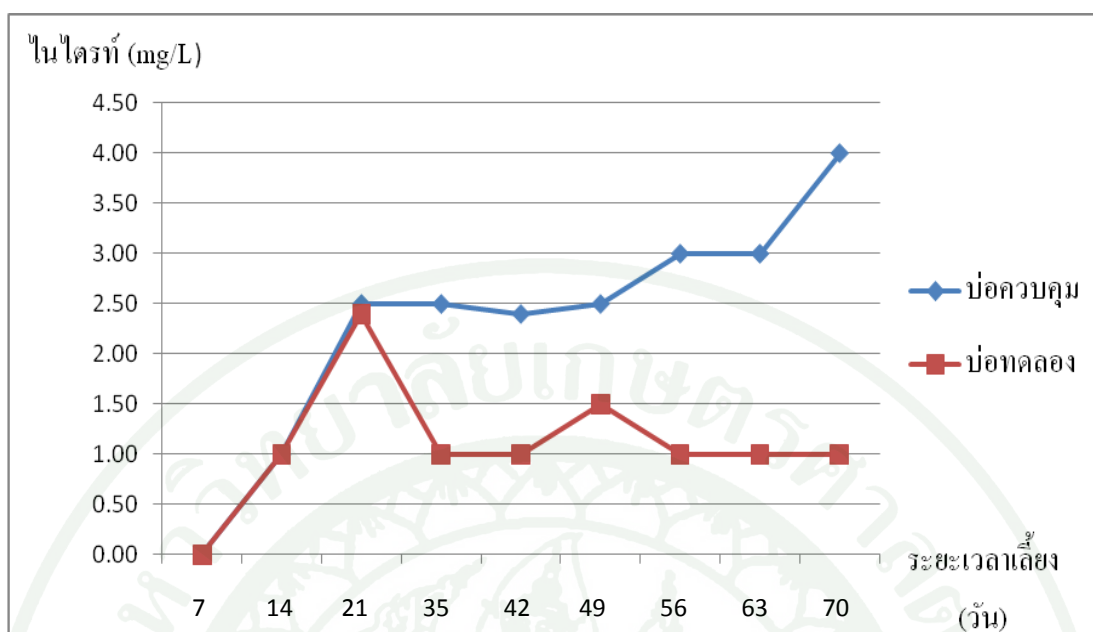
ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 24.6 ± 1.35 และ 23.6 ± 1.50 พีพีที (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเค็มของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยง แม้ว่าทางฟาร์มมีการสูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าสู่บ่อพักน้ำก่อนที่จะสูบน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยงในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน แต่ระหว่างการเลี้ยงความเค็มของน้ำในบ่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการเติมน้ำเข้าบ่อเพื่อรักษาระดับน้ำในกรณีของบ่อทดลองซึ่งคิดเป็นปริมาตรเฉลี่ย 0.06 เปอร์เซ็นต์ทุกวันตลอดระยะเวลาการเลี้ยง อย่างไรก็ตามความเค็มของน้ำในทุกบ่อในฟาร์มจะมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 19) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล (ชลด, 2543)



ภาพที่ 19 เปรียบเทียบความเค็มของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.5 ไนไตรท์ (nitrite)

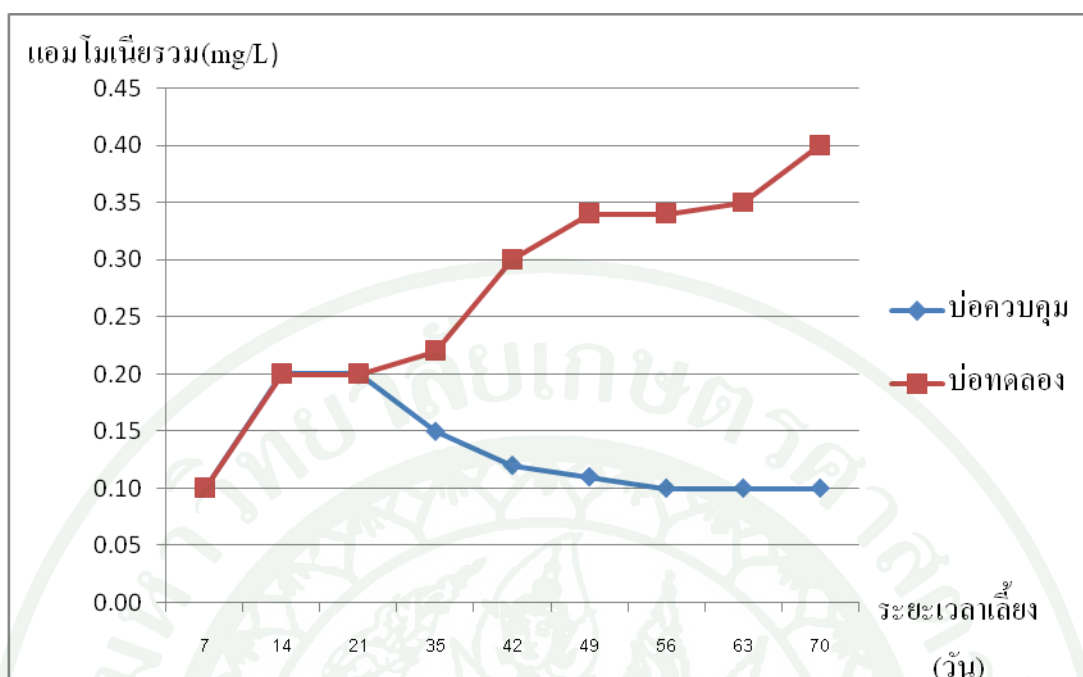
ไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 1.05 ± 1.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 2.36 ± 1.96 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าไนไตรท์ ของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่าไนบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงระบบหนาแน่นสูงอาจมีค่าไนไตรท์สูง เนื่องจากการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีนสูง การเติมปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกลงในบ่อ (Boyd and Tucker, 1998) ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าพีเอชลดลง นอกจากนี้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นน้ำทะเลที่มีคลอไรด์สูง ความเป็นพิษของไนไตรท์ที่มีต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) และสังเกตได้ว่าหลังอายุการเลี้ยง 35 วันบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกลุ่มทดลองจะมีค่าไนไตรท์ต่ำกว่าในกลุ่มควบคุมทั้งนี้เนื่องมาจากการระบายตะกอนเลนบางส่วนออกจากบ่อด้วยท่อระบายกลางบ่อ ซึ่งเป็นการลดของเสียและอินทรีย์สารภายในบ่อได้ในระดับหนึ่ง (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบค่าไนไตรท์ของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.6. แอมโมเนียรวม (total ammonia)

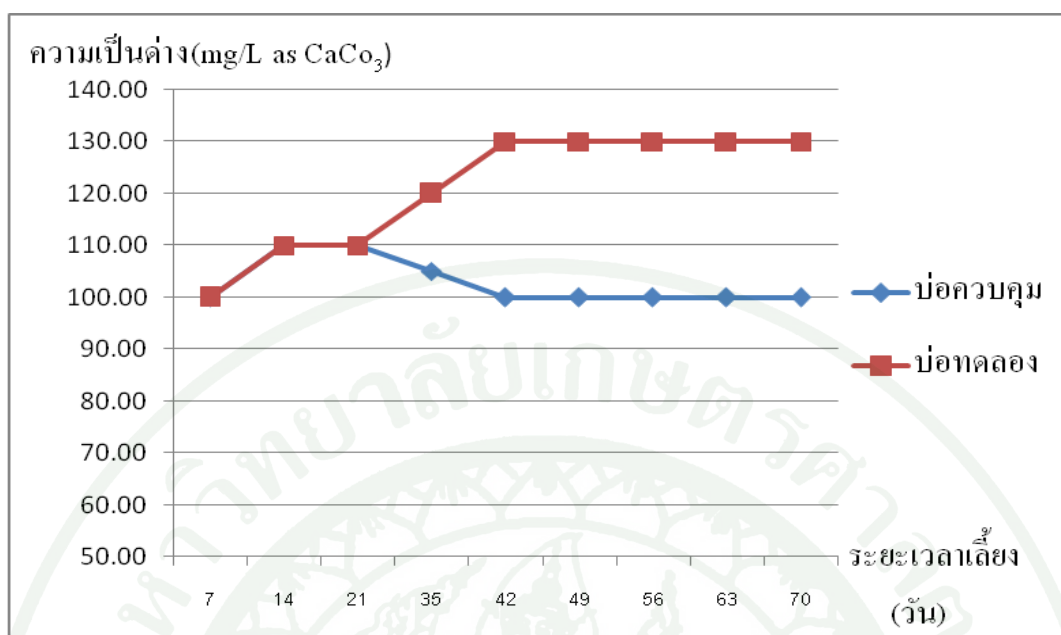
แอมโมเนียรวมของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 0.12 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.29 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าแอมโมเนียของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญ โดยแอมโมเนียรวมของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองมีค่าต่ำกว่าในกลุ่มควบคุมเนื่องจากการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ปริมาตรน้ำในบ่อทดลองมีการระบายออกมาพร้อมกับตะกอนเลน และมีการเติมน้ำเข้าไปเพื่อรักษาระดับน้ำในปริมาตร 0.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำทั้งหมดในบ่อ โดยทั่วไปแล้วค่าแอมโมเนียรวม จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากการสะสมของปริมาณอาหารและของเสียที่เพิ่มขึ้น แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าในกลุ่มทดลองมีค่าแอมโมเนียลดลงเมื่อระยะเวลาเลี้ยงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ท่อระบายตะกอนเลนกลางบ่อหลังอายุกุ้ง 35 วัน (ภาพที่ 21) พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมที่มีค่าต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเล และในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการให้อาหารในปริมาณมาก จะมีผลต่อค่าแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (Boyd, 1989)



ภาพที่ 21 เปรียบเทียบค่าแอมโมเนียรวมของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.7 ความเป็นด่าง (alkalinity)

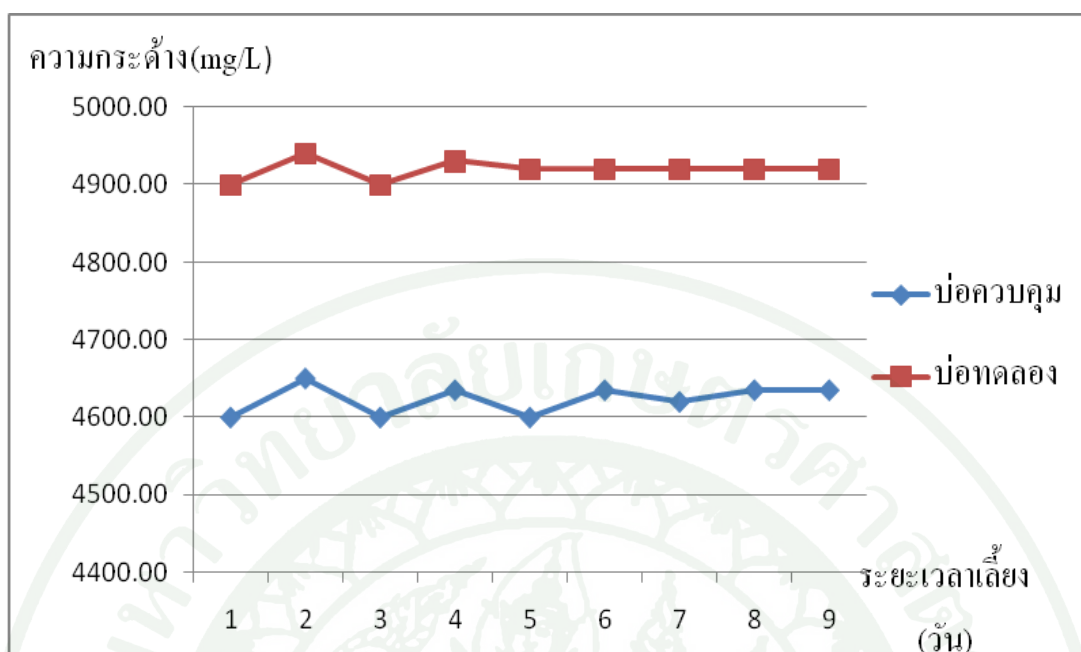
ความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 124.47 ± 22.87 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 103.47 ± 15.40 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเป็นด่าง ของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเลี้ยง จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าในกลุ่มทดลองมีค่าความเป็นด่างสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 22) อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันในปริมาตร 0.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำที่เดิมเข้ามาเป็นน้ำจากบ่อสำรองน้ำที่มีการฆ่าพาหะและเติมวัสดุปูนบางชนิดลงไป ค่าความเป็นด่างของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเนื่องจากค่าความเป็นด่างของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เหมาะสมทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd and Tucker, 1998)



ภาพที่ 22 เปรียบเทียบค่าความเป้นต่างของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.8 ความกระด้าง (hardness)

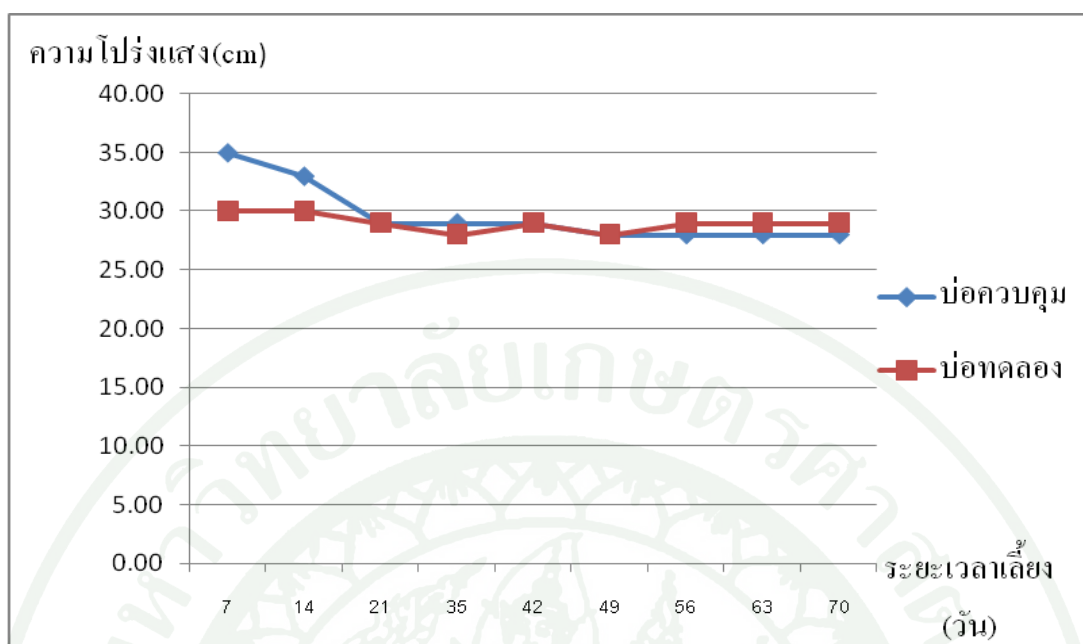
ความกระด้าง ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า $4,912.67 \pm 536.82$ มิลลิกรัมต่อลิตร และ $4,647.00 \pm 479.39$ มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความกระด้างของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 23) โดยความกระด้างของน้ำจะมีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำ เนื่องจากความกระด้างของน้ำเป็นผลรวมของแคลเซียมอออนและแมกนีเซียมอออนเป็นส่วนใหญ่ น้ำที่มีความเค็มสูงจะมีปริมาณแมกนีเซียมและแคลเซียมอออนสูงตามไปด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ ความเค็มของน้ำประมาณ 23-24 พีพีที ซึ่งความกระด้างรวมในการเลี้ยงกุ้งทะเลไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลธ., 2543)



ภาพที่ 23 เปรียบเทียบค่าความกระด้างของกลุ่มทดลองและควบคุม

2.9 ความโปร่งแสง (transparency)

ความโปร่งแสงของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่า 29.67 ± 5.81 เซนติเมตร และ 28.23 ± 5.49 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความโปร่งแสงของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่าค่าความโปร่งแสงของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเนื่องจากค่าความโปร่งแสง ของบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลที่เหมาะสมทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 40-60 เซนติเมตร (Boyd and Tucker, 1998) แต่ ชลอ และพรเลิศ (2547) แนะนำให้ควบคุมความโปร่งแสงในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระหว่าง 30-40 เซนติเมตร ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองมีความโปร่งแสงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเล็กน้อย (ภาพที่ 24) เนื่องจากเป็นการเลี้ยงที่มีการถ่ายน้ำน้อยมากในกลุ่มทดลอง และไม่มีการถ่ายน้ำเลยในกลุ่มควบคุม ความโปร่งแสงจึงอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ

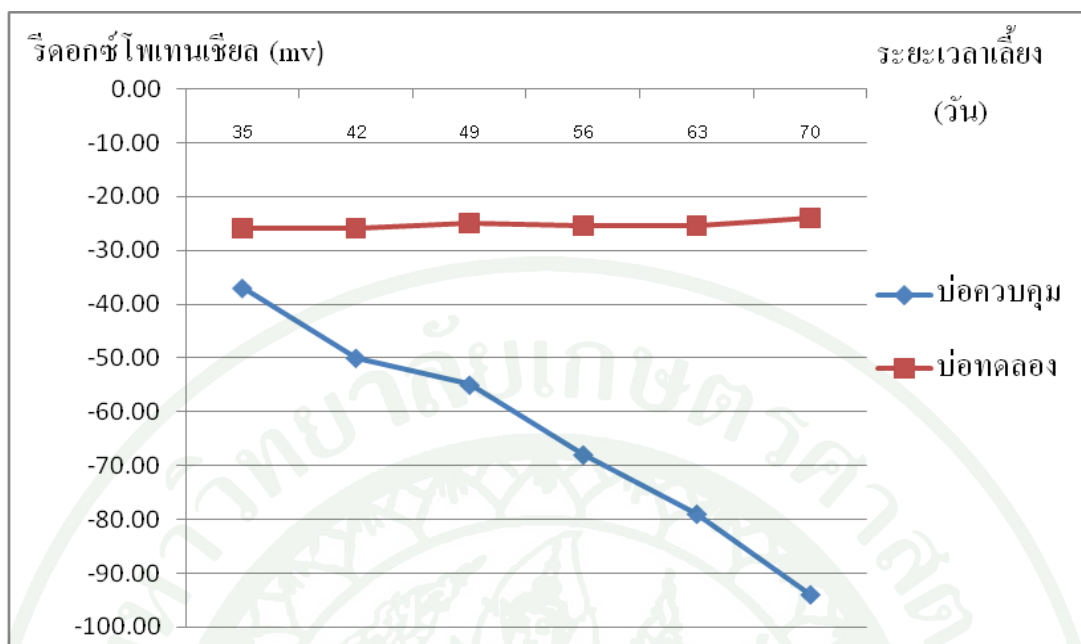


ภาพที่ 24 เปรียบเทียบค่าความโปร่งแสงของกลุ่มทดลองและควบคุม

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าคุณภาพน้ำบางประการของทั้ง 2 กลุ่มทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มทดลองที่มีการระบายตะกอนเลนออกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากของเสียรวมถึงสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาหารกุ้งที่เหลือที่มีโปรตีนสูงเป็นต้นกำเนิดของแอมโมเนียในบ่อได้ถูกกำจัดออกไปตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ในขณะที่ค่าคุณภาพน้ำอื่นๆ เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในกลุ่มทดลองจะต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเนื่องจากอัตราออกของกุ้งในกลุ่มทดลองมากกว่าในกลุ่มควบคุม จึงต้องการออกซิเจนละลายน้ำในปริมาณที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้พบว่าความเค็ม และค่าความเป็นด่างของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมเนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำทดแทนปริมาณตะกอนเลนที่ดูดออกไปในแต่ละวัน ส่วน พีเอช อุณหภูมิ ความเค็ม ไนไตรท์ ความกระด้างและความโปร่งใส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.10 ความต่างศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potential)

ผลการศึกษาพบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียลเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมเมื่อเริ่มต้นการศึกษาและสิ้นสุดการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง - 37.67 และ -93.67 มิลลิโวลต์ แตกต่างกับกลุ่มทดลองซึ่งมีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยงซึ่งมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียล (ภาพที่ 25) เฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการศึกษาและสิ้นสุดการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง -26.67 และ -24.67 มิลลิโวลต์ (ตารางที่ 2) แสดงว่าบริเวณพื้นบ่อกลุ่มควบคุมมีความเน่าเสียสูงกว่ากลุ่มทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นค่าที่แสดงสภาวะออกซิไดซ์หรือรีดิวซ์ของพื้นบ่ออย่างคร่าวๆได้ โดยพื้นบ่อที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นบวกมักเป็นบริเวณที่มีออกซิเจนอยู่เพียงพอในทางตรงกันข้ามพื้นบ่อที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นติดลบมักเป็นตะกอนเลนที่เน่าเสียหรือไม่มีออกซิเจนอยู่ ทำให้สามารถจำแนกสภาพของพื้นบ่อที่มีออกซิเจนออกจากบริเวณที่ไม่มีออกซิเจนโดยใช้ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียล โดยพื้นบ่อที่มีออกซิเจนเพียงพอ มักมีค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียลมากกว่า 0-100 มิลลิโวลต์ และอาจสูงถึง +400 มิลลิโวลต์ (จารูมาศ, 2548) ชลอ(2543) รายงานว่าการจัดการพื้นบ่อเลี้ยงให้สะอาดอยู่เสมอจะมีผลต่อสุขภาพกุ้ง โดยเฉพาะในช่วงที่กุ้งลอกคราบ กุ้งมักจะเข้าไปในบริเวณชายขอบเลน ถ้าพื้นที่บริเวณนั้นไม่สะอาด มีปริมาณตะกอนและสารอินทรีย์อยู่มากจะทำให้กุ้งอ่อนแอ ป่วยและตายได้ เมื่อวัดพื้นที่ตะกอนเลนหลังจับกุ้งพบว่ากลุ่มทดลองที่มีการดูดตะกอนเลนออกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่เลนเท่ากับ 5.48 ± 6.24 ตารางเมตร (ภาพที่ 12-15) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่เลนของบ่อควบคุมซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 209.33 ± 100.74 ตารางเมตร (ภาพที่ 9-11) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าบริเวณแนวเลนของบ่อเลี้ยงกุ้งที่ไม่ได้ระบายเลนหรือนำตะกอนใดๆออกจากบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจะมีแนวโน้มที่มีการสะสมของตะกอนเลนมากขึ้นเรื่อยๆและพบการเน่าเสียของตะกอนเลนหรือสารอินทรีย์ต่างๆมากขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ดำรง(2540) ดังนั้นการพยายามนำเอาตะกอนหรือของเสียต่างๆที่สะสมบริเวณพื้นบ่อเลี้ยงออกไปให้ได้มากที่สุดในการเลี้ยงน่าจะเป็นการจัดการที่เหมาะสมเพราะสามารถลดความเน่าเสียของพื้นบ่อ ทำให้กุ้งแข็งแรง มีการเจริญเติบโตที่ดี และมีอัตราการรอดตายสูง แต่ทั้งนี้ทางฟาร์มควรจะต้องมีบ่อเก็บกักเลนภายในฟาร์มตนเอง เพราะถ้าหากมีการระบายออกสู่สาธารณะจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้



ภาพที่ 25 เปรียบเทียบค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของกลุ่มทดลองและควบคุม

ตารางที่ 2 แสดงค่าคุณภาพน้ำ ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลและพื้นที่เลนของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนของ
กลุ่มทดลองและควบคุม

คุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ย	
	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง
Do (mg/L)	6.74±0.93 ^a	6.15± 0.38 ^b
pH	7.97± 0.26 ^a	7.86± 0.35 ^a
Temperature (°C)	28.23± 0.18 ^a	28.35± 0.22 ^a
Salinity (ppt)	23.6 ±1.50 ^a	24.6 ±1.35 ^b
Nitrite (mg/L)	2.36 ±1.96 ^a	1.05 ±1.52 ^a
Total ammonia (mg/L)	0.29 ±0.14 ^a	0.12 ±0.03 ^b
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	103.47± 15.40 ^a	124.47± 22.87 ^b
Hardness(mg/L)	4,647± 479.39 ^a	4,912.67± 536.82 ^a
Transparency (cm.)	29.67± 5.49 ^a	29.67± 5.81 ^a
Sludge area (m ²)	209.33±100.74 ^a	5.48±6.24 ^b
Initial redox potential (millivolt)	- 37.67 ±10.67 ^a	-26.67 ±0.56 ^b
Final redox potential (millivolt)	-93.67 ±7.17 ^a	-24.67 ±5.63 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การนำสารอินทรีย์และเลนออกจากบ่อโดยท่อระบายกลางบ่อเป็นวิธีที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบหนาแน่นเพราะสามารถลดการสะสมของตะกอนเลนภายในบ่อ ลดความเน่าเสียของเลนบริเวณพื้นบ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงมีอัตราการรอดตายสูงทำให้ได้ผลผลิตที่ดีกว่าการเลี้ยงแบบที่ไม่มีการนำตะกอนเลนออกจากบ่อเลี้ยงเลยตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ผลการศึกษาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์โพเทนเชียลเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมเมื่อเริ่มต้นการศึกษาและสิ้นสุดการศึกษา แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นบ่อกลุ่มควบคุมมีความเน่าเสียสูงกว่ากลุ่มทดลอง เนื่องจากค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์เป็นค่าที่แสดงสภาวะออกซิไดซ์หรือรีดิวซ์ของพื้นบ่ออย่างคร่าวๆได้ เพราะฉะนั้นการจัดการพื้นบ่อเลี้ยงให้สะอาดอยู่เสมอโดยใช้ท่อระบายกลางบ่อ จะมีผลต่อสุขภาพกุ้ง เมื่อวัดพื้นที่ตะกอนเลนหลังจับกุ้งพบว่ากลุ่มทดลองที่มีการดูดระบายตะกอนเลนออกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่เลนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่เลนของบ่อควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการพยายามนำเอาตะกอนหรือของเสียต่างๆที่สะสมบริเวณพื้นบ่อเลี้ยงออกไปให้ได้มากที่สุดโดยการใช้ท่อระบายกลางบ่อ ในระหว่างการเลี้ยงจึงน่าจะเป็นการจัดการที่เหมาะสมต่อระบบการเลี้ยงกุ้งขาวเชิงพาณิชย์แบบหนาแน่น

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำบางประการ พบว่ากลุ่มทดลองที่มีการระบายตะกอนเลนออกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการใช้ท่อระบายกลางบ่อ ในระหว่างการเลี้ยงส่วนค่าพีเอช อุณหภูมิ น้ำ ความเค็ม ปริมาณไนไตรท์ ความกระด้างและความโปร่งแสง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมและส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ข้อเสนอแนะ

ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีการปล่อยลูกกุ้งให้อัตราความหนาแน่นสูงมากเกิน 100 ตัวต่อตารางเมตร ควรมีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อในระหว่างการเลี้ยง เพื่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในระดับที่สูงและมีพื้นที่สะอาดบริเวณพื้นบ่อมากพอสำหรับกุ้งที่อยู่กันอย่างหนาแน่น จะทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายสูง และมีการเจริญเติบโตที่ดี

เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรมีระบบการจัดการน้ำสำรองภายในฟาร์มเพื่อใช้สำหรับเติมเพื่อรักษาระดับน้ำที่ระบายออกมาพร้อมกับตะกอนเลนระหว่างการใช้ท่อระบายกลางบ่อ ควรมีระบบการจัดการเตรียมบ่อหรือแหล่งรองรับตะกอนเลนที่ระบายออกจากบ่อ รวมถึงบ่อสำหรับเก็บตะกอนเลนเพื่อเป็นแหล่งเก็บตะกอนเลนที่เป็นสัดส่วน ปลอดภัยต่อการเป็นแหล่งสะสมและแพร่ระบาดของโรค ตลอดจนถึงการปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ควรมีการติดตั้งเครื่องให้อากาศจำนวนที่พอเพียงในตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะสามารถทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนเวียนทั้งในบ่อที่มีลักษณะทั้งกลมและเหลี่ยมได้ทั่วทั้งบ่อ เพื่อการรวมตะกอนเลนเข้าสู่บริเวณกลางบ่อได้ดี เพื่อสะดวกต่อการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อ

ควรมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีลักษณะบ่อดินเพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งทำการศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีลักษณะการปูพื้นบ่อด้วยโพลีเอทิลีน หรือ พีอี และการศึกษาข้อมูลระยะเวลาและความถี่ที่จะกำหนดให้มีการระบายตะกอนเลนออกจากบ่อ ในการศึกษาครั้งนี้ทดลองระบายตะกอนเลนออกจากบ่อในช่วงเวลา 20.00 – 06.00 น เนื่องจากทางฟาร์มมีการให้อาหารกุ้งในช่วงเวลา 07.00 -17.00 น และเปิดเครื่องให้อากาศ 100 เปอร์เซนต์ หลัง 20.00 น ซึ่งเป็นช่วงที่มีการหมุนเวียนของน้ำในบ่อดี และสามารถรวมตะกอนเลนเข้าสู่บริเวณกลางบ่อได้ดีที่สุด

ในการพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องระบายตะกอนเลนกลางบ่อเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของตะกอนและเลนในกรณีที่ขอบบ่อมีความลาดชันสูงหรือไม่เหมาะสมอันจะส่งผลให้มีการดันกลับของของเสีย และเกิดการฟุ้งกระจายบริเวณกลางบ่อ ดังนั้นควรมีการติดตั้งเชือกถ่วงบริเวณท่อต่อที่ระบายน้ำออกจากบ่อเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวซึ่งน่าจะเป็นแนวทางแก้ปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง (ภาพที่ 15)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง. 2546. ระเบียบการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตามมาตรฐาน จี เอ พี พ.ศ. 2546.
สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กิจการ สุขมาตย์, จูอะดี พงศ์ณิรัตน์ และ ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง. 2543. สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันและการ
ใช้วัคซีนในกุ้งกุลาดำ: III ผลของปีต้ากลูแคน (MacroGard) ต่อการเจริญเติบโต
ภูมิคุ้มกัน และความต้านทานโรคในกุ้งกุลาดำ. วารสารสงขลานครินทร์. ฉบับวิทยาศาสตร์
และ เทคโนโลยี 22 (ฉบับพิเศษ): 1-8.

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2553. สถิติการประมง 2550. แหล่งที่มา:

<http://www.fisheries.go.th/it-stat/>, 2 พฤษภาคม 2553

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. ดินตะกอน, ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลีสุวรรณ. 2533. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำและการป้องกันและรักษาโรคกุ้ง. เอกสาร
ประกอบการสอน วิชาชีววิทยาประมง. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชลอ ลีสุวรรณ. 2543. กุ้งไทย 2000 ผู้ความยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. โรงพิมพ์เจริญ
รัตน์การพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ชลอ ลีสุวรรณ และ พรเลิศ จันทรรักษ์ชกุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.
บริษัทเมจิก พับบลิเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

ดำรง โลหะลักษณ์เดช. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ระบบการให้อาหารต่างๆ กันเพื่อ
จัดการคุณภาพน้ำและดินพื้นบ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. ฟิสิกส์เซนเตอร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2534. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2546. ออกซิเจนกับการเลี้ยงกุ้งและการพัฒนา. น. 224-229. ใน สุรศักดิ์
ดิลกเกียรติ. **กุ้งไทยก้าวใหม่ สู่หนึ่งในผู้นำกุ้งโลกยั่งยืน**. โรงพิมพ์กพล, กรุงเทพฯ.

วิมล จันทรโรทัย ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ สิริมล ชุ่มสูงเนินและสมฤกษ์ ชินมุข. 2535. อาหารที่ระดับ
โปรตีนต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโตและไขมันสะสมในปลาสวาย.
เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง. กรุงเทพฯ.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนทดลอง**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Ahmed, T. and C.E. Boyd. 1988. Design and performance of paddlewheel aerators.
Aquacultural Engineering 7: 39-62.

Allan, G.L., G.B. Marguire and S.J. Hopkins. 1990. Acute and chronic toxicity of ammonia
to juvenile *Metapenaeus macleayii* and *Penaeus monodon* and the influence of low
dissolved oxygen levels. **Aquaculture** 91: 256-280.

APHA, AWWA. And WEE. 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and
Wastewater**. 20th edition United Book Press, Maryland.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Fish Pond Culture**. Elsevier Sci. Publ
Co., Amsterdam.

- Boyd, C.E. 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming.** Fisheries and Allied Aquacultures Departmental Series No. 2. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama.
- Boyd, C.E. 1992. Shrimp pond bottom soil and sediment management. pp. 125-132 *In* **Proceeding Of the Special Session on Shrimp Farming.** World Aqua Soc. Orlando, Florida.
- Boyd, C.E. 1995. **Bottom Soils, Sediment and Pond Aquaculture.** Chapman and Hall, Newyork.
- Boyd, C.E. and A.W. Fast. 1992. Pond monitoring and management. pp. 497-513 *In* A.W. Fast and L.J. Lester. **Marine Shrimp Culture: Principles and Practices.** Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1998. **Pond and Aquaculture Water Quality Management.** Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Chien, Y.H. 1989. The management of sediment in prawn pond. pp. 219-243 *In* **Proceedings III, Brazillian Prawn Culture Symposium Proceeding, , MCI Aquaculture, Soao Pessoa-PB, Brazil.**
- Fieber, L.A. and P.L. Lutz. 1982. Calcium requirements for molting in *Macrobrachium rosenbergii*. **J. World Maricul. Soc.** 13: 21-27.
- Guy, D. 1992. **The Ecology of the Fish Pond System.** Institute of Animal Ecology, University of Ghent, Belgium.
- Holthuis, L.B. 1980. **FAO A Species Catalogue Vol. 1, Shrimp and Prawns of the world.**

Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Jory, D.E. and T. Cabrera. 2003. **Marine Shrimp**. Available Source: http://www.blackwellpublishing.com/content/BPL/Images/Content_store/Sample_chapter/9780852382226/lucas%20chapter.pdf, March 9, 2007.
- McGraw, W., D.R. Teichert-Coddington., D.B. Rouse and C.E. Boyd. 2001. Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yields in earthen ponds. **Aquaculture** 199: 311-321.
- Martin, G.G. and L.B. Graves. 1985. Fine structure and classification of shrimp hemocyte. **J. Morphol.**
- Vargas-Albores, F., F. Jimenez-Vega and G. Yepiz-Plascencia. 1998. Purification and comparison of β – 1,3-glucan binding protein from white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Dev. Comp. Immunol.**
- Wyban, J.A., J.N. Sweeney and R.A. Kanna. 1988. Shrimp yield and economic potential of intensive round pond system. **J. World Aqua.Soc.** 19: 210-217.
- Wyban, J.A., J.N. Sweeney. 1989. Intensive shrimp growout in a round pond. **Aquaculture** 76: 215-225

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาววิลาวัลย์ บุญวาสน์
เกิดวันที่ 10 กันยายน 2526
สถานที่เกิด อำเภอพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา วท.บ.(ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน ผู้จัดการแผนกผลิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด