



วิทยานิพนธ์

การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพ
เพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

REDUCTION OF AMMONIA AND NITRITE BY USING
BIO-EXTRACT TO INCREASE PRODUCTION
OF *Litopenaeus vannamei*

นายพีชร อ้วนสอาด

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน)

ปริญญา

การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว
แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Reduction of Ammonia and Nitrite by Using Bio-Extract to Increase Production
of *Litopenaeus vannamei*

نامผู้วิจัย นายเพชร อ้วนสอาด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์บังกชรัตน์ ปิทยานต์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารนัย พลิชกุล, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(รองศาสตราจารย์พรรณภา ศักดิ์สูง, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยใช้ น้ำหมักชีวภาพ
เพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Reduction of Ammonia and Nitrite by Using Bio-Extract
to Increase Production of *Litopenaeus vannamei*

โดย

นายเพชร อ้วนสอาด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน)

พ.ศ. 2550

เพ็ชร อ้วนสอาด 2550: การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ปรินญาวิทยาศาสตร์ มหบัณฑิต (การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน) สาขาการใช้ที่ดิน และการจัดการทรัพยากร ธรรมชาติอย่างยั่งยืน โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์บงกชรัตน์ ปิณฑน์, Ph.D. 102 หน้า

ในการศึกษาการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ขนาด 15 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยลูกกุ้ง 70 ตัว/ตารางเมตร ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 17 สัปดาห์ โดย การใช้น้ำหมักชีวภาพ 2 ชนิด คือน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร และน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุง คุณภาพ ซึ่งผลิตขึ้นเอง การวางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มตลอด โดยแบ่งเป็น 3 วิธี ๆ ละ 3 บ่อ ได้แก่ บ่อควบคุม บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุง คุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพและน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพสามารถลดปริมาณ แอมโมเนียและไนไตรท์ได้ดีกว่า มีปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ต่ำที่สุด เฉลี่ย 0.020 และ 0.009 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรมีปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ เฉลี่ย 0.030 และ 0.012 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนบ่อที่ไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพหรือบ่อควบคุม มีปริมาณ แอมโมเนียและไนไตรท์สูงที่สุด เฉลี่ย 0.048 และ 0.020 มิลลิกรัม/ลิตร ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ที่ได้จากบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพได้มากที่สุดเฉลี่ย 1595.7 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนัก เฉลี่ย 14.22 กรัม/ตัว อัตราการรอดตายเฉลี่ย 83.3 % ส่วนบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร และ บ่อควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ย 1416.5 และ 1259.0 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ย 13.11 และ 13.97 กรัม/ตัว อัตราการรอดตายเฉลี่ย 80.5 และ 67.7 % ตามลำดับ ต้นทุนเฉลี่ยของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำหมัก ชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ และแบบเกษตรกร เท่ากับ 1.39 และ 1.11 บาท/ลิตร ตามลำดับ เกษตรกรที่เคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักในบ่อเลี้ยงกุ้งจะยอมรับใช้น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุง คุณภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงได้ง่ายกว่า โดยกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 66.7 ยอมรับน้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพระดับปานกลาง ร้อยละ 20.0 และ 13.3 ยอมรับระดับสูงและ ระดับต่ำ ตามลำดับ

Petch Aunsaart 2007: Reduction of Ammonia and Nitrite by Using Bio-Extract to Increase Production of *Litopenaeus vannamei*. Master of Science (Sustainable Land Use and Natural Resource Management), Major Field: Sustainable Land Use and Natural Resource Management, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Bongotrat Pitiyont, Ph.D. 102 pages.

A study of ammonia and nitrite reduction in *Litopenaeus vannamei* culture was conducted in 15 m³ concrete ponds. The stocking density was 70 PL/m², culture period was 17 weeks and the two bio-extracts, namely, traditional bio-extract and modified bio-extract were used throughout this study. Completely Randomized Design was applied to test for ammonia and nitrite reduction in the three experimental ponds consisting of the control pond, traditional bio-extract treated ponds and modified bio-extract treated pond with three replications each. The results showed significant differences in ammonia and nitrite reduction efficiency between these bio-extracts at a 95% confidence level. Use of the modified bio-extract reduced ammonia and nitrite better than the others with average concentrations of 0.020 and 0.009 mg/l, respectively, the lowest among treated ponds were 0.030 and 0.012 mg/l, respectively. The control ponds, without bio-extract, had the highest average ammonia and nitrite concentrations of 0.048 and 0.020 mg/l, respectively. The average shrimp production of the ponds treated with modified bio-extract was the highest at 1,595.7 kg/rai with an average weight of 14.22 g and 83.3 % survival rate. By contrast, the average production of the ponds with traditional bio-extract and control ponds were 1,416.5 and 1,259.0 kg/rai, 13.11 and 13.97 g average weight, and 80.5 and 67.7 % survival rate, respectively. An average cost of materials for modified bio-extract and traditional bio-extract were found as 1.39 and 1.11 baht, respectively. The survey results revealed that farmers experienced with bio-extract were likely to use them to reduce ammonia and nitrite in shrimp ponds. The acceptable rate at which farmers adopted this technique was classified as of high, moderate, and low, equivalent to 66.7 %, 20.0 % and 13.0 % respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.บงกชรัตน์ ปิณฑินต์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จารนัย พณิขยกุล กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาตลอดเวลาแนะนำให้ความรู้ และตรวจแก้ไขจนสำเร็จ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง รศ.ดร.รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ ที่กรุณาใช้เวลาให้คำแนะนำอย่างดีในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนทุกท่านที่อบรมสั่งสอนให้มีกระบวนการคิดแบบเป็นระบบและเชื่อมโยงอย่างบูรณาการ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งทะเลเชิงเทรา กรมประมง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย คุณวิเชียร วรรณชัยนัฏ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งทะเลเชิงเทรา คุณเกรียงศักดิ์ เผด็จภัย นักวิชาการประมง 7 ว. รวมทั้งนักวิชาการของศูนย์ฯ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ความดีและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่ พ่อและแม่ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ

เพชร อ้วนสอาด

ตุลาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	36
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	69
สรุปผลการทดลอง	69
ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก ตารางผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั่วไป	81
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไมในบ่อทดลอง	88
ภาคผนวก ค เกณฑ์คุณภาพน้ำและผลกระทบของออกซิเจนที่ละลายน้ำ	92
ภาคผนวก ง แบบสัมภาษณ์	97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำทั่วไป	33
2	การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรท์ และไนเตรท	33
3	ต้นทุนการลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อกึ่งขาว แวนนาไม ของเกษตรกรในอดีต	37
4	คุณสมบัติบางประการของน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรและแบบปรับปรุงคุณภาพ	38
5	ต้นทุนผลิตน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร	39
6	ต้นทุนผลิตน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ	39
7	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ของน้ำในบ่อทดลองกึ่งขาว แวนนาไม	50
8	ปริมาณไนโตรท์ ของน้ำในบ่อทดลองกึ่งขาว แวนนาไม	54
9	ปริมาณไนเตรท ของน้ำในบ่อทดลองกึ่งขาว แวนนาไม	57
10	อัตราการรอดตายของกึ่งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง	59
11	น้ำหนักเพิ่มต่อวันของกึ่งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง	60
12	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกึ่งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง	62
13	ผลผลิตกึ่งขาว แวนนาไมของกึ่งขาว แวนนาไม ในบ่อเลี้ยงทดลอง	63
14	ระดับความเห็นด้านการยอมรับการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและ ไนโตรท์ในบ่อกึ่งขาว แวนนาไม	64
15	การจัดกลุ่มการยอมรับการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรท์ในบ่อกึ่งขาว แวนนาไม	65
16	ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรท์ในบ่อกึ่งขาว แวนนาไม	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ผลวิเคราะห์ค่าพีเอช ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	82
ก2	ผลวิเคราะห์อุณหภูมิ ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	83
ก3	ผลวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	84
ก4	ผลวิเคราะห์ค่าความโปร่งใส ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	85
ก5	ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	86
ก6	ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	87
ข1	อัตราการรอดตายของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดคลอง	89
ข2	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเพิ่มต่อวัน ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดคลอง	89
ข3	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดคลอง	90
ข4	ค่าเฉลี่ยผลผลิต ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดคลอง	90
ข5	ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดคลอง	91
ค1	เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ	93
ค2	เกณฑ์คุณภาพน้ำที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่ยินยอมให้มีอยู่ในน้ำได้	94
ค3	ผลกระทบของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีต่อปลาและกุ้ง	95
ค4	ผลกระทบของพีเอชต่อสัตว์น้ำ	95
ค5	คุณภาพน้ำบางประการทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม	96

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	บ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ขนาด 1 x 15 x 1 เมตร	31
2	ค่าพีเอช ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	41
3	อุณหภูมิของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	43
4	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	44
5	ค่าความโปร่งใส ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	46
6	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	47
7	ปริมาณฟอสเฟต ในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	48
8	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	52
9	ปริมาณไนไตรท์ ในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	55
10	ปริมาณไนเตรท ในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม	58

การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Reduction of Ammonia and Nitrite by Using Bio-Extract to Increase Production of *Litopenaeus vannamei*

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยเริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ผลผลิตตกต่ำอย่างรุนแรงเนื่องจากโรคกุ้งระบาด ปี พ.ศ. 2545 เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งบางรายเริ่มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus Vannamei*) ทดแทนและได้ผลผลิตดี ดังนั้นในปีต่อ ๆ มาจึงมีเกษตรกรรายอื่น ๆ หันมาเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากกุ้งชนิดนี้สามารถเลี้ยงหนาแน่นได้ อัตรารอดและผลผลิตสูงแม้ว่าราคาจะต่ำกว่ากุ้งกุลาดำแต่เมื่อเปรียบเทียบรายได้จากผลผลิตต่อไร่แล้วจะใกล้เคียงกัน (จิรศักดิ์ และคณะ, 2546)

กุ้งขาว แวนนาไม เป็นสัตว์น้ำที่เกษตรกรสามารถเลี้ยงได้ทั้งในเขตน้ำเค็มบริเวณชายฝั่ง เขตน้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำ รวมทั้งเขตน้ำจืดบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว และมีการปรับปรุงสายพันธุ์ที่เหมาะสมโดยนักวิชาการ (นิตี และคณะ, 2548) การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในประเทศไทยได้พัฒนามาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ปัจจุบันเกษตรกรมากกว่าร้อยละ 90 เลี้ยงแบบหนาแน่น (intensive farming) ซึ่ง ชะลอ (2549) ให้ความเห็นว่าจะต้องใช้ความรู้ทางวิชาการ เทคโนโลยี และการจัดการที่ทันสมัย โดยการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นจะให้ผลผลิตต่อไร่สูง แต่ต้องใช้งบลงทุนมากถ้าเกษตรกรมีการจัดการและดูแลไม่ดีพอรวมทั้งน้ำในบ่อเลี้ยงมีคุณภาพไม่เหมาะสม จะทำให้กุ้งมีอัตราการตายต่ำ เกิดโรคระบาดหรือกุ้งอาจโตช้า จึงมีการใช้สารเคมีและสารปฏิชีวนะจำนวนมาก ส่งผลให้พบสารตกค้างในกุ้งและเกษตรกรประสบภาวะขาดทุน มีหนี้สิน ก่อให้เกิดปัญหาการใช้ยาในครัวเรือน และน้ำทิ้งจากนากุ้งมีผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง ดังนั้นคุณภาพน้ำและระบบการจัดการน้ำที่ดี จึงเป็นปัจจัยสำคัญให้ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม แบบหนาแน่น

การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม แบบหนาแน่นกุ้งจะอยู่กันแบบแออัดและคอยแย่งอาหาร อากาศ ตลอดจนมีของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมาจำนวนมาก รวมทั้งเกษตรกรต้องให้อาหารปริมาณมาก เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการอาหารของกุ้งจนบางครั้งเหลือตกค้างที่พื้นบ่อ ดังนั้นการดูแล คุณภาพน้ำในบ่อซึ่งรวมถึงสภาพแวดล้อมจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ถ้าสภาพแวดล้อมในบ่อไม่ดี เช่น น้ำในบ่อและพื้นบ่อเกิดการเน่าเสีย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอ พิเศษลดลงรวมทั้ง การเกิดก๊าซพิษต่าง ๆ ในน้ำ โดยเฉพาะการเกิดแอมโมเนียและไนไตรท์ซึ่งเป็นพิษต่อกุ้ง ทำให้กุ้ง เกิดอาการเครียดและอ่อนแอ ส่งผลให้กุ้งกินอาหารลดลง เกิดโรครุงได้ง่าย กุ้งจะตายอย่างรวดเร็ว การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในบ่อกุ้ง จะทำให้ กุ้งมีอัตราการรอดตายมากขึ้น (Boyd, 1982) การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำทะเลและ น้ำจืดสามารถทำได้โดยวิธีชีวบำบัด (คมนัน และ รัชดาภรณ์, 2546) และน้ำหมักชีวภาพมีประสิทธิภาพ ช่วยลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ (พรพรรณ, 2546) แต่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรหรือ แบบภูมิปัญญาชาวบ้านยังมีคุณภาพต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ตลอดจนยังไม่มีการศึกษาการใช้ น้ำหมักชีวภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม นอกจากนี้การลดปริมาณ แอมโมเนียและไนไตรท์ของเกษตรกรโดยวิธีต่าง ๆ ในอดีตต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง การศึกษารังนี้ จึงเป็นการปรับปรุงน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อใช้ในการลดปริมาณ แอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้ง เพื่อให้กุ้งมีอัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น ช่วยเกษตรกรลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีลดปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ รวมทั้งส่งผลดีต่อระบบนิเวศโดยรวม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ ในบ่อกุ้งขาว
แวนนาไม
2. ศึกษาอัตราการเพิ่มผลผลิตรวมของกุ้งขาว แวนนาไม
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย
และไนไตรท์ ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญของกุ้งขาว แวนนาไม ต่อเกษตรกรไทย

กุ้งขาว แวนนาไม เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่ที่เข้ามาทดแทนกุ้งกุลาดำ และเลี้ยงในบริเวณพื้นที่ที่เคยใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเลี้ยงหนาแน่นมากในเขตชายฝั่งทะเล และเขตนํ้ากร่อยบริเวณปากแม่น้ำ ในปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณการผลิตประมาณ 170,000 ตัน มีมูลค่าประมาณ 34,000 ล้านบาท (ชะลอ และ พรเลิศ, 2547) การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรเป็นอย่างมาก การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็ว และในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยสามารถส่งออกกุ้งขาว แวนนาไม เป็นอันดับสองของโลกรองจากประเทศจีน คิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 40,000-50,000 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการส่งออก, 2549) จากความสำคัญดังกล่าวสามารถสรุปลำดับการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม จำนวนพื้นที่เลี้ยง มูลค่าทางเศรษฐกิจตลอดจนแนวทางการส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในอนาคตของส่วนราชการ ได้ดังต่อไปนี้

1.1 การพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในประเทศไทย

กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus Vannamei*) หรือที่เกษตรกรไทยเรียกว่ากุ้งขาว แวนนาไม หรือเรียกกันว่า กุ้งขาว เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นเวลานาน ในทวีปเอเชียกุ้งชนิดนี้เริ่มนำเข้ามาเลี้ยงที่ประเทศไต้หวัน เมื่อปี พ.ศ.2539 และประเทศจีน ในปี พ.ศ.2541 ส่วนประเทศไทยได้นำเข้ามาทดลองเลี้ยงครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ.2541 แต่ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก จนกระทั่งเดือน มีนาคม พ.ศ.2545-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 กรมประมงได้อนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free , SPF) จากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหากุ้งโตช้า โรคกุ้งระบาด ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาขาดทุน เกษตรกรที่ยังพอมีทุนทรัพย์อยู่จึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม และประสบความสำเร็จ ทำให้เกษตรกรรายอื่น ๆ เปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม อย่างแพร่หลาย เป็นการเลี้ยงแบบหนาแน่น (intensive farming) ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย พร้อมทั้งระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพและใช้เงินลงทุนสูง การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 3 เขต ตามลักษณะพื้นที่ดังนี้

1.1.1 การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณชายฝั่งทะเล สำหรับพื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณชายฝั่งทะเลจะนิยมเลี้ยงกันมาก แต่เมื่อจำแนกพื้นที่เลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลออกมาเป็นภาคต่าง ๆ แล้วจะแตกต่างกันดังนี้ ในเขตชายฝั่งทะเลภาคกลาง มีการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ลดลงกว่าภาคอื่น ๆ ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร และสมุทรปราการ ในเขตชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ยังคงหนาแน่น ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ในเขตชายฝั่งทะเลภาคใต้ พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม หนาแน่นกว่าทุกภาค ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา กระบี่ ตรัง สตูล พังงา และภูเก็ต พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณเขตชายฝั่งทะเลทั่วประเทศ รวมกันประมาณ 500,000 ไร่ จากการสำรวจพื้นที่ที่เคยใช้เป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย พบว่ามีพื้นที่ประมาณ 1,000,000 ไร่ (กรมประมง, 2546) การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่จะใช้วิธีปรับแต่งบ่อเลี้ยงกุลาดำเดิมบริเวณปากแม่น้ำต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีการระบายน้ำเสียลงสู่ชายทะเลมากขึ้นจนก่อให้เกิดปัญหาน้ำชายฝั่งทะเลเน่าเสียตามมาและส่งผลให้เกิดโรคระบาดกุ้งขาว แวนนาไม เช่น โรคทอลาซินโดรม ที่เกิดจากเชื้อไวรัส โรคเหงือกดำจากเชื้อรา หรือเกิดน้ำเน่าเสียในบ่อเลี้ยงเร็วกว่ากำหนด เกษตรกรจำเป็นต้องจับกุ้งขายก่อนกำหนด บางครั้งต้องประสพภาวการณ์ขาดทุน และมีผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

1.1.2 การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณเขตนํ้ากร่อยเนื่องจากเป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว และให้ผลตอบแทนต่อไร่สูง บ่อเลี้ยงกุลาดำที่เคยปล่อยร้างในเขตนํ้ากร่อยจึงถูกปรับแต่งให้สามารถเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม แทน เช่น บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำตาปี เป็นต้น ซึ่งเป็นพื้นที่น้ำทะเลขึ้นถึงตลอดปีหรือน้ำทะเลขึ้นถึงบางฤดูกาล มีพื้นที่ปรับแต่งมาใช้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณเขตนํ้ากร่อย เมื่อปี พ.ศ.2546 ประมาณ 150,000 ไร่ การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณนํ้ากร่อยมักจะมีปัญหาเรื่องน้ำเสียบริเวณแม่น้ำ เนื่องจากน้ำทิ้งจากชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ทำให้เกิดปัญหาโรคระบาดในกุ้งขาว แวนนาไม ปัจจุบันบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงเหลือพื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม น้อยมาก แต่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวแทนและบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำเจ้าพระยา ไม่สามารถใช้เลี้ยงกุ้งได้

1.1.3 การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณเขตนํ้าจืด เกษตรกรที่เคยเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในบริเวณเขตนํ้าจืดได้ปรับเปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม แบบหนาแน่น ทดแทน น้ำในบ่อเลี้ยงมีค่าความเค็มต่ำ (ไม่เกิน 5 ppt) และเป็นระบบปิด ในการเตรียมนํ้าเพื่อให้คุณภาพเหมาะสมกับ

การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม เกษตรกรจะนำน้ำจากนาเกลือที่มีความเค็มสูงระหว่าง 100-200 ppt มาผสมกับน้ำจืดในบ่อที่ถูกฆ่าเชื้อด้วยผงคลอรีน ให้มีความเค็มประมาณ 5-10 ppt และปรับค่าพีเอชด้วยปูนขาว ระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม จะเติมน้ำจืดลงไปเรื่อย ๆ จนถึงช่วงจับกุ้งขาย น้ำจะมีค่าความเค็มต่ำมากเกือบเท่าน้ำจืด ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณเขตน้ำจืดมีกระจายอยู่ทั่วไปตามจังหวัดต่าง ๆ เหล่านี้ คือ นครศรีธรรมราช สงขลา พัทลุง นครปฐม นครนายก สุพรรณบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ราชบุรี และฉะเชิงเทรา การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม บริเวณนี้มักมีการรुक้าพื้นที่เพาะปลูก และบางครั้งมีการปล่อยน้ำเสียจากบ่อกุ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของเสียในแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูก โดยเฉพาะบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกและเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประเทศ ดังนั้นการฝ่าฝืนของเกษตรกรเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในเขตพื้นที่น้ำจืดทำให้กรมประมงไม่รับจดทะเบียนเป็นฟาร์มกุ้ง เกษตรกรจึงไม่สามารถขายผลผลิตกุ้งในฟาร์มเพื่อการส่งออกได้

1.2 สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในประเทศไทย

กุ้งขาว แวนนาไม เป็นกุ้งสายพันธุ์ใหม่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งไทย และเลี้ยงทดแทนกุ้งกุลาดำในพื้นที่ที่เคยเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาก่อน และจากการห้ามเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในบริเวณเขตน้ำจืดทั่วประเทศ การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม จึงเลี้ยงได้เฉพาะพื้นที่ชายฝั่ง และพื้นที่น้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำ แนวทางการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมาสามารถสรุปได้ ดังนี้

1.2.1 พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในปี พ.ศ. 2545 พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ทั่วประเทศมีเพียงเล็กน้อย มีผลผลิตประมาณ 20,000 ตัน แต่ในปี พ.ศ. 2546 พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ขยายอย่างรวดเร็วสามารถผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ได้ถึง 170,000 ตัน และระหว่างปี (พ.ศ. 2548-2549) ประเทศไทยผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ได้มากเป็นอันดับสองของโลกรองจากประเทศจีน (ชะลอ และพรเลิศ, 2547) จากการสำรวจของกรมประมง ปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ประมาณ 600,000 ไร่ ซึ่งแบ่งเป็นเขตชายฝั่งทะเลประมาณ 450,000 ไร่ และพื้นที่ในบริเวณเขตนํ้ากร่อยปากแม่น้ำที่น้ำทะเลเข้าถึงตลอดปี และพื้นที่ที่น้ำทะเลเข้าถึงบางฤดูกาล รวมกันประมาณ 150,000 ไร่ และสามารถขยายพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลที่เคยเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ และมีศักยภาพสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ได้อีกประมาณ 1,000,000 ไร่ ถ้ามีระบบการจัดการที่ดี

1.2.2 มูลค่าทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในปี พ.ศ. 2548 ผลผลิตรวมทั้งประเทศมีประมาณ 350,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 69,992.8 ล้านบาท โดยมีโรงงานผู้ผลิตกุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง และกุ้งแปรรูป รวม 180 โรงงาน จำนวนแรงงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ตั้งแต่ทุกขั้นตอนการเลี้ยงกุ้งและโรงงานแปรรูป รวมทั้งสิ้นประมาณ 700,000 คน สำหรับเป้าหมายการส่งออกปี พ.ศ. 2549 คาดว่าจะมีมูลค่า 80,680 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 และคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.5 ของมูลค่าการส่งออกรวมทั้งประเทศ โดยในเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 มีการส่งออกไปแล้วประมาณ 61,380 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 28.43 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน สาเหตุหนึ่งมาจากราคากุ้งในตลาดโลก มีการปรับตัวเพิ่มขึ้นทำให้ผู้เลี้ยงมีแรงจูงใจในการเพิ่มผลผลิตกุ้ง นอกจากนี้ประเทศที่ไม่ถูกฟ้องร้องเรื่องการทุ่มตลาดจากสหรัฐ อาทิ อินโดนีเซีย และบังกลาเทศ มีการเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม จำนวนมาก แต่ผู้ส่งออกไม่สามารถหาเงินทุนหมุนเวียนเพื่อการวางพันธบัตร ค่าประกันตามอัตราภาษีทุ่มตลาดของสหรัฐฯ ในปี พ.ศ. 2549 ได้ อีกสาเหตุหนึ่งมาจากการเกิดโรคระบาดของกุ้งขาว แวนนาไม ในประเทศผู้ผลิตกุ้งรายอื่นทำให้ผลผลิตเสียหายจนแทบไม่มีกุ้งส่งออก อีกสาเหตุหนึ่งมาจากการได้รับการผ่อนปรนจากมาตรการนำเข้ากุ้งของสหภาพยุโรปทำให้การส่งออกกุ้งของไทยในสหภาพยุโรปขยายตัวสูงขึ้น สำหรับคู่แข่งสำคัญของไทยในการส่งออกกุ้งขาว แวนนาไม ได้แก่ จีน และประเทศแถบอเมริกาใต้ ตลาดหลักของไทย ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น แคนาดา เกาหลีใต้ และออสเตรเลีย คิดเป็นสัดส่วนรวมร้อยละ 89.12 ของมูลค่าการส่งออก ส่วนตลาดใหม่ที่มีอัตราการขยายตัวสูง ได้แก่ สเปน ร้อยละ 3,856.57 อียิปต์ ร้อยละ 388.11 รัสเซีย ร้อยละ 285.54 อิตาลี ร้อยละ 267.23 และฝรั่งเศส ร้อยละ 128.67 (กรมส่งเสริมการค้าส่งออก, 2549)

1.2.3 แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในอนาคตจากมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2541 ให้ยกเลิกการเลี้ยงกุ้งทะเลบริเวณเขตนํ้าจืด และ มีผลบังคับใช้ต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน การเกิดโรคกุ้งระบาดอย่างรุนแรงทั่วประเทศ ทำให้รายได้จากการส่งออกกุ้งของประเทศไทยลดลงประมาณปีละ 30,000 ล้านบาท ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้กำหนดแนวทางปฏิบัติดังต่อไปนี้ คือให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร โดยกรมประมง อนุญาตให้เอกชนนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาว แวนนาไม ที่ปลอดเชื้อได้ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2545 และมอบหมายหน่วยงานที่รับผิดชอบพัฒนาพ่อแม่พันธุ์ภายในประเทศให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงตลอดจนบริการงานวิชาการ แนะนำขั้นตอนวิธีปฏิบัติการผลิตกุ้งขาว แวนนาไม และร่วมกับสถาบันอุดมศึกษาทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้สู่เกษตรกร ให้เป็นผู้กำหนดเขตพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

และทำทะเบียนฟาร์ม และมอบหมายให้สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กำหนดแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล ด้วยการประชาสัมพันธ์กึ่งไทย และ ขยายระวางขนส่งกุ้งสดไปจำหน่ายต่างประเทศ จัดตั้งตลาดกลางกุ้งและสนับสนุนเงินทุนหมุนเวียน ปลออดคอกเบื้อ ผ่อนปรนเงื่อนไขการให้สินเชื่อแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ผ่อนผันการคิดค่ากระแสไฟฟ้าขั้นต่ำสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรมกุ้ง จัดตั้งกองทุน วิจัยกุ้งและผลิตภัณฑ์จากกุ้งโดยจัดสรรเงินให้เปล่า ประมาณ 52 ล้านบาท และดูแลเข้มงวดเรื่อง การจัดการของเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งให้กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดเขต การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลโดยไม่ส่งผลกระทบต่อเขตอนุรักษ์ป่าชายเลน รวมทั้งการพัฒนาเทคนิค การเลี้ยงกุ้งทะเลแบบระบบปิดที่ไม่มีการระบายน้ำและของเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

2. ลักษณะทางสัตววิทยาของกุ้งขาว แวนนาไม

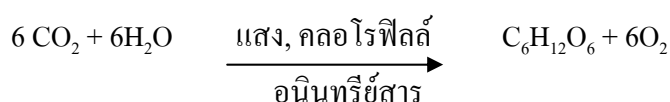
ภิญโญ (2545) รายงานว่า กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือ Pacific white shrimp เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก จากตอนเหนือ ของประเทศเม็กซิโกจนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู ที่ระดับความลึกประมาณ 72 เมตร มีพื้นทะเล เป็นเหมือนโคลนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ กุ้งชนิดนี้ถูก ค้นพบโดย Boone ในปี ค.ศ. 1931 มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus Vannamei* ลักษณะมี 8 ปล้อง ลำตัวมีสีขาว หรือสีแดง และมีจุดสีเทาเล็กๆ เป็นลายตามลำตัว หน้าอกใหญ่ การเคลื่อนไหวเร็ว บริเวณพื้นกิริด้านบนจะหยักและถี่ ปลายกิริจะตรง โดยมีพื้นกิริด้านล่าง 2 อัน และด้านบน 8 อัน ความยาวของกิริจะยาวกว่าลูกตาไม่มาก ตัวโตเต็มวัยสมบูรณ์เต็มที่จะมีความยาวประมาณ 9 นิ้ว เปลือกหุ้มเลี้ยงสีขาวอมชมพูถึงแดง ขาเดินมีสีขาว ปลายขาที่มีสีแดงเป็นลักษณะของขาว่ายน้ำ 5 คู่ ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบ และ 1 กิริ หาง หนวดสีแดงไม่มีลาย แม่พันธุ์กุ้งขาว แวนนาไม เมื่อมีอายุประมาณ 8-10 เดือน น้ำหนักประมาณ 40 กรัม จะเริ่มมีไข่ ส่วนพ่อพันธุ์ที่มีอายุมากจะผสมพันธุ์ได้ดีกว่าตัวผู้ที่มีอายุน้อย แม่กุ้งสามารถให้ไข่ได้ครั้งละ 1,000,000-1,200,000 ฟอง และจะให้ไข่ได้นาน 4-6 เดือน ผสมพันธุ์ในเวลากลางคืน ใช้เวลาวางไข่ ครั้งหนึ่งประมาณ 3-5 นาที ไข่ที่ปฏิสนธิใหม่ ๆ จะมีลักษณะเป็นฟองเล็กๆ เกาะเป็นกลุ่มและ พัฒาจนฟักตัวภายในเวลาประมาณ 15-20 ชั่วโมง เรียกระยะนี้ว่า นอเพลียส (nauplius) การเจริญเติบโต ของลูกกุ้งจะพัฒนาและเปลี่ยนรูปร่างไปตามขั้นตอน คือ จากนอเพลียสใช้เวลาประมาณ 2 วัน เป็นซุเอีย (zoea) และจากซุเอียใช้เวลาประมาณ 3 วัน เป็นไมซิส (mysis) และจากไมซิสใช้ระยะเวลา อีก 3 วัน เป็นโพสต์ลารวา (postlarva) หรือระยะลูกกุ้งวัยอ่อน กุ้งขาว แวนนาไม ระยะวัยอ่อนเมื่อถูก

คลื่นพัดพาจนถึงบริเวณชายฝั่งก็จะเลี้ยงตัวเองอยู่ในบริเวณนี้จนกระทั่งตัวโตเต็มวัย จึงเดินทางกลับสู่ทะเลและผสมพันธุ์วางไข่ต่อไป กุ้งขาว แวนนาไม ไม่ชอบอยู่บนน้ำดิน กุ้งเลี้ยงส่วนใหญ่จะชอบว่ายน้ำ มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมากจนถึงประมาณ 90-100 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 15-20 กรัมต่อตัว จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะช้าลง กุ้งชนิดนี้แต่ละตัวมีขนาดใกล้เคียงกัน ชอบว่ายลอยน้ำ ลอกคราบเร็ว ทุกๆ สัปดาห์ ไม่หมกตัว ตกใจง่าย อาหารกุ้งขาว แวนนาไม ไม่จำเป็นต้องเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนสูงมากเหมือนกุ้งกุลาดำ แต่ก็ไม่ควรให้อาหารโปรตีนต่ำของกุ้งก้ามกราม พฤติกรรมการกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ เช่น อาหารเม็ดสำเร็จรูป สาหร่าย สัตว์น้ำดิน และหากินทุกระดับความลึกของน้ำ ชอบคุ้ยหาอาหารจากพื้นบ่อ ทำให้น้ำขุ่นมาก กุ้งชนิดนี้ไม่ชอบน้ำที่มีความขุ่นมาก

3. เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม แบบหนาแน่นจะต้องเอาใจใส่ดูแลอย่างดี ต้องใช้เงินลงทุนสูง และต้องใช้เทคโนโลยีและการจัดการที่ทันสมัย นอกจากนี้คุณภาพน้ำยังเป็นปัจจัยสำคัญมากสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ถ้าน้ำมีคุณภาพดีก็จะมีอัตราการรอดตายสูง มีการเจริญเติบโตเร็ว มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูง รวมทั้งให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงด้วย คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

3.1 ความโปร่งใส (transparency) แหล่งน้ำที่มีค่าความโปร่งใสระหว่าง 30-60 เซนติเมตร มีความเหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) ความโปร่งใสเป็นค่าแสดงความสามารถให้แสงผ่านลงสู่ผิวน้ำซึ่งมีความสำคัญมากต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช ผลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงจะให้ออกซิเจนออกมาเป็นผลพลอยได้ ซึ่งออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นจะมีผล ต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง (Boyd, 1987) ดังสมการ



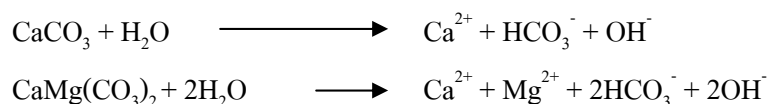
3.2 ของแข็งแขวนลอย (suspended solid) ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเป็นเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำสูงสุดไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรัมประมง, 2530) ปริมาณสารแขวนลอยเกิดจากอนุภาคดินเหนียวและสารอินทรีย์ที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่การเกษตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเป็นปฏิภาคผกผันกับค่าความโปร่งใสของน้ำ ถ้ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยมาก น้ำจะมีความโปร่งใสน้อยลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และเป็นสาเหตุทำให้บ่อเลี้ยงเกิดความตื้นเขิน

3.3 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิในน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม คือ 28-33 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็ว กุ้งจะเกิดอาการช็อคทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายต่ำ (ภิญโญ, 2545) นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำยังมีผลทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนในปริมาณที่แตกต่างกัน บางชนิดชอบอยู่อาศัยในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ไคอะตอม เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสหรือมากกว่า (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

3.4 ความเค็ม (salinity) น้ำทะเลมีค่าความเค็มประมาณ 34 ppt น้ำกร่อยมีค่าความเค็มอยู่ระหว่าง 2-30 ppt ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากปากแม่น้ำ และน้ำจืดมีค่าความเค็มอยู่ระหว่าง 0.5-5 ppt ค่าความเค็มของน้ำทะเลขึ้นอยู่กับปริมาณ ไอออน ที่สำคัญ 7 ชนิด ได้แก่ โซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) คลอไรด์ (Cl^-) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) จากการศึกษาของ Boyd (2003) พบว่าการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในน้ำที่มีความเค็มต่ำส่วนใหญ่ จะไม่สามารถผลิตกุ้งขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากน้ำความเค็มต่ำมีปริมาณไอออนน้อย ดังนั้นระดับความเค็มของน้ำเริ่มต้นไม่ควรต่ำกว่า 5 ppt และมีปริมาณไอออนที่สำคัญคือ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต และไบคาร์บอเนต ไม่ต่ำกว่า 1522, 54, 54, 196, 2755, 392, และ 92 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในเขตชายฝั่งทะเลควรมีค่าความเค็มไม่เกิน 35-40 ppt ซึ่งการเลี้ยงที่น้ำความเค็มปกติจะทำให้การเจริญเติบโตได้ผลผลิตสูง อัตราการรอดตายร้อยละ 80 ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 90 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 70 ตัวต่อกิโลกรัม (ภิญโญ, 2545) ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลที่มีค่าความเค็มสูงระหว่าง 25-35 ppt มักจะพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไคอะตอม หรือกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต ซึ่งเป็นพิษต่อกุ้ง (ชะลอ, 2535)

3.5 พีเอช (pH) ในแหล่งน้ำกร่อยทั่วไปมีค่า พีเอช อยู่ระหว่าง 7-8 แพลงก์ตอนพืชทุกชนิดเจริญได้ดีในน้ำที่มีค่าพีเอช ระหว่าง 8.0-8.2 (มุสดี, 2529) กุ้งจะเจริญเติบโตได้ดีที่พีเอชอยู่ระหว่าง 6-9 กุ้งจะเติบโตช้าเมื่อน้ำมีพีเอชอยู่ระหว่าง 4-6 และ 9-11 และกุ้งจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ถ้าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 4 และสูงกว่า 11 (Boyd, 1987) ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไมควรอยู่ระหว่าง 8.0-8.5 (Chen, 1985) การลดลงของปริมาณ CO_2 ในเวลากลางวันเพราะการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชทำให้พีเอชของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และพีเอชของน้ำจะลดลงในเวลากลางคืน เนื่องจากกระบวนการหายใจของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์น้ำและคาย CO_2 ออกมาทำให้น้ำมีความเป็นกรดมากขึ้น

3.6 ความเป็นด่างและความกระด้าง (alkalinity และ hardness) ค่าความเป็นด่างและความกระด้าง มีความสัมพันธ์กับค่าความเปลี่ยนแปลงของพีเอช (Boyd, 1987) ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของกุ้งทะเล ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นในบ่อเลี้ยงกุ้งควรรักษาค่าพีเอชของน้ำให้คงที่โดยยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 2.0 หน่วย ในรอบวันโดยการปรับค่าความเป็นด่าง ควรใช้หินปูน (CaCO_3) หรือโดโลไมต์ [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] ในอัตรา 15-20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน (พรเลิศ และคณะ, 2537) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ



3.7 สารอินทรีย์ (organic matters) ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชและซากสัตว์ตลอดจนการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากน้ำทิ้งของชุมชน จากการทำเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกย่อยสลายให้เป็นสารอนินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสภาพใช้ออกซิเจน (aerobic) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) โดยปกติจะวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของค่า BOD , COD และ TOC สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นิยมวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (น้ำเพื่อการเกษตร) กำหนดค่า BOD ไว้ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์มาก จะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง เนื่องจากแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) จะต้องใช้ออกซิเจนละลายน้ำเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้มีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง Boyd (1989); ชนดี และ

พรพันธุ์ (2534) รายงานสอดคล้องกันว่า การสะสมของสารอินทรีย์บริเวณพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล ส่วนหนึ่งมาจากอาหารที่เหลือตกค้าง ซึ่งมีการให้ทั้งอาหารสดและอาหารเม็ดสำเร็จรูป มะลิ (2531) รายงานว่า ในปัจจุบันอาหารเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอาหารครบถ้วน และใช้เลี้ยงกุ้ง แต่ละครึ่งปริมาณมาก ยนต์ และคณะ (2531) และ สุริยัน (2532) รายงานว่า ของเสียที่กุ้งขับถ่าย ออกมารวมกับซากของสิ่งมีชีวิตและเศษอาหารเหลือในบ่อ เมื่อสลายไม่หมดจะกลายเป็นสารอินทรีย์ สะสมที่ก้นบ่อมีการเน่าเสียเกิดขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้ง

3.8 ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO) ปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นตัวแปรสำคัญที่สุดในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะเมื่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง สัตว์จะเกิดอาการเครียดหรือตายได้ ระดับของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมในบ่อเลี้ยงกุ้ง ควรอยู่ระหว่าง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึงจุดอิ่มตัว (ยนต์, 2530ข); (Boyd, 1987) การสูญเสียออกซิเจนมวล น้ำในบ่อสัตว์น้ำ มีสาเหตุต่าง ๆ ได้แก่ การหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ การแพร่กลับสู่บรรยากาศ ในช่วงที่มีออกซิเจนในปริมาณสูงเกินจุดอิ่มตัว แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำให้ ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง คือ การย่อยสลายของสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สารอินทรีย์ เหล่านี้มาจากเศษอาหารตกค้างมากเกินไป ซากแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ สารอินทรีย์ที่มาจาก ตะกอนทับถม รวมทั้งสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ (ยนต์, 2530 ก; ยนต์ และคณะ, 2531) เนื่องจากสัตว์น้ำ ทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต จากการศึกษา ของ สนธิพันธุ์ (2536) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในรอบวัน โดยมีแนวโน้ม สูงขึ้นตั้งแต่ 8 นาฬิกาไปจนถึงเวลา 16.00 นาฬิกา ซึ่งจะเป็นค่าสูงสุด และมีแนวโน้มลดลง ตั้งแต่ เวลา 18.00 นาฬิกาไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลา 06.00 นาฬิกา ซึ่งจะเป็นค่าต่ำสุดปริมาณออกซิเจนละลาย ในน้ำบริสุทธิ์จะอิ่มตัวประมาณ 8.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิของน้ำ 25 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 30 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนอิ่มตัวในน้ำคือ 7.54 มิลลิกรัม ต่อลิตร ส่วนในน้ำทะเลที่มีความเค็มประมาณ 30 ppt และมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณ ออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัว ประมาณ 6.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นหรือค่าความเค็ม เพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีค่าต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตช้า และกุ้งจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ได้แก่ แสงแดด แพลงก์ตอน พืช ความโปร่งใสหรือความขุ่นของน้ำ ความลึกของบ่อกุ้ง ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ รวมทั้งเศษอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้ง

3.9 ธาตุอาหารพืชในน้ำ (plant nutrients) ธาตุอาหารพืชในน้ำที่อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้ง น้ำกร่อยเขตปากแม่น้ำจะมีธาตุอาหารพืชที่เกิดจากน้ำทั้งทางการเกษตร น้ำทิ้งชุมชน และน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมปนเปื้อนอยู่ ธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช มี 18 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คลอไรด์ โบรอน โมลิบดีนัม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ โซเดียม สังกะสี ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และซิลิกอน โดยมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญที่สุด

3.10 แพลงก์ตอน (plankton) ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ถ้ามีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากจะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงในเวลากลางคืน ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อการหายใจของกุ้งในช่วงเวลากลางคืน (Boyd, 1987) การสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชในน้ำจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น แพลงก์ตอนพืชเป็นแหล่งอาหารเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยแพลงก์ตอนพืชจะเปลี่ยนธาตุอาหารพืชในรูปของสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ในรูปของคาร์โบไฮเดรตโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลากลางวัน ในน้ำจืดและน้ำกร่อยที่มีความเค็มปานกลางจะมีแพลงก์ตอนกลุ่มสาหร่ายสีเขียวที่เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำที่ดี เช่น คลอเรลล่า (*Chorella* sp.) โอโอซิสทีส (*Oocystis* sp.) ส่วนน้ำที่มีความเค็มสูงจะมีแพลงก์ตอนพืชชนิดไดอะตอม ซึ่งไม่เป็นผลดีกับสัตว์น้ำ ค่าความเค็มจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และกำหนดชนิดของแพลงก์ตอนพืช (มณจันท์ และคณะ, 2542)

3.11 โลหะหนัก (heavy metal) กรมประมง (2530) กำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ให้มีปริมาณโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนี้ แคลเซียมไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ทองแดงไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรปรอทไม่เกิน 0.0005 มิลลิกรัมต่อลิตร เหล็กไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสีไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาค่าความทนทานต่อโลหะหนัก คิดเป็นร้อยละ 50 ที่ 96 ชั่วโมงพบว่าปลาและสัตว์น้ำต่าง ๆ มีค่าความทนทานต่อปริมาณการปนเปื้อนดังนี้ แคลเซียม ระหว่าง 80-420 ไมโครกรัมต่อลิตร โคโรเนียม ระหว่าง 2,000-20,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ทองแดง ระหว่าง 300-1,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่ว ระหว่าง 1,000-40,000 ไมโครกรัมต่อลิตร และสังกะสี ระหว่าง 1,000-10,000 ไมโครกรัมต่อลิตร (Boyd, 1987)

3.12 สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (pesticides) การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว สวนผักและสวนผลไม้ในปริมาณค่อนข้างสูง ทำให้สารเคมีเหล่านั้นถูกชะล้างจากผิวดินลงสู่แม่น้ำลำคลองและทะเล กรมประมง (2530) รายงานว่า สารเคมีที่เป็นพิษต่อกุ้งและปลา ได้แก่ ออร์กาโนคลอรีน เช่น กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต สารเคมีกำจัดวัชพืชที่มีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำสูงที่สำคัญ เช่น พาราควอต กลัยโฟเสต โปรพานิล และทุ-โฟ-ดี เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ โดยให้มีปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ไม่เกิน ดังนี้ โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร สารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่ DDT 0.0005, Dieldrin 0.002, Endrin 0.00001, Heptachlor 0.0004 สารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ Fenitrothion 0.06 Malathion 0.02, Methyl parathion 0.2, Parathion 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร สารพิษกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ Carbaryl 0.1, Carbofuran 0.008 สารเคมีกำจัดวัชพืช ได้แก่ Glyphosate 4.8, Paraquat 0.5, Propanil 0.5, 2,4-D 45.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางผนวกที่ 13)

4. กระบวนการเกิดของเสียและก๊าซพิษในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

ยนต์ (2530) กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตในน้ำจะมีกระบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ที่สำคัญ ได้แก่ การหายใจและการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซพิษละลายน้ำที่สำคัญ 3 ชนิด คือ

4.1 คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนใหญ่เกิดจากการหายใจของสัตว์น้ำ และแพลงก์ตอนพืชในเวลากลางคืน สัตว์น้ำส่วนใหญ่ทนทาน และมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำที่มีปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ละลายน้ำได้สูงถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ละลายน้ำที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำควรมีค่าต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ในน้ำมีค่าเป็นปกติผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในน้ำ โดยปกติปริมาณ CO_2 ละลายน้ำจะมีค่าต่ำในเวลากลางวัน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชจะดึง CO_2 ในน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและจะมีค่าสูงในเวลากลางคืน เนื่องจากมีแต่กระบวนการหายใจของแพลงก์ตอนพืช และสัตว์น้ำ ซึ่งจะคาย CO_2 ออกมา

4.2 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำจะเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนโดย heterotrophic bacteria ใช้ออกซิเจนจากซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในน้ำ ในกระบวนการเมตาโบลิซึม ทำให้เกิดแก๊ส H_2S ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ความเข้มข้นของ H_2S เป็นปกติ

ผกผันกับค่าพีเอชของน้ำในน้ำที่มีพีเอช 6.0 และมีการปนเปื้อนของกำมะถัน ที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีก๊าซ H_2S ปนเปื้อนในน้ำประมาณ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณก๊าซ H_2S จะลดลงเหลือเพียง 0.0003 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 8.5

4.3 แอมโมเนีย ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำและกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำ โดยมี pH กับอุณหภูมิ เป็นตัวกำหนด โดยแอมโมเนียในน้ำมี 2 รูปแบบคือ un-ionized ammonia (NH_3) และ ammonium ion (NH_4^+) โดย pH จะเป็นปัจจัยที่สำคัญกว่าอุณหภูมิ

5. วงจรไนโตรเจนในธรรมชาติและจุลินทรีย์ในกระบวนการ Nitrification

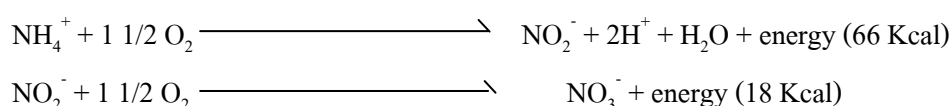
5.1 วงจรไนโตรเจนในธรรมชาติ สมศักดิ์ (2528) กล่าวว่า การเกิดวงจรไนโตรเจนในธรรมชาติเกิดจากจุลินทรีย์ในธรรมชาติต้องการสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน อนุพันธ์ของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก ยูเรีย กลีโอสแอมโมเนีย กลีโอสไทรท ไนเตรท และก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งธาตุไนโตรเจน เพื่อสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนอื่น ๆ กรณียของโปรตีนและอนุพันธ์ของโปรตีนซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่ จุลินทรีย์ที่ต้องการใช้สารประกอบโปรตีนนั้นจะต้องปล่อยเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารเหล่านั้นเป็นกรดอะมิโนเสียก่อนจึงจะผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ เซลล์จะใช้กรดอะมิโนส่วนหนึ่งในการสังเคราะห์โปรตีน อีกส่วนหนึ่งจะถูกย่อยสลายต่อภายในเซลล์ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงมีบทบาทในการแปรรูปสารประกอบไนโตรเจน กระบวนการแปรรูปสารเหล่านั้นจะแตกต่างกันไป ได้แก่ กระบวนการสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เรียกว่า nitrogen mineralization กระบวนการนำสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนเข้าสู่เซลล์เพื่อสังเคราะห์เป็นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เรียกว่า nitrogen immobilization นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังก่อให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการเกิดแอมโมเนียไนเตรท การตรึงไนโตรเจน ฯลฯ ซึ่งเรียกรวมกันเป็นวงจรไนโตรเจน กระบวนการต่าง ๆ เหล่านั้น ได้แก่

5.1.1 Ammonification คือ กระบวนการสลายกรดอะมิโนแล้วได้แอมโมเนียเกิดขึ้น โดยบทบาทของ heterophic bacteria เชื้อราและแอคติโนมัยซีท กระบวนการนี้เกิดได้ทั้งในสภาพที่มีโมเลกุลออกซิเจนหรือไม่มีก็ได้ ในสภาพที่ไม่มีโมเลกุลออกซิเจนจะเป็นบทบาทของ facultative anaerobes

5.1.2 Nitrification เป็นกระบวนการที่มีการออกซิไดส์ก๊าซแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ และการออกซิไดส์ไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท โดยแบคทีเรียกลุ่มที่เรียกว่า nitrifying bacteria ซึ่งเป็นแบคทีเรียประเภท chemoautotrophs

5.1.3 Denitrification และ Nitrate Reduction เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติในสภาวะที่ขาดก๊าซออกซิเจนโดยแบคทีเรีย facultative anaerobe และ anaerobic chemoautotroph โดย Denitrification เป็นกระบวนการสลายสารประกอบอนินทรีย์ไนเตรทไปเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย facultative anaerobe และ anaerobe ส่วน Nitrate reduction เป็นกระบวนการสลายสารประกอบอนินทรีย์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์และแอมโมเนีย โดยแบคทีเรีย facultative anaerobe

5.2 จุลินทรีย์ในกระบวนการ Nitrification การแปรสภาพเป็นแอมโมเนียหรือแอมโมเนียเป็นไนไตรท์หรือไนเตรท (Nitrification) เป็นกระบวนการที่เกิดต่อเนื่อง กระบวนการแปรสภาพจากอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน มีแบคทีเรีย 2 สกุลเท่านั้นที่พบอยู่บนดิน คือ Nitrosomonas มี 3 Species คือ *Nitrosomonas europaea*, *N. monocella* และ *N. oligocarbogenes* สามารถออกซิไดส์แอมโมเนียให้กลายเป็นไนไตรท์ และ Nitrobacter มี 2 Species คือ *Nitrobacter winogradskyi* และ *N. aqilis* สามารถออกซิไดส์ไนไตรท์ให้กลายเป็นไนเตรท ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้เป็นพวกที่อาศัยอนินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแหล่งพลังงานโดยการเพิ่มออกซิเจนให้กับอนินทรีย์ไนโตรเจน ดังสมการ



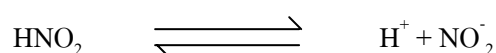
พลังงานที่ได้จะใช้ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ยังเป็นแหล่งคาร์บอนของแบคทีเรียใน 2 กลุ่มนี้ด้วย เนื่องจากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์นั้นต้องการพลังงานจากการเพิ่มออกซิเจนให้แก่อนินทรีย์ไนโตรเจนเพียงกรณีเดียว ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงถึงคุณสมบัติของจุลินทรีย์เกี่ยวข้องกับ C/N ratio เช่น ประสิทธิภาพของ *N. europaea* เท่ากับ 35:1 หมายความว่าแบคทีเรียชนิดนี้จะต้องเพิ่มออกซิเจนให้กับแอมโมเนียมเมื่อคิดเฉพาะไนโตรเจน 1 ส่วน จึงจะตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อคิดเป็นคาร์บอน 35 ส่วน (สมศักดิ์, 2528)

6. ความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ

มันสิน และ ไพพรรณ (2538) รายงานว่า แอมโมเนียเป็นพิษต่อปลาในทางอ้อม กล่าวคือ ถ้าแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงเกินไปจะทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือดได้ โดยขณะที่ระดับแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นปลาจะขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงทำให้ระดับแอมโมเนียในเลือดและในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ pH ของเลือดมีค่าสูง และส่งผลเสียต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ ทำให้มีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น แอมโมเนียจะทำให้เหงือกบวมและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงถึงระดับที่ทำให้ตาย คือค่า LC_{50} ของแอมโมเนียอิสระซึ่งสูงประมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มักอ่อนแอและติดเชื้อได้ง่าย ประจวบ (2534) กล่าวว่า ความทนทานของสัตว์น้ำต่อแอมโมเนียจะแตกต่างกันตามชนิดและความสามารถทางสรีระของสัตว์ ตลอดจนปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ปริมาณที่ทำให้สัตว์น้ำเกิดการตายได้ในช่วงสั้น (24-72 ชั่วโมง) อยู่ระหว่าง 0.2-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร Liu (1989) รายงานว่า บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่ควรมีแอมโมเนียและไนไตรท์เกิน 0.1 และ 0.25 ppm ตามลำดับ และไม่ควรมีไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิน 0.02 ppm Wasbort et al. (1989) กล่าวว่า แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญตัวหนึ่ง ที่ขับถ่ายออกมาจากก้นทะเลภายหลังจากกินอาหารไปแล้ว 4-8 ชั่วโมง ขณะที่ Wickens (1985) รายงานว่า ถ้าก้นทะเลที่มีน้ำหนักรวมประมาณ 50-200 มิลลิกรัมต่อตัว แล้วพบแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 1.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ 1.70 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท 3,400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้กุ้งตาย ร้อยละ 50 ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ส่วน Chen et al. (1990) พบว่าแอมโมเนียที่ระดับต่ำกว่า LC_{50} จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง โชติ (2533) กล่าวว่า แอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งทะเล

7. ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำ

ไนไตรท์ ที่วัดได้ในน้ำจะอยู่ในสองรูป คือ รูปไนไตรท์อ็อกไซด์ (NO_2^-) และรูปกรดไนตริก (HNO_2) ดังสมการ

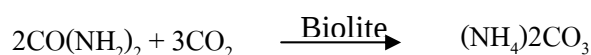
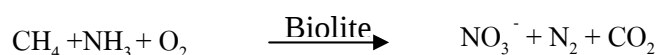


ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำเกิดจากไนไตรท์ไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเลือดและระบบเลือด (Russo et al., 1974) ไนไตรท์จะทำให้กล้ามเนื้อเรียบในเส้นเลือดฝอยคลายตัว ทำให้เลือดคั่ง (Gleason et al., 1969) และยนต์ (2530) กล่าวว่า ไนไตรท์ทำให้เกิดสภาวะเมธิโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) โดยไปออกซิไดซ์เหล็กในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ให้กลายเป็นเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ทำให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนไปเป็นเมธิโมโกลบิน (methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ ทำให้เลือดไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ เกิดสภาวะการขาดออกซิเจน จนเป็นสาเหตุให้สัตว์น้ำตาย ในสัตว์น้ำจำพวกกุ้งปู เลือดประกอบด้วยฮีโมไซยานิน ซึ่งมีทองแดงเป็นองค์ประกอบอาจเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกันนี้ได้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการค้นคว้าวิจัยในเรื่องนี้ แม้ว่าจะมีไนไตรท์ในปริมาณที่ต่ำกว่าแต่ทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ เช่น มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต และความต้านทานโรคของสัตว์น้ำ และยังพบว่า ค่า 24-h LC_{50} ของไนไตรท์ ที่มีผลต่อลูกกุ้งในระยะนาพลิซ (nauplius), ซูเอีย (zoea), ไมซิส (mysis) และโพสต์ลาร์วา (postlarva) คือ 5 13.2 20.65 และ 61.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

8. การกำจัดพิษแอมโมเนียและไนไตรท์

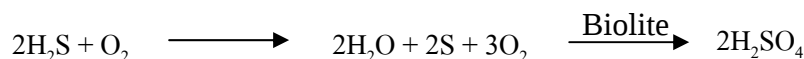
วิธีกำจัดพิษแอมโมเนียและไนไตรท์ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีชีววิทยา วิธีเคมีบำบัด และวิธีฟิสิกส์ Boyd (1987) กล่าวว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียในขณะเลี้ยงกุ้ง จะช่วยเพิ่มผลผลิตประมาณ 5 % เมื่อเทียบกับบ่อที่ไม่ได้ใส่เชื้อแบคทีเรีย ขณะที่ Ehrlich et al. (1989) รายงานว่าการใช้แบคทีเรียในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเร่งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและเร่งการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ทำให้ลดการสะสมของตะกอนสารอินทรีย์ที่พื้นบ่อ และยังอ้างถึง Moriarity (1986) ว่า การให้อาหารกุ้งในบ่อเลี้ยงกุ้งในปริมาณมากจนเหลือตกค้างที่พื้นบ่อ จะทำให้ปริมาณของแบคทีเรียแพลงก์ตอนสัตว์ แพลงก์ตอนพืช และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น งามอาจ และคณะ (2536) กล่าวว่า การปรับปรุงคุณภาพน้ำเลี้ยงโดยการเพิ่มแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จะช่วยเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อ และการใช้แบคทีเรียชนิดน้ำจะให้ผลดีกว่าการใช้แบคทีเรียชนิดผง โดยอัตราการรอดตายของกุ้งประมาณ 76.24 % ในบ่อที่ใช้แบคทีเรียชนิดน้ำ และอัตราการรอดตายของกุ้งเพียง 56.33 % ในบ่อที่ใช้แบคทีเรียชนิดผง และบ่อที่ไม่ใช้แบคทีเรียมีอัตราการรอดตายต่ำมากเพียง 33.07 % กรรณิการ์ (2543) อธิบายว่า การใส่เชื้อ nitrifying bacterium หรือสาร modified zeolite ร่วมกับ *Bacillus* spp. ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล จะเกิดผลดีในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ โดยเฉพาะน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ และมีความเป็นกรดเล็กน้อย ชลิต (2535) ได้ทดลองใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบหนาแน่น อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ ทุก ๆ

2 สัปดาห์ รวม 3 เดือน พบปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรเจน และค่าของ BOD_5 อยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อกุ้ง พรพรรณ (2546) ได้ใช้น้ำหมักชีวภาพบำบัดน้ำทิ้งโดยผ่านระบบท่อก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรพบว่าสามารถลดปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรได้ ราชวดี (2546) ทดลองใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์น้ำสกัดชีวภาพจากพืชและสัตว์ ผสมในอาหารไก่ จะช่วยลดระดับแอมโมเนียในมูลไก่เล็กน้อย Konikoff (1974) กล่าวว่า Clinoptilolite zeolite สามารถลดแอมโมเนียไอออนในบ่อเลี้ยงปลาที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ จันทร์สว่าง (2535) อธิบายว่า การเติมไบโอไลท์ซึ่งเป็นสินแร่ที่มีส่วนประกอบ SiO_2 67.79 %, Al_2O_3 13.25%, CaO 2.17%, MgO 1.47%, K_2O 1.66% และ P_2O_4 0.02% ลงในบ่อเลี้ยงที่มีเศษอาหารและขี้กิ้งอยู่ก้นบ่อจะป้องกันและรักษาไม่ให้ดินเน่าเหม็นโดย SiO_2 และ Al_2O_3 จะออกซิไดซ์เศษอาหารที่เน่าเสียกลายเป็นก๊าซระเหยออกไป ดังสมการ\



และไบโอไลท์ ช่วยดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่ส่งกลิ่นเหม็นในบ่อที่มีดินเน่า

ดังสมการ



สุชาดา (2546) ทดลองใช้หินภูเขาไฟ ซึ่งมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่สำคัญเหมือนในแร่ซีโอไลท์ โดยใช้หินภูเขาไฟที่มีพีเอช ระหว่าง 7-8 และมีขนาด 0.30-0.85 มิลลิเมตรต่อก้อน จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในน้ำเสียจากตู้ปลาได้ถึง 95.0 % สุภาวดี (2537) รายงานว่าฟอร์มาลินสามารถกำจัดแอมโมเนียได้ดีในน้ำที่มีความเค็มต่ำ ระหว่าง 0-30 ppt แต่ถ้าความเข้มข้นของฟอร์มาลิน 0.5 ppm. (ส่วนในล้านส่วน) ขึ้นไปจะมีผลทำให้อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำลดลง สมาน (2538) กล่าวว่า การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ทุก ๆ สัปดาห์ มีผลทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นในช่วง 8 วันแรก และทำให้ปริมาณแอมโมเนียลดลง แต่หลังจากนั้นการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรานี้ไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำ และไม่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งทะเล นอกจากนี้การใช้ซีโอไลท์ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 15 วัน จะสามารถลดแอมโมเนียให้ต่ำลงได้ในช่วง 8 วันแรก หลังจากนั้นไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งทะเล ดำรง (2540) ทดลองจัดระบบ

ให้อากาศแบบเป่าจากพื้นบ่อเพื่อให้ตะกอนแขวนลอย หรือใช้เครื่องแบบมีใบพัด จุ่มไว้ได้น้ำแล้ว พัดให้น้ำไหลเวียนจะทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะมีส่วนป้องกันไม่ให้เกิดก๊าซพิษ

9. น้ำหมักชีวภาพ

ปัจจุบันน้ำหมักชีวภาพมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เช่น น้ำสกัดชีวภาพ ปุ๋ยจุลินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นต้น น้ำหมักชีวภาพมีไม่ต่ำกว่า 100 สูตร โดยเกษตรกรได้ทดลองทำและนำไปใช้กับพืชผลของตนเองแล้วได้ผลดี พืชเจริญงอกงามและยังสามารถช่วยลดปัญหาการเกิดโรคแมลงได้อีกด้วยไม่เพียงแต่การใช้ประโยชน์กับพืชเท่านั้น การใช้น้ำหมักชีวภาพยังได้ขยายวงกว้างไปยังปศุสัตว์ สัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม เป็นการใช้ในลักษณะสารเสริมอาหารสัตว์ สารต้านจุลชีพ ตลอดจนใช้เพื่อการบำบัดกลิ่นและการบำบัดน้ำเสีย (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

9.1 ความหมายของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพจะมีความหมายแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิต วิธีการผลิต และวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ เช่น น้ำหมักชีวภาพ คือ น้ำที่ได้จากการหมัก คอง พืชอวบน้ำ เช่น ผัก ผลไม้ ด้วยน้ำตาลในสภาพไร้อากาศ น้ำหมักที่ได้จะประกอบด้วยจุลินทรีย์และสารอินทรีย์หลากหลายชนิด จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกยีสต์ แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและรา หรือ น้ำหมักชีวภาพ คือ น้ำที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุจากธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น เศษพืชผัก ผลไม้ เศษอาหาร ด้วยการใส่กากน้ำตาลผสมน้ำตามอัตราส่วน ทำการหมักไว้ระยะหนึ่ง หรือ น้ำหมักชีวภาพหมายถึง การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น (ตามแบบสมาคมเกษตรธรรมชาติของประเทศเกาหลีใต้) ซึ่งไม่ต้องซื้อหาจากภายนอก หรือน้ำหมักชีวภาพ คือ การนำเอาพืช ผัก ผลไม้ สัตว์ชนิดต่าง ๆ หมักกับน้ำตาลทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จำนวนมาก ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยไปย่อยสลายสารอินทรีย์ และจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ สารต่าง ๆ จะถูกปลดปล่อยออกมา เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ สอร์บอนเร่งการเจริญเติบโต วิตามิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าเรียกว่าปุ๋ยน้ำ (น้ำหมักชีวภาพ) คือ การนำเอาพืช ผัก ผลไม้ สัตว์ชนิดต่าง ๆ มาหมักกับน้ำตาลทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จำนวนมาก ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะไปช่วยสลายธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในพืช มีคุณค่าในแง่ของธาตุอาหารพืชเมื่อถูกย่อยสลายโดยกระบวนการย่อย

สลายของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ สารต่าง ๆ จะถูกปลดปล่อยออกมา เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ สอร์บอนเร่งการเจริญเติบโต เอนไซม์ วิตามิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำหมักชีวภาพแบบ ปุ๋ยน้ำ มี 3 ประเภท คือ น้ำหมักชีวภาพจากพืชสดสีเขียว (น้ำแม่) น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สุก (น้ำพ่อ) และสารจับใบแมลง (น้ำหมักจากพืชสมุนไพร) แต่กรมวิชาการเกษตร (2546) ให้ความหมายว่า น้ำหมักชีวภาพเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่เกิดจากเกษตรกรร่นาเศษพืช สัตว์ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือ ใช้ในท้องถิ่นไปหมักกับกากน้ำตาลและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งแต่ละท้องถิ่นจะมีการผลิต และการนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้แตกต่างกัน ทั้งในเรื่องของวัตถุดิบที่ใช้กรรมวิธีในการผลิต ตลอดจนวิธีใช้กับพืชและการใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ

9.2 ประเภทของจุลินทรีย์ที่คาดว่าจะพบในน้ำหมักชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพ มี 2 ประเภท คือ จุลินทรีย์ใช้อากาศ (aerobic bacteria) และจุลินทรีย์ไม่ใช้อากาศ (anaerobic bacteria) แบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็น ตัวเร่งการย่อยสลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเห็ด ผลิตปุ๋ยหมัก ฯลฯ

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (photosynthetic microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้เกิดขึ้น เช่น ไนโตรเจน กรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน สอร์บอน และสารอื่น ๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้เกิดขึ้น

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ใช้ในการหมัก (zygomic or fermented microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค ฯลฯ เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลาย ของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดของพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแฉะลื้อเป็นพิษต่าง ๆ ได้

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย และพวกแบคทีเรีย ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน กรดอินทรีย์ กรดไขมัน แป้ง ฮอร์โมน วิตามิน ฯลฯ

กลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (lactic acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินที่ต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีจำนวนนับแสน นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีและแข็งแรง

9.3 การผลิตน้ำหมักชีวภาพ

การผลิตน้ำหมักชีวภาพ ให้นำวัตถุดิบมาสับ บด โขลก หรือหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วบรรจุลงในภาชนะ เดิมกาน้ำตาล และส่วนผสมอื่น ๆ ลงไป เติมน้ำแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปิดฝาตั้งไว้ในที่ร่ม ระหว่างหมักให้หมั่นคนวัตถุดิบทุกวัน น้ำหมักชีวภาพที่ดีจะมีกลิ่นหอม หากมีกลิ่นเหม็นหรือบูดเน่าให้เติมน้ำตาล หรือน้ำตาลทรายแดง แล้วคนให้เข้ากัน กลิ่นเหม็นหรือบูดเน่าจะหายไป ระยะเวลาหมักที่เหมาะสม ประมาณ 10-15 วัน จะได้หัวเชื้อน้ำหมักที่มีประสิทธิภาพ ใช้ถังหมักที่มีฝาปิดสนิทจะเป็นถังพลาสติกหรือกระเบื้องเคลือบ หรือภาชนะที่ไม่เป็นสนิม ส่วนน้ำตาลสามารถใช้น้ำตาลได้ทุกชนิดถ้าได้กาน้ำตาลยิ่งดี เพราะมีราคาถูกและมีธาตุอาหารอื่น ๆ ของจุลินทรีย์อยู่ด้วย สำหรับพืชและสัตว์ที่ใช้หมักถ้าเป็นพืชต้องอบน้ำทุกชนิด เช่น ผัก ผลไม้ทั้งแก่และอ่อนรวมทั้งเปลือกผลไม้อบน้ำสดไม่เน่าเปื่อย เช่น เปลือกแตงโม เปลือกสับปะรด เปลือกขนุน เปลือกมะม่วง หรือพืชสมุนไพรต่าง ๆ ส่วนสัตว์ต้องสดไม่เน่าเสีย เช่น หอย ปลา เป็นต้น

9.4 ประโยชน์และอัตราใช้น้ำหมักชีวภาพ

กรมวิชาการเกษตร (2546) ได้สำรวจและรวบรวมข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์น้ำหมักชีวภาพของเกษตรกร สรุปได้ดังนี้ ด้านการเพาะปลูกช่วยปรับสภาพพืชในดินและน้ำ ปรับสภาพโครงสร้างของดินให้ร่วนซุย อุ่นน้ำและอากาศได้ดียิ่งขึ้น ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน

ให้เป็นธาตุอาหารและฮอร์โมนแก่พืช ใช้ผสมปุ๋ยหมัก ใช้ฉีดพ่นหรือราดรดพืช ใช้น้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร แต่ถ้าใช้ผสมปุ๋ยหมัก จะใช้น้ำหมักชีวภาพอย่างเดียวราดรดจนกอง ปุ๋ยเปียกพอประมาณ ด้านปุ๋ยสัตว์ ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มสัตว์ กำจัดน้ำเสียจากฟาร์ม ป้องกันโรคระบาดต่าง ๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะ กำจัดแมลงวันด้วยการตัดวงจรชีวิตของหนอน แมลงวัน ใช้ผสมน้ำให้สัตว์กิน จะใช้น้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ลิตร ผสมน้ำสะอาด ประมาณ 20-50 ลิตร ถ้าใช้ฉีดพ่นในฟาร์มปศุสัตว์ จะใช้น้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ลิตร ผสมน้ำประมาณ 10 ลิตร แต่ถ้าใช้ผสมอาหารสัตว์จะคลุกกับอาหารพohมาด ทิ้งไว้ 10-20 นาที แล้วให้สัตว์กิน แต่ถ้าใช้กำจัดกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียในฟาร์มใช้น้ำหมักชีวภาพ เทลงไปในบ่อน้ำเสียประมาณ 50-100 ลิตร ต่อไร่ ที่ระดับน้ำลึก 1.00-1.20 เมตร ด้านการประมง ช่วยควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อ เลี้ยงสัตว์น้ำแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำ รักษาโรคแผลต่าง ๆ ในปลา กบ จระเข้ ช่วยลดปริมาณ จีเลนในบ่อ อัตราใช้ 30-50 ลิตร ต่อไร่ ที่ระดับน้ำลึก 1.00-1.20 เมตร ความถี่การใช้ที่ 7-10 วัน ต่อครั้ง ด้านสิ่งแวดล้อม ช่วยบำบัดน้ำเสียจากการเกษตร ปศุสัตว์ การประมง ชุมชน โรงงาน อุตสาหกรรม และสถานประกอบการทั่วไป ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากกองขยะ มูลเลี้ยงสัตว์ ปรับสภาพของเสียให้เป็นประโยชน์ กำจัดขยะด้วยการย่อยสลายให้มีจำนวนลดน้อยลง จนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ช่วยปรับสภาพอากาศที่เสียให้สดชื่น อัตราใช้ประมาณ 50-100 ลิตรต่อไร่

9.5 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่าง ๆ หลากหลายชนิด เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมน และธาตุอาหารต่าง ๆ เอนไซม์บางชนิดจะทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้เป็น สารอินทรีย์เพื่อเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์เองและเป็นอาหารของต้นพืช ฮอร์โมนหลายชนิดที่ จุลินทรีย์สร้างขึ้นก็เป็นประโยชน์ต่อพืชถ้าให้ในปริมาณเล็กน้อย แต่จะมีโทษถ้าให้ในปริมาณที่ เข้มข้นเกินไป ฉะนั้นการใช้น้ำหมักชีวภาพในพืชจำเป็นต้องให้ในอัตราเจือจาง สารอินทรีย์ บางชนิดสร้างขึ้นเป็นสารเพิ่มความต้านทานให้แก่พืช ทำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคและแมลง และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน กรมวิชาการเกษตร (2546) ในฐานะ หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบด้านการวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชและสัตว์ที่ถูกต้องเหมาะสม ได้ตระหนักถึงกระแสการผลิตและการใช้น้ำหมักชีวภาพกันอย่างแพร่หลายในหมู่เกษตรกร มีทั้งที่ผลิตขึ้นใช้เองจากวัสดุเหลือใช้ไนไร๋ นา หรือจากการซื้อผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีสูตรการผลิตมากมาย และมีการเติมปุ๋ยเคมี สารเคมี เพื่อให้เกิดผลเร็ว ทำให้เกษตรกรต้องเสีย

ค่าใช้จ่ายในราคาสูงและอาจมีสารเคมีปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ จึงกำหนดข้อมูลทางวิชาการบนพื้นฐานของการค้นคว้า วิเคราะห์ วิจัย ทางวิทยาศาสตร์ที่จะสนับสนุนการผลิตและการใช้น้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรอย่างมีประสิทธิภาพ ดังต่อไปนี้

(1) พีเอช (pH) มีความสัมพันธ์กับชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์

(2) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity: EC) เป็นตัวเลขที่แสดงให้เห็นทราบปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำหมักชีวภาพ ถ้ามีค่าการนำไฟฟ้าสูง แสดงว่ามีปริมาณแร่ธาตุละลายอยู่มาก

(3) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon: OC) มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนเพื่อสังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์และใช้ในโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน

(4) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าที่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 20/1

(5) กรดฮิวมิก (humic acid) เป็นอินทรีย์วัตถุที่พบในน้ำหมักชีวภาพมีโครงสร้างซับซ้อน เกิดจากการแปรสภาพของสารอินทรีย์ สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชไม่ให้ถูกชะล้างได้ง่าย

จากการสำรวจและรวบรวมน้ำหมักชีวภาพที่เกษตรกรผลิตขึ้นและใช้เอง โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 กรมวิชาการเกษตร เมื่อปี พ.ศ. 2546 จำนวน 177 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นวัสดุหลักจากพืช สมุนไพร ปลา หอย และสูตรผสมจากพืชและสัตว์ตลอดจนเศษอาหารในบ้านเรือน จำนวน 59, 44, 10, 23 และ 41 ตัวอย่าง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างแล้วพบว่า น้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นกรด ยกเว้นน้ำหมักชีวภาพจากหอย สมุนไพร และน้ำหมักชีวภาพแบบผสมจากพืชและสัตว์ บางตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกประเภท *Bacillus* น้ำหมักมีสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณเชื้อหรือความเข้มข้นระหว่าง 1×10^2 - 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (cfu/ml) แต่พบมากที่สุดที่ความเข้มข้นไม่เกิน 1×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พีเอชอยู่ระหว่าง 3.3-9.0 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 0.04-21.49 % ปริมาณธาตุอาหารหลักคือ ไนโตรเจน 0.05-2.00 % ฟอสฟอรัส 0.003-3.74 % และโพแทสเซียม 0.02-4.93 %

น้ำหมักชีวภาพจากพืชและสมุนไพร มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าน้ำหมักชีวภาพจากสัตว์และที่ผสมจากพืชและสัตว์ และเป็นที่สังเกตว่า น้ำหมักชีวภาพที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงจะพบคลอรีนสูงด้วย ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า ระหว่างการหมักมีการเติมเกลือลงไปด้วยซึ่งอาจเป็นพิษกับพืชบางชนิด อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่พบในน้ำหมักชีวภาพจะแตกต่างกันตามชนิดของวัสดุที่นำมาหมัก หรือปริมาณกากน้ำตาลที่ใช้เป็นส่วนผสม และพบกรดฮิวมิกในน้ำหมักชีวภาพจากพืชและสัตว์ในปริมาณน้อยใกล้เคียงกัน

9.6 การกำหนดคุณสมบัติ น้ำหมักชีวภาพที่แสดงถึงคุณภาพและประสิทธิภาพ

(1) เชื้อจุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว) ได้กำหนดปริมาณและชนิดเชื้อจุลินทรีย์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สารเสริมชีวนะ ต้องมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 1×10^5 ซี.เอฟ.ยู (CFU) โดยอนุญาตเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 42 ชนิด เชื้อรา จำนวน 6 ชนิด และเอนไซม์ จำนวน 7 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดโรค

(2) คุณสมบัติปุ๋ย ในน้ำหมักชีวภาพ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กำหนดค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต้องไม่เกิน 5% ส่วนธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมไม่ได้กำหนดปริมาณ แต่ต้องมีครบและเหมาะสมตามที่จะนำไปใช้ มีความเป็นกรดเบส อยู่ระหว่าง 5.0–8.5 ค่าการนำไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า 10 ds/m ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไม่น้อยกว่า 5 % อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ไม่น้อยกว่า 20 / 1 และกรดฮิวมิกต้องมีไม่น้อยกว่า 10 %

10. การยอมรับของเกษตรกรเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในการใช้น้ำหมักชีวภาพบำบัดน้ำในบ่อกุ้ง

แนวความคิดและปรัชญาเกี่ยวกับการยอมรับของบุคคล มีนักวิชาการทางด้านสังคมศาสตร์หลายท่านได้สรุปไว้ดังนี้ ดิเรก (2524) ให้ความหมายการยอมรับของบุคคลว่า เป็นกระบวนการทางจิตใจของบุคคลแต่ละคน ที่เริ่มต้นตั้งแต่การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีไปจนถึงการยอมรับเทคโนโลยีนั้นอย่างเปิดเผย บุญสม (2535) ให้ความหมายว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเกษตรกรหลังจากที่ได้รับรู้แนวความคิด ความรู้ ความชำนาญ ประสบการณ์ใหม่ โดยยอมรับแล้วนำไปปฏิบัติตามตลอด หรือยอมรับแล้วปฏิบัติตามไปได้ระยะหนึ่งแล้วหยุดทำ Foster (1973) กล่าวว่า การยอมรับและการเรียนรู้จะได้ผลก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นได้มาทดลอง

ปฏิบัติ และเมื่อบุคคลนั้นแน่ใจว่าวิทยาการใหม่นั้นเป็นสิ่งที่ดีและสามารถให้ประโยชน์ก็จะนำ วิทยาการใหม่นั้นมาใช้ Coward and Klonglan (1970) กล่าวว่า การยอมรับเป็นสัญลักษณ์ทางจิต ดังนั้นการยอมรับนวัตกรรมหลังจากประเมินค่าแล้วนำไปปฏิบัติหรือไม่นำไปปฏิบัติ ต่างก็เป็น กระบวนการยอมรับทั้งสิ้น Rogers and Shoemaker (1971) กล่าวว่า การยอมรับเป็นกระบวนการ ทางจิตใจของบุคคล ซึ่งเริ่มต้นด้วยการเริ่มรู้แล้วไปสิ้นสุดที่การตัดสินใจยอมรับไปปฏิบัติ ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ ขั้นเริ่มรู้หรือรับรู้ (awareness) ขั้นสนใจ(interest) ขั้นไตร่ตรอง (evaluation) ขั้นทดลองทำ (trial) และขั้นนำไปปฏิบัติ (adoption) กล่าวโดยสรุปว่า การยอมรับ เป็นกระบวนการทางจิตใจของแต่ละบุคคล ที่เริ่มตั้งแต่การได้รับรู้เกี่ยวกับแนวความคิด ประสิทธิภาพ นวัตกรรม วิทยาการหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ แล้วก่อให้เกิดการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือยึดถือปฏิบัติตามนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีนั้น ๆ อย่างเปิดเผย

ดิเรก (2524) ได้จำแนกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับไว้ 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่เป็น เงื่อนไข เช่น สภาพทางเศรษฐกิจ คือถ้าเกษตรกรที่มีปัจจัยการผลิตมากกว่า จะมีแนวโน้มการยอมรับ ได้ดีกว่า หรือสภาพทางสังคมและวัฒนธรรม คือในสังคมที่รักษานขนบธรรมเนียมประเพณีอย่าง เคร่งครัดหรือมีค่านิยมและความเชื่อที่เป็นอุปสรรคต่อการเปลี่ยนแปลง จะส่งผลให้เกิดการยอมรับ ช้าลง และสภาพทางภูมิศาสตร์ คือพื้นที่ที่มีการติดต่อกับท้องถิ่นอื่นที่เจริญทางด้านเทคโนโลยี มากกว่า หรือมีทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยการผลิตมากกว่า จะมีแนวโน้มในการยอมรับ การเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่า นอกจากนี้สมรรถภาพในการทำงานของสถาบันที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันสินเชื่อเพื่อการเกษตร สถาบันวิจัยและส่งเสริมการเกษตร สถาบันจัดการเกี่ยวกับการตลาด สถาบันเหล่านี้ถ้ามีประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่ให้ประโยชน์แก่บุคคล ก็จะทำให้การยอมรับ การเปลี่ยนแปลงได้เร็วและง่ายขึ้น อีกปัจจัยหนึ่งคือปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับบุคคลเป้าหมาย (target person) ซึ่งได้แก่ พื้นฐานทางสังคม พบว่าเพศหญิงจะยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่า เพศชาย ผู้มีระดับการศึกษาสูงหรือมีประสบการณ์สูง จะยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้ดีกว่า และ บุคคลที่อยู่ในวัยรุ่นจะยอมรับเร็วที่สุดและช้าลงไปตามลำดับเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น ส่วนพื้นฐานทาง เศรษฐกิจ พบว่าเกษตรกรที่มีกรรมสิทธิ์การถือครองที่ดินมากกว่า หรือมีปัจจัยการผลิตมากกว่า จะยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้ดีกว่า พื้นฐานในการติดต่อสื่อสารของเกษตรกร เช่น ความสามารถในการอ่าน ฟัง พูด และเขียน จะช่วยให้เกิดการยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้ ปัจจัยนวัตกรรม (innovation) ได้แก่ ต้นทุนและกำไร คือ เทคโนโลยีที่ลงทุนน้อยที่สุดแต่ได้กำไรมากที่สุด การยอมรับจะสูงกว่าและเร็วกว่า หรือความสอดคล้องและเหมาะสมกับสิ่งที่มีอยู่ในชุมชน คือ ไม่ขัดต่อขนบธรรมเนียมประเพณี ความเชื่อ ความเหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชน ได้แก่

สามารถปฏิบัติได้และเข้าใจง่าย คือไม่เป็นเรื่องยุ่งยากซับซ้อน ไม่มีกฎเกณฑ์ยุ่งยากเกินไป สามารถปฏิบัติได้ผลมาแล้ว หรือเห็นว่าเกิดผลดีมาก่อนก็จะปฏิบัติตามหรือยอมรับได้ง่าย และเร็วกว่า

เกณฑ์การยอมรับ จะใช้คำถามแบบมาตรบอกการประมาณค่าของไลเคิร์ต (Likert scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด ให้ 5 คะแนน มาก ให้ 4 คะแนน ปานกลาง ให้ 3 คะแนน น้อย ให้ 2 คะแนน และน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง ให้เกษตรกรที่เลือกเป็นตัวอย่าง จำนวน 30 ราย แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการยอมรับน้ำหมักชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุและสารเคมี

- 1.1 บ่อซีเมนต์แผ่น ขนาด 2.0 x 15.0 x 1.0 เมตร (30 ลูกบาศก์เมตร) จำนวน 9 บ่อ
- 1.2 น้ำความเค็ม ประมาณ 15 ppt จำนวน 300 ม³. น้ำจืดสะอาด ประมาณ 200 ลิตร
- 1.3 ลูกกุ้งขาว แวนนาไม ระยะโพสต์ลาร์วา 15 (P 15) จำนวน 9,450 ตัว
- 1.4 อาหารกุ้งที่มีโปรตีนประมาณ 35 %
- 1.5 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนไตรท์ ปริมาณไนเตรท ปริมาณฟอสเฟต และค่าความเป็นด่าง
- 1.6 น้ำหมักชีวภาพชนิดที่ 1 (แบบเกษตรกร) จำนวน 50 ลิตร
- 1.7 น้ำหมักชีวภาพชนิดที่ 2 (แบบปรับปรุงคุณภาพ) จำนวน 50 ลิตร
- 1.8 ถังพลาสติกพร้อมฝาปิด ขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ใบ
- 1.9 กากน้ำตาล จำนวน 20 ลิตร
- 1.10 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
- 1.12 สะเร็น ขนาด กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร จำนวน 9 ผืน

2. เครื่องมือ

- 2.1 เครื่องวัดความเค็ม (NOW รุ่น 508 II W) มีหน่วยวัดเป็นส่วนในพันส่วน (ppt)
- 2.2 เครื่องวัด พีเอช (DENVER model 50)
- 2.3 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (YSI model 51B) มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)
- 2.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส (°C)
- 2.5 เครื่องวัดความโปร่งใส วัดด้วยเครื่องวัด Secchi disc มีหน่วยวัดเป็นเซนติเมตร
- 2.6 เครื่องเติมอากาศ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า กระแสไฟฟ้า 380 โวลต์ จุดเครื่องให้กำเนิดลม

วิธีการ

1. การสังเกตการณ์และสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

ศึกษาด้วยการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมและการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ที่เป็นนักวิชาการประมง ผู้นำกลุ่มสมาคมผู้เลี้ยงกุ้งกลุ่มน้ำบางปะกง และเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้ง ข้อมูลที่สัมภาษณ์เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้ง องค์ความรู้ น้ำหมักชีวภาพและการใช้น้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในเขตอำเภอเมือง อำเภอบางปะกง และอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น โดยมีแนวคำถาม ดังนี้

- 1.1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ
- 1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจการผลิตและการใช้น้ำหมักชีวภาพของเกษตรกร

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนที่ใช้เพื่อกำจัดแอมโมเนียและไนโตรเจนในบ่อกัก

1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติ การยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพของเกษตรกร

2. การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

เตรียมน้ำหมักชีวภาพ 2 สูตร คือ สูตรน้ำหมักชีวภาพแบบที่เกษตรกรผลิตขึ้นใช้เองในบ่อกักและแบบปรับปรุงคุณภาพ ที่ผู้วิจัยผลิตขึ้นเอง เพื่อใช้ในการทดลอง ดังนี้

2.1 น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) วัตถุดิบที่ใช้คือ ผักสด และผลไม้รสหวานอื่น ๆ 2-3 ชนิด สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมวัตถุดิบที่เตรียมไว้ร่วมกับกากน้ำตาล และน้ำสะอาด ในอัตราส่วน วัตถุดิบ 1 ส่วน น้ำจืดสะอาด 10 ส่วน กากน้ำตาล 1 ส่วน คลุกเคล้าให้เข้ากันในถังหมักพลาสติก ขนาด 100 ลิตร ปิดฝาหมักเป็นเวลา 15 วัน

2.2 น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากน้ำหมักแบบเกษตรกร จำนวน 1 ลิตร อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ประกอบด้วย แป้งข้าวโพด (100 กรัม) รำสกัดไขมัน (100 กรัม) กากถั่วเหลือง (100 กรัม) ปลาป่น (50 กรัม) ไบโอฟอส (50 กรัม) แอมโมเนียมซัลเฟต (50 กรัม) เฟดโรล-1 (25 กรัม) และกากน้ำตาลมาเชื่อมด้วยความร้อน 60 องศาเซลเซียส (10 กิโลกรัม) ผสมเชื้อจุลินทรีย์ อาหารเลี้ยงเชื้อ กากน้ำตาลและน้ำสะอาดที่ผ่านเครื่องกรองหรือผ่านการต้มในถังหมัก ปิดฝาหมักเป็นเวลา 15 วัน

3. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ

นำน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร และแบบปรับปรุงคุณภาพมาวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นเชื้อจุลินทรีย์ และศึกษาคุณสมบัติเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนปริมาณธาตุอาหารหลักคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

4. การศึกษาต้นทุนน้ำหมักชีวภาพ

ศึกษาต้นทุนของน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้ราคาวัตถุดิบที่จำหน่ายในร้านค้าของจังหวัดฉะเชิงเทรา และราคาน้ำสะอาดจากราคาเฉลี่ยน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค เป็นราคาที่ใช้คำนวณต้นทุนของน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด

5. การเตรียมการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

5.1 เตรียมบ่อทดลองใช้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม เป็นบ่อซีเมนต์แผ่น จำนวน 9 บ่อ ขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 15 เมตร และสูง 1 เมตร มีผนังซีเมนต์กันกลางทำให้แต่ละบ่อกว้าง 1 เมตร ยาว 15 เมตร และสูง 1 เมตร (ขนาดความจุ 15 ลูกบาศก์เมตร) ใส่ดินก้นบ่อแรกหนา 10 เซนติเมตร ต่อบ่อ เพื่อใช้เลี้ยงกุ้ง วางสระแฉกที่ด้านข้างของบ่อคู่แผ่น 1 ผืน กว้าง 80 เซนติเมตร และยาว 15 เมตร เจาะผนังบริเวณด้านล่างของหัวและท้ายระหว่างบ่อคู่แผ่นแล้ววางท่อที่คลุมด้วยตาข่ายเพื่อหมุนเวียนน้ำ วางท่อสำหรับเติมอากาศบริเวณขอบบ่อด้านบนของบ่อแรกแล้วเจาะรูให้ระยะเท่า ๆ กัน 5 จุด ต่อสายยางพร้อมหัวทรายไปที่ก้นบ่อ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 บ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ขนาด 1 x 15 x 1 เมตร

5.2 การเตรียมน้ำใช้เลี้ยงกุ้งในบ่อทดลอง ใช้ น้ำทะเลผสมน้ำจืดให้มีความเค็ม 15 ppt (ส่วนในพันส่วน) ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนผง 60 % ในอัตรา 3 กรัม ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 15 วัน ปรับแต่ง พีเอช ด้วยปูนขาว แล้วบรรจุน้ำลงในบ่อทดลอง ให้ได้ระดับความลึก 90 เซนติเมตร ตลอดระยะเวลาเลี้ยงกุ้งจะ ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

5.3 การเตรียมลูกกุ้ง ใช้วิธีซื้อลูกกุ้งขาว แวนนาไม จากฟาร์มเพาะลูกกุ้งของเกษตรกร โดยเลือกซื้อลูกกุ้งที่มีอายุระยะโพสต์ล่าวา 15 และเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็ม 15 ppt มีอวัยวะครบ กริตรง ลำตัวอ้วน หน้าอกใหญ่ วัยน้ำคล่องแคล่ว และมีขนาดสม่ำเสมอ

5.4 การให้อาหารลูกกุ้งขาว แวนนาไม ใช้อาหารกุ้งชนิดที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 35 % โดยให้อาหารในปริมาณ 5 % ของน้ำหนักตัวในช่วงเดือนแรก และให้อาหารในปริมาณ 10 % ของน้ำหนักตัวต่อไปจนครบ 17 สัปดาห์ ให้อาหารวันละ 4 เวลา คือ 7.00 น. 11.00 น. 17.00 น. และ 23.00 น. โดยให้ปริมาณอาหารเป็น 20 20 30 และ 30 % ของปริมาณอาหารทั้งหมดที่ให้แต่ละวันตามลำดับ

6. การทดลองการใช้น้ำหมักชีวภาพ

6.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) ปล่อยลูกกุ้งขาว แวนนาไม ระยะโพสต์ล่าวา 15 ในบ่อทดลอง จำนวน 9 บ่อ ในอัตราหนาแน่น 70 ตัวต่อตารางเมตร (1,050 ตัวต่อบ่อ) เลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 17 สัปดาห์ แบ่งการทดลองออกเป็น 3 วิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ วิธีที่ 1 ไม่มีการใส่น้ำหมักชีวภาพ เป็นบ่อควบคุม (C) วิธีที่ 2 เป็นบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และวิธีที่ 3 เป็นบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ใช้น้ำหมักชีวภาพทั้งสองชนิดในบ่อทดลองเหมือนกัน ปริมาณ 375 ซี.ซี. ต่อ 15 ลูกบาศก์เมตร (40 ลิตร/ไร่) ระยะเวลาการใช้คือ ครั้งที่ 1 ก่อนปล่อยลูกกุ้งในบ่อทดลอง 1 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อกุ้งมีอายุได้ 7 วัน และใช้น้ำหมักชีวภาพต่อไปทุก ๆ 7 วัน ตลอดการทดลองซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับเกษตรกรปฏิบัติในฟาร์ม

6.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั่วไป จะตรวจวัด พีเอช อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 6.00 น. และ 17.00 น. ความโปร่งใส ความเป็นด่าง และปริมาณฟอสเฟต วิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ดังรายละเอียดตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำทั่วไป

พารามิเตอร์	ความถี่ในการตรวจวัด	เครื่องมือหรือวิธีวิเคราะห์
พีเอช	วันละ 2 ครั้ง (6.00 น. 17.00 น.)	DENVER model 50
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	วันละ 2 ครั้ง (6.00 น. 17.00 น.)	เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	วันละ 2 ครั้ง (6.00 น. 17.00 น.)	YSI model 51B
ความโปร่งใส (เซนติเมตร)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	Secchi disc
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร/ CaCO_3)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	วิธี APHA <i>et al.</i> (1981)
ปริมาณฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	วิธี APHA <i>et al.</i> (1981)

6.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ และไนเตรท จะตรวจวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ดังรายละเอียดตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ และไนเตรท

พารามิเตอร์	ความถี่ในการตรวจวัด	วิธีวิเคราะห์
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	Strickland and Parson (1972)
ไนโตรที่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	วิธี APHA <i>et al.</i> (1981)
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	วิธี APHA <i>et al.</i> (1981)

7. การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพต่ออัตราการเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม

บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับกุ้งขาว แวนนาไม ตั้งแต่เริ่มนำลูกกุ้งมาเลี้ยงในบ่อทดลองจนถึงเก็บผลผลิตเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 17 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพต่ออัตราการเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ดังต่อไปนี้

7.1 บันทึกจำนวนกุ้งที่เริ่มทดลอง และนับจำนวนกุ้งทั้งหมดเมื่อเก็บผลผลิต เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตาย (survival rate) ดังนี้

$$\text{อัตราการรอด} = \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อเก็บผลผลิต}}{\text{จำนวนกุ้งที่เริ่มทดลอง}} \times 100$$

7.2 ชั่งน้ำหนักลูกกุ้งขาว แวนนาไม เมื่อเริ่มต้นการทดลองโดยเฉลี่ย และน้ำหนักสุดท้าย เมื่อทำการเก็บผลผลิต เพื่อหาน้ำหนักเพิ่มรวมต่อวัน (average daily growth) ดังนี้

$$\text{น้ำหนักเพิ่มรวมต่อวัน} = \frac{(W2-W1)}{(T2-T1)} \text{ กรัม/วัน}$$

W2 คือ ปริมาณน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) เมื่อเวลา (วัน) ที่ T2

W1 คือ ปริมาณน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) เมื่อเวลา (วัน) ที่ T1

7.3 บันทึกปริมาณอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งทุกวันตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เพื่อคำนวณหาอัตรา การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (food conversion ratio: FCR) ดังนี้

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ทั้งหมด (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น (W2-W1) (กิโลกรัม)}}$$

7.4 บันทึกผลผลิตรวมของกุ้ง (production) โดยคำนวณเป็นกิโลกรัมต่อไร่ และคำนวณ ขนาดความโตของกุ้งเป็นจำนวนตัวต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

8. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและ ไนไตรท์ในการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

ใช้การสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม จำนวน 30 ราย โดยวิธี บังเอิญ (Accident Sampling) เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพลดปริมาณ แอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้ง ตลอดจนวิธีการ ขั้นตอน ต้นทุน ประโยชน์ คุณภาพ ปัญหา และอุปสรรคในการผลิตและการใช้ รวมถึงความต่อเนื่องการใช้น้ำหมักชีวภาพของเกษตรกร โดยสัมภาษณ์ในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง กำหนดเกณฑ์การทดสอบการยอมรับ เป็น 5 ระดับ ตามการประเมินค่าของไลเคิร์ต (Likert scale)

9. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่จัดบันทึกไปวิเคราะห์และศึกษาทางสถิติ โดยเปรียบเทียบผลของน้ำหมักชีวภาพทั้งสองชนิดที่มีต่อการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ และมีต่อคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ พีเอช ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความโปร่งใส ความเป็นด่าง และปริมาณฟอสเฟต รวมทั้งมีผลต่อกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง ได้แก่ อัตราการรอดตาย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และผลผลิตรวมทั้งหมดด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (Analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธี Duncan's New Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

วิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม ของเกษตรกร โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สถิติที่ใช้คือ ความถี่ ค่าร้อยละ และค่าไครส์แคร์ โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

10. สถานที่ดำเนินการทดลอง

ทำการศึกษาที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำเภอบางประกง จังหวัดระยอง

11. ระยะเวลาทำการวิจัย

สิงหาคม พ.ศ. 2549 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาการสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง

จากการสังเกตการณ์อย่างมีส่วนร่วมและการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลหลัก ในเขตอำเภอเมือง อำเภอบางปะกง และอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา เกี่ยวกับวิธีการเลี้ยง สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม องค์ความรู้เกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ และการใช้น้ำหมักชีวภาพพบว่า วิธีการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ของเกษตรกรทั้งหมดเป็นการเลี้ยงแบบบ่อพัฒนาและเลี้ยงแบบหนาแน่นระหว่าง 60-90 ตัวต่อตารางเมตร เนื่องจากมีอัตราการรอดตายดีและให้ผลผลิตต่อไร่สูง ใช้ลูกกุ้งระยะโพสต์ลาร์วา 10-15 ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 100-120 วัน (15-17 สัปดาห์) มีการเตรียมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมตามมาตรฐานของกรมประมง ก่อนปล่อยลูกกุ้งมีการฆ่าเชื้อในน้ำด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 90 % อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ หรือฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนผง 60 % ในอัตรา 3-4 กิโลกรัมกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ว่าการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ของเกษตรกรส่วนใหญ่จะขาดทุนเนื่องจากอัตราการรอดตายของกุ้งต่ำหรือกุ้งตายก่อนกำหนดสาเหตุมาจากคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมระหว่างการเลี้ยงและมีโรคกุ้งขาว แวนนาไม มีต้นทุนสูงจากการใช้ผลิตภัณฑ์บำบัดน้ำและยาหรือเวชภัณฑ์รักษาโรคกุ้ง

ผลการศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม พบว่า เกษตรกรเรียนรู้การทำน้ำหมักชีวภาพจากเพื่อนเกษตรกร และจากนักวิชาการเอกชนด้วยการซื้อหัวเชื้อจุลินทรีย์แล้วนำไปหมักร่วมกับวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น พืชผัก ผลไม้ พืชสมุนไพรหรือสัตว์ประเภทปลา หอย ที่หาได้ในท้องถิ่นหรือบางรายหมักผสมทุกอย่างเข้าด้วยกัน แต่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมทำน้ำหมักชีวภาพโดยใช้วัสดุหลักเป็นพืชและผลไม้หมักร่วมกับกากน้ำตาล น้ำสะอาด เพื่อความสะดวกและไม่เกิดกลิ่นเหม็น อัตราวัสดุ 1 ส่วน กากน้ำตาล 1 ส่วน น้ำสะอาด 10 ส่วน เป็นเวลา 7-10 วัน โดยไม่เติมอากาศ แล้วนำไปใช้อัตรา 30-50 ลิตรต่อไร่ ระยะเวลาใช้ 5-7 วันต่อครั้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่พื้นบ่อและลดฟิเอนของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ถึงวิธีลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยง เพื่อลดความสูญเสียจากการตายของกุ้ง ด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งเกษตรกรเรียนรู้จากเพื่อนเกษตรกร จากนักวิชาการประมงทั้งภาครัฐและเอกชน โดยมีวิธีและมีต้นทุนจากวิธีต่าง ๆ ดังนี้ การลด

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำบ่อกุ้งด้วยฟอร์มาลิน มีต้นทุนประมาณ 200 บาทต่อไร่ การลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำบ่อกุ้งด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีต้นทุนประมาณ 600 บาทต่อไร่ การลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำบ่อกุ้งด้วยซีโอไลท์ หรือไบโอไลท์ มีต้นทุนประมาณ 700 บาทต่อไร่ การลดปริมาณแอมโมเนียด้วย โซเดียมคาร์บอเนตเปอร์ออกไซด์ไฮเดรท มีต้นทุนประมาณ 900 บาทต่อไร่ การลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำบ่อกุ้งด้วยการถ่ายน้ำและการเติมอากาศที่ผิวน้ำ ต้นทุนของการลดแอมโมเนียวิธีนี้คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์ขนาด 1 ลูกสูบ สูบน้ำเข้าบ่อกุ้งและใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดหมุนดินที่ผิวน้ำ มีต้นทุนประมาณ 500 บาทต่อไร่ และการลดปริมาณแอมโมเนียด้วย จุลินทรีย์สำเร็จรูปเป็นจุลินทรีย์ประเภท และชนิดต่าง ๆ ที่มีวางจำหน่ายในร้านขายอาหารกุ้ง มีต้นทุนโดยประมาณ 1,000 บาทต่อไร่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนการลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม ของเกษตรกรในอดีต

วิธีการ	อัตรา (หน่วย/ไร่)	ราคา (บาท/1 หน่วย)	วิธีใช้	ต้นทุน (บาท/ไร่)
ฟอร์มาลิน	5 ลิตร	20	2 ครั้ง ห่างกัน 7 วัน	200
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	10 ลิตร	30	2 ครั้ง ห่างกัน 7 วัน	600
ซีโอไลท์	50 กิโลกรัม	7	2 ครั้ง ห่างกัน 3 วัน	700
จุลินทรีย์ กลุ่มไนโตรแบคเตอร์	1 กิโลกรัม	100-400	2 ครั้ง ห่างกัน 3 วัน	1,000
ดีเซลหมุนเร็ว	15-20 ลิตร	26	2-3 ครั้ง วันละ 1 ครั้ง	500
โซเดียมคาร์บอเนตเปอร์ออกไซด์ไฮเดรท	5 กิโลกรัม	45	4 ครั้ง 4 วัน ๆ ละ 1 ครั้ง	900

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ

จากการนำน้ำหมักชีวภาพชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ที่ผลิตขึ้นเองมาวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นเชื้อจุลินทรีย์ และคุณสมบัติบางประการพบว่า น้ำหมักมีสีน้ำตาลเข้ม เชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพทั้งสองชนิดเป็นจุลินทรีย์ชนิด *Bacillus spp* ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร มีความเข้มข้น 1×10^2 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โปรตีน 3.5 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 18.49 % ปริมาณธาตุอาหารหลักมีดังนี้ ไนโตรเจน 0.04 % ฟอสฟอรัส 0.02 % และโพแทสเซียม 0.45 % ส่วนน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เข้มข้น 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โปรตีน 3.7 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 21.45 % ปริมาณธาตุอาหารหลักมีดังนี้ ไนโตรเจน 0.30 % ฟอสฟอรัส 0.06 % และโพแทสเซียม 1.54 % การที่น้ำหมักชีวภาพแบบ

ปรับปรุงคุณภาพ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เข้มข้นมากกว่าเนื่องจากในกรรมวิธีผลิตจะคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่ต้องการและกำจัดจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่น ๆ ออก การเสริมอาหารให้กับจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเต็มที่และหนาแน่น การใส่อินทรีย์วัตถุที่เป็นแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติบางประการของน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรมและแบบปรับปรุงคุณภาพ

คุณสมบัติ	ชนิดน้ำหมักชีวภาพ	
	แบบเกษตรกรรม (E1)	แบบปรับปรุงคุณภาพ (E2)
ชนิดจุลินทรีย์	<i>Bacillus spp</i>	<i>Bacillus spp</i>
ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (cfu/ml)	1×10^2	1×10^5
พีเอช	3.5	3.7
อินทรีย์คาร์บอน %	18.49	21.45
N %	0.04	0.30
P ₂ O ₅ %	0.02	0.06
K ₂ O %	0.45	1.54

3. ผลการศึกษาต้นทุนผลิตน้ำหมักชีวภาพ

3.1 น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรม (E1) ใช้ถังหมักพลาสติก ขนาด 100 ลิตร พร้อมฝาปิด จำนวน 1 ใบ ราคา 10 บาท ผัก สับประรดและผลไม้รสหวาน จำนวน 8 กิโลกรัม ราคา 24 บาท กากน้ำตาล จำนวน 8 กิโลกรัม ราคา 56 บาท น้ำจืดสะอาด จำนวน 80 ลิตร คิดเป็นเงิน 0.64 บาท ผลิตน้ำหมักชีวภาพได้ประมาณ 82 ลิตร เป็นเงินทั้งสิ้น 90.64 บาท จึงมีต้นทุนผลิตน้ำหมักชีวภาพประมาณลิตรละ 1.11 บาท (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ต้นทุนผลิตน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร

อุปกรณ์และวัสดุ	จำนวน	ราคา (บาท)	ราคารวม (บาท)	ราคาต่อลิตร (บาท)
ถังพลาสติก พร้อมฝาปิด ขนาด 100 ลิตร	1 ใบ	10.00	10.00	0.10
ผัก สับประรดและผลไม้รสหวาน	8 ก.ก.	3.00	24.00	0.30
กากน้ำตาล	8 ก.ก.	7.00	56.00	0.70
น้ำสะอาด	80 ลิตร	0.008	0.64	0.008
รวมเป็นเงิน		20.008	90.64	1.11

3.2 น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ใช้ถังหมักพลาสติก ขนาด 100 ลิตร พร้อมฝาปิด จำนวน 1 ใบ ราคา 10 บาท เชื้อจุลินทรีย์แบบเกษตรกร จำนวน 1 ลิตร ราคา 1.11 บาท กากน้ำตาล จำนวน 10 กิโลกรัม ราคา 70 บาท อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ประกอบด้วย แป้งข้าวโพด (100 กรัม) รำสกัดไขมัน (100 กรัม) กากถั่วเหลือง (100 กรัม) ปลาป่น (50 กรัม) ไบโอฟอส (50 กรัม) แอมโมเนียมซัลเฟต (50 กรัม) เฟดโรล-1 (25 กรัม) ราคาประมาณ 31.40 บาท (รายละเอียดตารางที่ 6) ผลิตน้ำหมักชีวภาพได้ประมาณ 82 ลิตร เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 114.05 บาท จึงมีต้นทุนลิตรละ ประมาณ 1.39 บาท

ตารางที่ 6 ต้นทุนผลิตน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ

อุปกรณ์และวัตถุดิบ	จำนวน	ราคา (บาท)	ราคารวม (บาท)	ราคาต่อลิตร (บาท)
ถังพลาสติก พร้อมฝาปิด ขนาด 100 ลิตร	1 ใบ	10.00	10.00	0.10
เชื้อจุลินทรีย์แบบเกษตรกร	1 ลิตร	1.11	1.11	0.01
กากน้ำตาล	10 ก.ก.	7.00	70.00	0.87
น้ำสะอาด	80 ลิตร	0.008	0.64	0.008
แป้งข้าวโพด	100 กรัม	0.01	1.00	0.01
รำสกัดไขมัน	100 กรัม	0.008	0.80	0.01
กากถั่วเหลือง	100 กรัม	0.017	1.70	0.02
แอมโมเนียมซัลเฟต	50 กรัม	0.14	7.00	0.09
ปลาป่น	50 กรัม	0.02	1.00	0.01
ไบโอฟอส	50 กรัม	0.016	0.80	0.01
เฟดโรล-1	25 กรัม	0.80	20.00	0.25
รวมเป็นเงิน		19.12	114.05	1.39

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนน้ำหมักชีวภาพทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันประมาณ 0.28 บาท ต่อลิตร แต่เมื่อเปรียบเทียบถึงคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพทั้ง 2 ชนิด พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพสูงกว่ามาก ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าและดีกว่า ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะส่งเสริมเกษตรกรใช้น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม

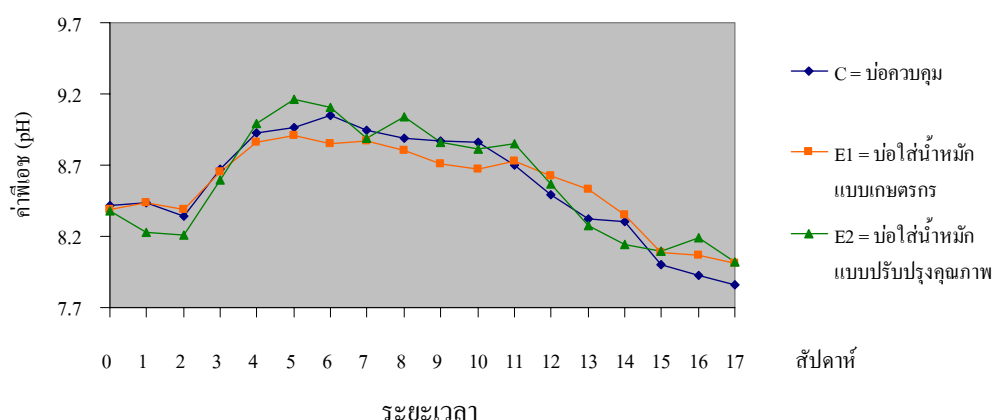
4. ผลการศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อคุณภาพน้ำทั่วไป

4.1 ค่าพีเอช

จากการตรวจวัดค่าพีเอชของน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 6.00 น. และ 17.00 น. เป็นเวลา 17 สัปดาห์ พบว่ามีค่าพีเอช ต่ำสุดประมาณ 7.86 ที่บ่อควบคุม (C) สูงสุดประมาณ 9.16 ที่บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) บ่อควบคุม (C) ค่าพีเอช ของน้ำอยู่ระหว่าง 7.86–9.05 มีค่าเฉลี่ย 8.55 บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 8.01–8.91 มีค่าเฉลี่ย 8.55 บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 8.02–9.16 มีค่าเฉลี่ย 8.58 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าพีเอช ของน้ำในบ่อทดลองและบ่อควบคุมแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่าค่าพีเอช ส่วนใหญ่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ 1)

ค่าพีเอช ของน้ำในบ่อทดลองแต่ละบ่อใน 2 สัปดาห์แรกมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่สัปดาห์ที่ 5 และ 6 พีเอชของบ่อทดลองมีค่าสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แล้วลดลงต่อเนื่องตลอด จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 2) ศุสดี (2529) กล่าวว่า แพลงก์ตอนพืชทุกชนิดเจริญได้ดีในน้ำที่มีค่าพีเอช ระหว่าง 8.0–8.2 และ Chen (1985) กล่าวว่า พีเอชของน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในเวลากลางวันโดยแพลงก์ตอนพืชจะไปลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำให้น้ำมีความเป็นด่างมากขึ้นและพีเอชจะลดลงในเวลา กลางคืน แต่เมื่อระยะเวลาเลี้ยงกุ้งนานขึ้นค่าพีเอชของน้ำในบ่อทดลองจะมีแนวโน้มลดลงหรือ มีความเป็นกรดมากขึ้น โดยค่าพีเอช ของบ่อควบคุม (C) เมื่อเริ่มต้นเลี้ยงกุ้งมีค่าเฉลี่ย 8.42 และ มีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 เฉลี่ย 9.05 แล้วมีค่าลดลงเรื่อย ๆ โดยในสัปดาห์ที่ 17 จะมีค่าพีเอช เฉลี่ย 7.86 ลดลง 0.56 บ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกร (E1) เมื่อเริ่มต้นเลี้ยงกุ้งมีค่าพีเอชเฉลี่ย 8.39

และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 เฉลี่ย 8.91 แล้วมีค่าลดลงเล็กน้อยจนถึงสัปดาห์ที่ 17 จะมีค่าพีเอชเฉลี่ย 8.01 ลดลง 0.38 บ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) เมื่อเริ่มต้นเลี้ยงกุ้งมีค่าเฉลี่ย 8.38 และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 เฉลี่ย 9.16 แล้วมีค่าลดลงเล็กน้อยจนถึงสัปดาห์ที่ 17 จะมีค่าพีเอชเฉลี่ย 8.02 ลดลง 0.36 จะเห็นว่าบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชตลอดการทดลองน้อยที่สุดซึ่งเป็นผลดีต่อสัตว์น้ำ ตามรายงานของ Boyd (1987) ผลการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชทำให้พีเอชสูงขึ้น แต่เมื่อมีเศษอาหารและของเสียที่กุ้งขาว แวนนาไม ขับถ่าย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทำให้น้ำมีความเป็นกรดมากขึ้นทำให้พีเอชลดลง ปกติกุ้งจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อน้ำมีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 6-9 (กรมประมง, 2530) เช่นเดียวกับ Boyd (1987) รายงานว่า กุ้งจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อพีเอชของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6-9 กุ้งจะเติบโตช้าเมื่อน้ำมีพีเอช อยู่ระหว่าง 4-6 และ 9-11 และกุ้งจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ถ้าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 4 และสูงกว่า 11 (ตารางผนวกที่ 15) ดังนั้นค่าพีเอชของน้ำในบ่อทดลองทุกบ่อ จึงมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกุ้งขาว แวนนาไม



ภาพที่ 2 ค่าพีเอช ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

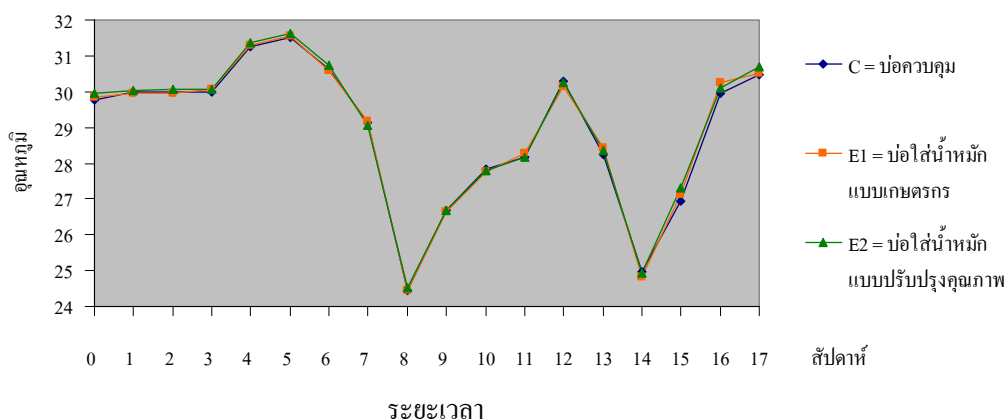
4.2 อุณหภูมิ

จากการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำในบ่อทดลองที่ระดับความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 6.00 น. และ 17.00 น. ตลอด 17 สัปดาห์ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 24.43–31.62 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ย 28.02 องศาเซลเซียส โดยบ่อควบคุม (C) มีอุณหภูมิของน้ำ อยู่ระหว่าง 24.43–31.53 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 27.98 องศาเซลเซียส บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบ

เกษตรกร (E1) มีค่าอยู่ระหว่าง 24.43–31.57 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย 28.00 องศาเซลเซียส บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่าอยู่ระหว่าง 24.53–31.62 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย 28.08 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าอุณหภูมิของน้ำในแต่ช่วงสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่า อุณหภูมิในชุดทดลองทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ 2)

อุณหภูมิของน้ำในบ่อทดลองทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์ เนื่องจากสภาพอากาศในเขตภาคกลางบริเวณชายฝั่งทะเลได้รับอิทธิพลความกดอากาศต่ำจากประเทศจีนระหว่างเดือน พฤศจิกายน ถึงเดือน กุมภาพันธ์ ของทุกปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับงานทดลองครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัปดาห์ที่ 8 9 10 และ 14 อุณหภูมิของน้ำต่ำมากจนอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว แวนนาไม โดยบ่อควบคุม (C) มีอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 24.34 26.69 27.83 และ 24.95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีอุณหภูมิเฉลี่ย คือ 24.43 26.65 27.74 และ 24.81 องศาเซลเซียส ตามลำดับ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีอุณหภูมิเฉลี่ย คือ 24.53 26.69 27.81 และ 24.93 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 2) โดยในสัปดาห์ที่ 8 และ 14 อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยต่ำที่สุดไม่ถึง 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3) ซึ่งตามรายงานของกัญญา (2545) กล่าวว่า อุณหภูมิของน้ำในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม ถ้ามีค่าต่ำกว่า 26 องศาเซลเซียส กุ้งจะกินอาหารลดลงและมีอัตราการตายต่ำ อุณหภูมิของน้ำในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงประมาณ 28–33 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิสูงสุดของน้ำในบ่อทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว แวนนาไม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมประมง (2530) ที่ว่าอุณหภูมิของน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลคือ อยู่ในช่วงประมาณ 28–33 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ในเขตภาคกลางบริเวณชายฝั่งทะเลช่วงฤดูหนาว

องศาเซลเซียส



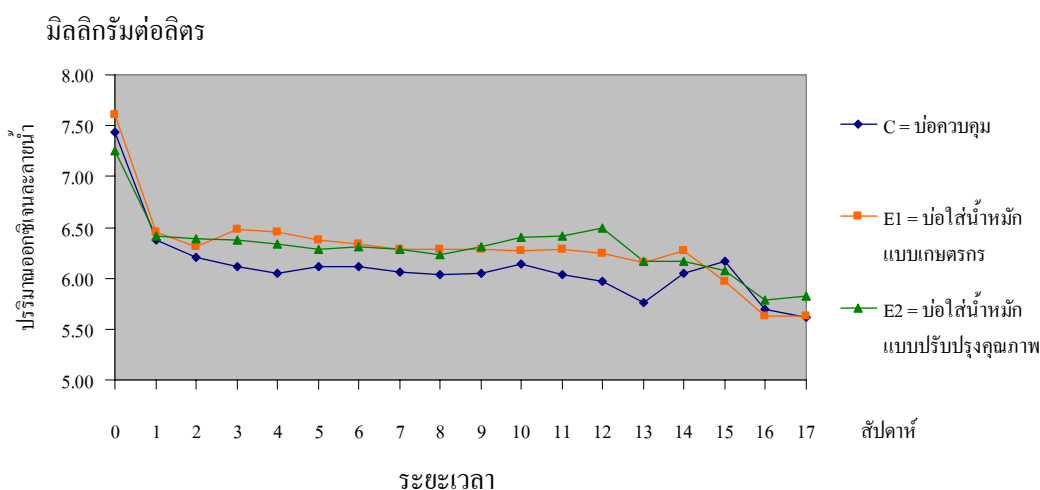
ภาพที่ 3 อุณหภูมิของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

4.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อทดลองตลอด 17 สัปดาห์ ทุกวัน ๆ ละ 2 ครั้ง พบว่า บ่อควบคุม (C) เป็นบ่อที่มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทั้งต่ำสุดและสูงสุด โดยมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 5.61–7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 6.11 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรม (E1) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 5.63–7.61 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 6.30 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 5.78–7.25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 6.31 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ 3)

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเลี้ยงกุ้ง 1 วัน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อควบคุม (C) บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรม (E1) และบ่อใส่น้ำหมักหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่าสูงสุดคือ 7.44 7.61 และ 7.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะเริ่มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 โดยทุกบ่อทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์สุดท้าย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำคือ 5.61 5.63 และ 5.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3) สาเหตุเนื่องมาจากการใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ การแพร่กลับสู่บรรยากาศในช่วงที่มีออกซิเจนในปริมาณสูงเกินจุดอิ่มตัว แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง คือ การย่อยสลายของสารอินทรีย์

โดยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สารอินทรีย์เหล่านี้ มาจากเศษอาหารตกค้างมากเกินไป ซากแมลงก้นดองพืช และสัตว์ รวมทั้งสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ (ยนต์, 2530 ก.; ยนต์ และคณะ, 2531) นอกจากนี้การเติมอากาศ ในน้ำตลอดเวลาทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทั้งหมดมีค่าสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณ ออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งคือ มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตรจนถึงจุดอิ่มตัว (ยนต์, 2530ข.) และทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อทดลองมากเพียงพอต่อจุลินทรีย์ย่อย สลายสารอินทรีย์ที่เกิดจากเศษอาหารและของเสียจากการขับถ่ายของกุ้ง โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่อยู่ใน น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ที่มีปริมาณเชื้อมากกว่าซึ่งส่งผลดีต่อคุณภาพน้ำ (Ehrlich และคณะ, 1986) และจากการมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากจะไม่ทำให้เกิดก๊าซพิษในน้ำ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแอมโมเนีย



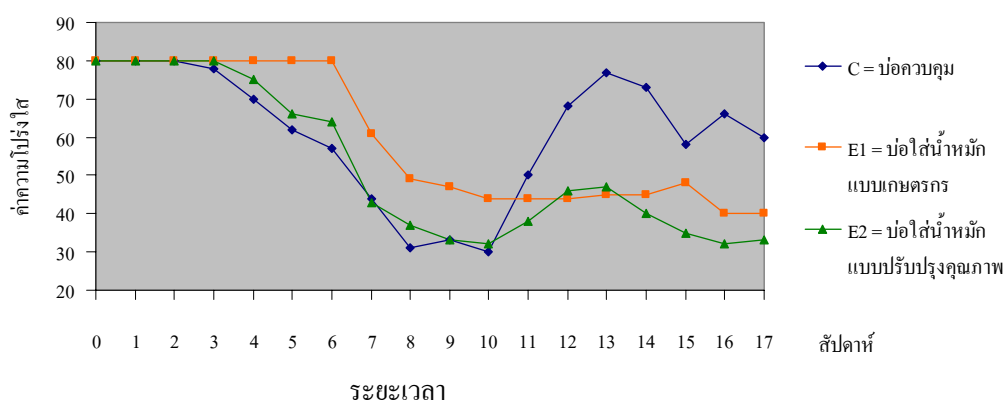
ภาพที่ 4 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

4.4 ความโปร่งใส

การศึกษาค่าความโปร่งใสของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม ตลอด 17 สัปดาห์ ๑ ละ 1 ครั้ง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 30–80 เซนติเมตร โดยบ่อควบคุม (C) มีค่าความโปร่งใสอยู่ระหว่าง 30–80 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ย 60.9 เซนติเมตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีค่าความโปร่งใส อยู่ระหว่าง 40–80 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ย 60.4 เซนติเมตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่าความโปร่งใสอยู่ระหว่าง 32–80 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ย 52.2 เซนติเมตร จากผลการวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติแต่ละสัปดาห์ ค่าความโปร่งใสส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ 4)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 13 14 และ 16 บ่อควบคุม (C) มีค่าความโปร่งใสมากกว่าบ่อที่ใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชตาย (ภาพที่ 5) กรมประมง (2530) ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) และภิญโญ (2545) รายงานสอดคล้องกันว่า ค่าความโปร่งใสของแหล่งน้ำที่มีความเหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของกุ้ง อยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร ค่าความโปร่งใสของน้ำในบ่อทดลองมีความสอดคล้องกับปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากเศษอาหารและของเสียจากการขับถ่ายของกุ้งรวมทั้งปริมาณแพลงก์ตอนพืช การที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชพอเหมาะในบ่อทดลองจะช่วยให้ค่าความโปร่งใสของน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งรวมทั้งการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชจะให้ออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง (Boyd, 1987) บ่อที่ใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) และแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชพอเหมาะตลอดการทดลองทำให้ค่าความโปร่งใสของน้ำในบ่อทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากในน้ำหมักชีวภาพมีธาตุอาหารพืชหลักสำหรับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ขณะเดียวกันในบ่อทดลองก็มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ค่อนข้างสูง ระหว่าง 5.61-7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนที่อยู่ในน้ำหมักชีวภาพทั้งสองชนิด จะช่วยให้ค่าความโปร่งใสของน้ำในบ่อทดลองมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียกลุ่มนี้ ซึ่งช่วยให้น้ำในบ่อกุ้งตลอดการทดลองไม่ขุ่นมากจนเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ จากการศึกษาพบว่า ค่าความโปร่งใสของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ที่ใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) และแบบเกษตรกร (E1) เริ่มมีความเหมาะสมตั้งแต่สัปดาห์ที่ 7 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ส่วนบ่อควบคุม (C) ที่ไม่มีการใส่น้ำหมักชีวภาพ ค่าความโปร่งใสของน้ำไม่สม่ำเสมอ โดยมีค่าสูงกว่าเกณฑ์เหมาะสมทั้งหมด 11 สัปดาห์คือ ในสัปดาห์ที่ 0 1 2 3 4 และ 5 เนื่องจากมีสารอินทรีย์และปริมาณแพลงก์ตอนพืชน้อย และสัปดาห์ที่ 12 13 14 16 และ 17 เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชตายซึ่งอาจเกิดจากการไม่มีธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

เซนติเมตร



ภาพที่ 5 ค่าความโปร่งใส ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

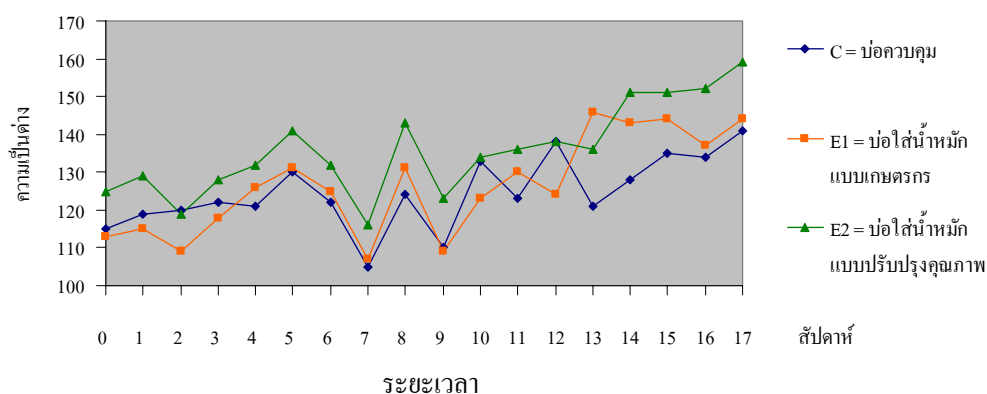
4.5 ค่าความเป็นด่าง

ผลการตรวจวัดค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เริ่มต้น จนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่าค่าความเป็นด่างต่ำสุดประมาณ 105 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุม (C) และมียค่าสูงสุดประมาณ 159 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อใส่น้ำหมักหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) โดยบ่อควบคุม (C) มีค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 105–138 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 121 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรม (E1) มีค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 107–146 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 121 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 116–159 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 131 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าความเป็นด่างในแต่ละสัปดาห์พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 2 3 6 7 8 9 และ 13 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ 5)

ผลการทดลองพบว่า น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองมีค่าความเป็นด่างสูงขึ้นในช่วง สัปดาห์ที่ 14 15 16 และ 17 ซึ่งเป็นสัปดาห์ท้าย ๆ ก่อนเก็บผลผลิต โดยบ่อควบคุม (C) มีค่าความเป็นด่างต่ำสุด บ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกรรม (E1) มีค่าสูงกว่า และบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่าสูงสุด (ภาพที่ 6) เนื่องจากปริมาณไอออนของคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตในน้ำ การที่มีค่าความเป็นด่างในน้ำสูงทำให้ค่า pH ในบ่อทดลองเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Boyd (1987) รายงานว่าค่าความเป็นด่างมีความสัมพันธ์กับค่าความเปลี่ยนแปลงของพีเอช

ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของกุ้งทะเล ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 80-200 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต และในบ่อเลี้ยงกุ้งควรรักษาค่าพีเอชของน้ำให้คงที่ โดยยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 0.5 ในรอบวัน ซึ่งตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองทั้ง 3 กรรมวิธี ค่าเฉลี่ยพีเอชเปลี่ยนแปลงในรอบวันประมาณ 0.2-0.4 ซึ่งแสดงว่ากรดที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม มีผลทำให้น้ำเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

มิลลิกรัมต่อลิตร CaCO_3

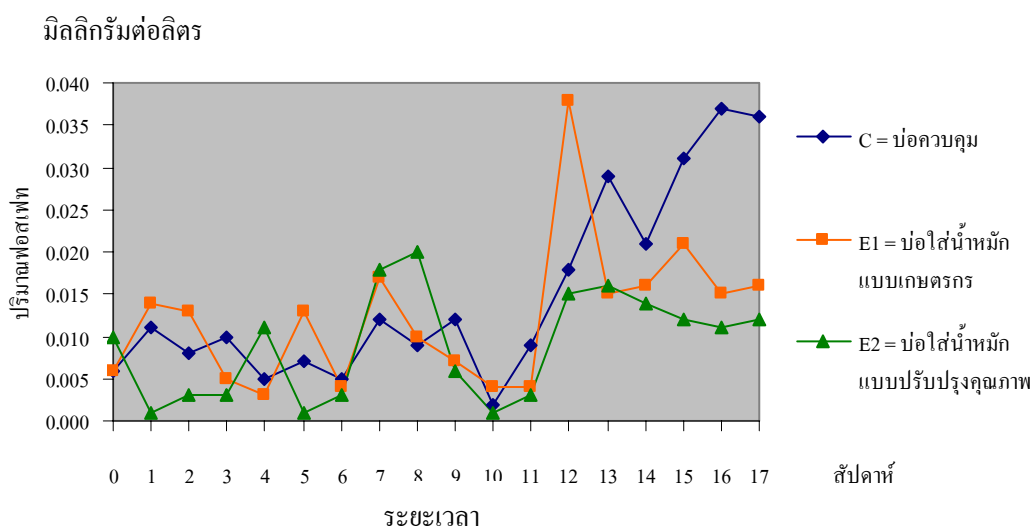


ภาพที่ 6 ค่าความเป็นด่าง ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

4.6 ปริมาณฟอสเฟต

ปริมาณฟอสเฟตที่พบในบ่อทดลองตลอดระยะเวลา 17 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดประมาณ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) และมีค่าสูงสุด 0.038 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกร (E1) ปริมาณฟอสเฟตในบ่อควบคุม (C) อยู่ระหว่าง 0.002–0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณฟอสเฟต อยู่ระหว่าง 0.003–0.038 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณฟอสเฟต อยู่ระหว่าง 0.001–0.020 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณฟอสเฟตในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่ามีถึง 11 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ 6)

ผลการศึกษาปริมาณฟอสเฟตในบ่อดคลองทั้ง 3 กรรมวิธี พบปริมาณฟอสเฟตค่อนข้างน้อย มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.009-0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 (ภาพที่ 7) ปริมาณฟอสเฟตที่ตรวจพบในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ค่อนข้างคงที่เป็นเพราะแพลงก์ตอนพืชดูดซับไว้ในรูปของธาตุอาหาร ส่วนบ่อบวม (C) มีปริมาณฟอสเฟตสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงสัปดาห์สุดท้ายเป็นเพราะมีแพลงก์ตอนพืชในบ่อน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าความโปร่งใสในบ่อบวม (C) ที่พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 13-17 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานและสูงกว่าบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ฟอสเฟตไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำและฟอสเฟตจะถูกแพลงก์ตอนพืชใช้เป็นธาตุอาหารในการเจริญเติบโต



ภาพที่ 7 ปริมาณฟอสเฟต ในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม

5. ผลการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรท

5.1 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด (TAN)

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดในบ่อดคลองตั้งแต่สัปดาห์แรก จนถึงสัปดาห์ที่ 17 สัปดาห์ละ 1 ครั้ง พบว่ามีค่าต่ำสุดประมาณ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) และมีค่าสูงสุด 0.098 มิลลิกรัมต่อลิตรในบ่อบวม (C) โดยบ่อบวม (C) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ระหว่าง 0.018–0.098 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.048 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณแอมโมเนีย

ไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ระหว่าง 0.010–0.092 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.030 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ระหว่าง 0.009–0.079 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.020 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่ามีถึง 13 สัปดาห์คือ ในสัปดาห์ที่ 2 4 5 6 8 9 11 12 13 14 15 16 และ 17 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดต่ำกว่าบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) บ่อควบคุม (C) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด โดยตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดของบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และบ่อควบคุม (C) ในขณะที่บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) ในสัปดาห์ที่ 4 8 13 14 และ 15 มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดสูงและใกล้เคียงกับบ่อควบคุม (C) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดไม่แน่นอน ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการเติมน้ำหมักชีวภาพ เช่น ในสัปดาห์ที่ 7 และ 10 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7)

แอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดที่ตรวจพบในบ่อควบคุม (C) เฉลี่ยตลอด 17 สัปดาห์ของการทดลองมีปริมาณ 0.048 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยตลอดการทดลองต่ำกว่าคือ 0.030 และ 0.020 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในบ่อทดลองทั้ง 3 กรรมวิธี มีปริมาณค่อนข้างต่ำ และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ส่วนหนึ่งอาจมีสาเหตุอุณหภูมิน้ำในบ่อทดลองลดต่ำลงเนื่องจากความแปรปรวนของอากาศในช่วงสัปดาห์ที่ 8 9 10 และ 14 ทำให้กุ้งกินอาหารและขับถ่ายของเสียน้อยลง

ตารางที่ 7 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																	ค่า	ค่า	เฉลี่ย	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด		ต่ำสุด
บ่อควบคุม (C)	0.034	0.035	0.045a ¹	0.018	0.023a	0.019a	0.021a	0.022	0.038a	0.045a	0.045	0.045a	0.027a	0.098a	0.098a	0.081a	0.086a	0.089a	0.098	0.018	0.048a
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.032	0.010	0.018b	0.020	0.019ab	0.013b	0.016b	0.026	0.030ab	0.025b	0.046	0.025b	0.013b	0.057ab	0.076ab	0.049ab	0.023b	0.034b	0.076	0.010	0.030b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.040	0.020	0.017b	0.009	0.014b	0.014b	0.012c	0.020	0.022b	0.017b	0.041	0.025b	0.016b	0.013b	0.022b	0.027b	0.018b	0.013b	0.041	0.009	0.020c
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	ns	*	ns	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*	*				*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

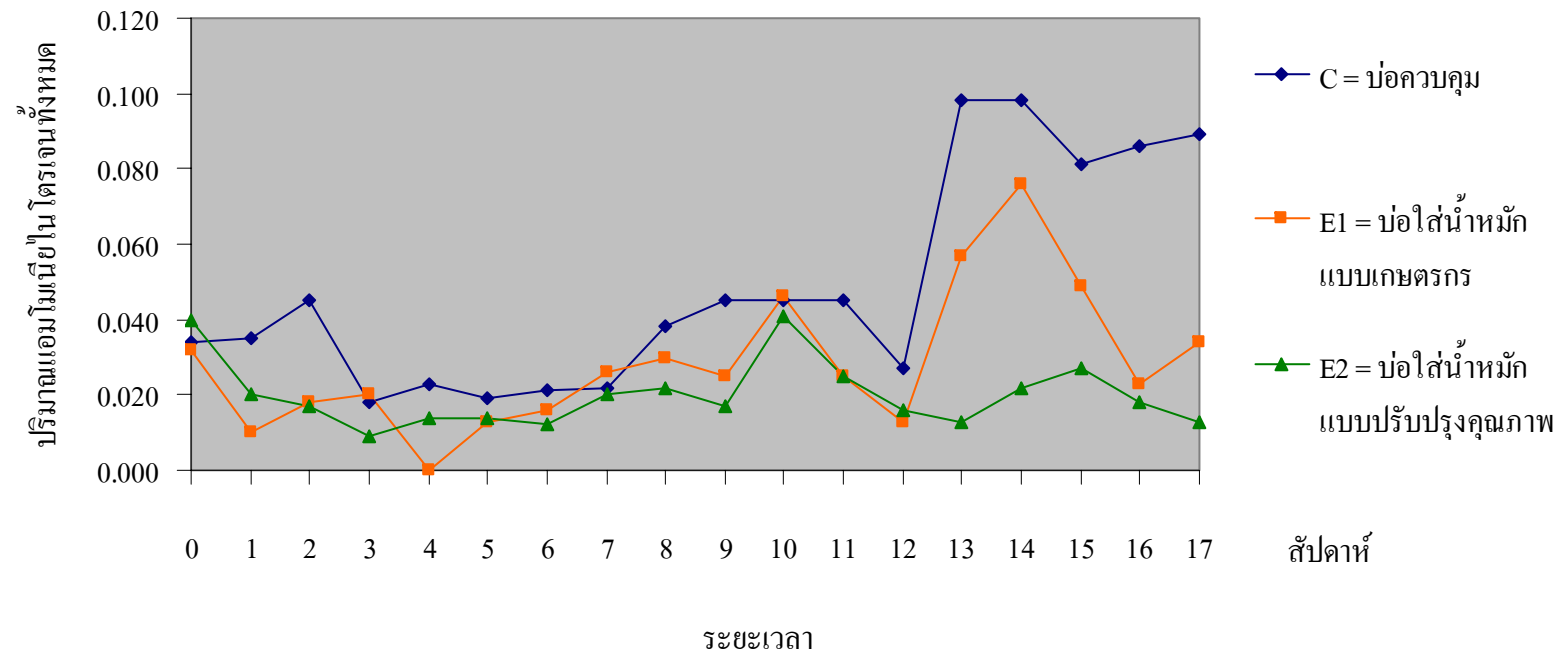
* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

นอกจากนี้การมีออกซิเจนละลายน้ำเพียงพออาจทำให้ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนเหลือสะสมในน้ำน้อย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในสัปดาห์อื่น ๆ ก็จะมีอาหารเพิ่มขึ้นและขับถ่ายของเสียออกมามาก ประกอบกับมีของเสียสะสมที่พื้นบ่อสาเหตุจากไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งทำให้มีแพลงก์ตอนพืชตายพร้อมกันจำนวนมากจึงเกิดการทับถมซากแพลงก์ตอนที่ก้นบ่อทำให้ในช่วงสัปดาห์ที่ 13 และต่อเนื่องสัปดาห์ที่ 14 มีปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนทั้งหมดในบ่อควบคุม (C) และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) ค่อนข้างสูงจนเกือบเป็นอันตรายต่อกุ้ง (ภาพที่ 8) โดยเกณฑ์มาตรฐานในบ่อเลี้ยงกุ้งไม่ควรมีแอมโมเนียเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Liu, 1989) สอดคล้องกับ สมศักดิ์ (2528) รายงานว่าปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนที่มีในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำ จึงพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 13 และ 14 มีกุ้งตายบางส่วนในบ่อทดลองทั้งสองกรรมวิธี มั่นสิน และ ไพรพรรณ (2538) กล่าวว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงเกินไปจะทำให้กุ้งหือกบวมและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ทำให้กุ้งอ่อนแอและติดโรคได้ง่ายทำให้ผลผลิตเสียหาย แต่หลังจากเติมน้ำหมักชีวภาพลงในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนทั้งหมดในน้ำลดลงกว่าบ่อควบคุม (C) โดยการใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ตลอดการทดลองในบ่อเลี้ยงกุ้งพบว่า มีปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่าบ่อทดลองอื่น ๆ ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแต่ละบ่อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6 แสดงว่าน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ดีกว่าเนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า นอกจากนี้การที่มีธาตุอาหารหลักของพืชที่เหมาะสมในน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ทำให้มีแพลงก์ตอนพืชในบ่อทดลองซึ่งให้ออกซิเจนขณะสังเคราะห์แสง ช่วยให้จุลินทรีย์ของน้ำหมักชีวภาพซึ่งเป็นประเภทต้องการอากาศ มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เป็นที่น่าสังเกตว่าผลผลิตกุ้งที่ได้รับจากบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีมากกว่าบ่อทดลองแบบไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพหรือบ่อควบคุมและบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) สอดคล้องกับรายงานของ Ehrlich et al. (1989) ที่รายงานว่า การใช้แบคทีเรียในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเร่งปฏิกิริยาในไตรฟิเคชัน และเร่งการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ทำให้ช่วยลดการสะสมของตะกอนสารอินทรีย์ที่พื้นบ่อ ซึ่งองอาจ และคณะ (2536) กล่าวว่า การปรับปรุงคุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งโดยใช้แบคทีเรียชนิดน้ำจะให้ผลดีกว่าการใช้แบคทีเรียชนิดผง และช่วยเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อกุ้ง

มัลติกรัฟฟ์ต่อลิตร



ภาพที่ 8 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ในบ่อดลองกุ้งขาว แวนนาไม

5.2 ปริมาณไนไตรท์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ ในบ่อทดลองทั้งหมดตลอดระยะเวลา 17 สัปดาห์ ๑ ละครั้ง พบว่าค่าต่ำสุดที่ตรวจพบประมาณ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบ ปรับปรุงคุณภาพ (E2) และมีค่าสูงสุด 0.049 มิลลิกรัมต่อลิตรที่บ่อควบคุม (C) โดยบ่อควบคุม (C) ตรวจพบปริมาณไนไตรท์ระหว่าง 0.003–0.049 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.020 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณไนไตรท์ อยู่ระหว่าง 0.001–0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณไนไตรท์ อยู่ระหว่าง 0.001–0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ข้อมูล ทางสถิติของปริมาณไนไตรท์ในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่าส่วนใหญ่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % คือสัปดาห์ที่ 4 5 8 10 11 12 13 14 และ 15 และพบว่าค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดของปริมาณไนไตรท์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ในบ่อทดลองทั้ง 3 กรรมวิธี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 8)

Liu (1989) รายงานว่าไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งไม่ควรมีไนไตรท์เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และยงค์ (2530) รายงานว่าไนไตรท์ทำให้อุ้งกุ้งมีเลือดประกอบด้วยฮีโมไซยานิน มีทองแดงเป็น องค์ประกอบอาจเกิดปฏิกิริยาสภาวะการขาดออกซิเจนจนเป็นสาเหตุให้อุ้งกุ้งตาย จากการศึกษาพบว่า ปริมาณไนไตรท์รวมเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดีตามปริมาณไนไตรท์ทุกบ่ออยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยในบ่อควบคุม (C) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 7 และลดลงในสัปดาห์ที่ 14 เนื่องจากอุณหภูมิต่ำเฉลี่ย 24.95 องศาเซลเซียส ทำให้ กุ้งกินอาหารลดลงและเกิดของเสียจากสิ่งขับถ่ายลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 15 16 และ 17 กุ้งกินอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียที่พบในบ่อ ทดลอง ส่วนบ่อที่ใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณ ไนไตรท์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่เพิ่มเพียงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 15 16 และ 17 (ดังภาพที่ 9) ซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่เกิดขึ้นในบ่อทดลองทั้ง 3 กรรมวิธี มีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าความเป็นพิษ 24-h LC₅₀ ของไนไตรท์ที่มีผลต่อลูกกุ้งทะเลในระยะต่าง ๆ มีค่าตั้งแต่ 5.0-61.87 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการที่ไนไตรท์มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็วทำให้มีปริมาณ สะสมในน้ำค่อนข้างน้อย จึงไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ehrlich et al. (1989)

ตารางที่ 8 ปริมาณไนโตรเจนในป๋อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

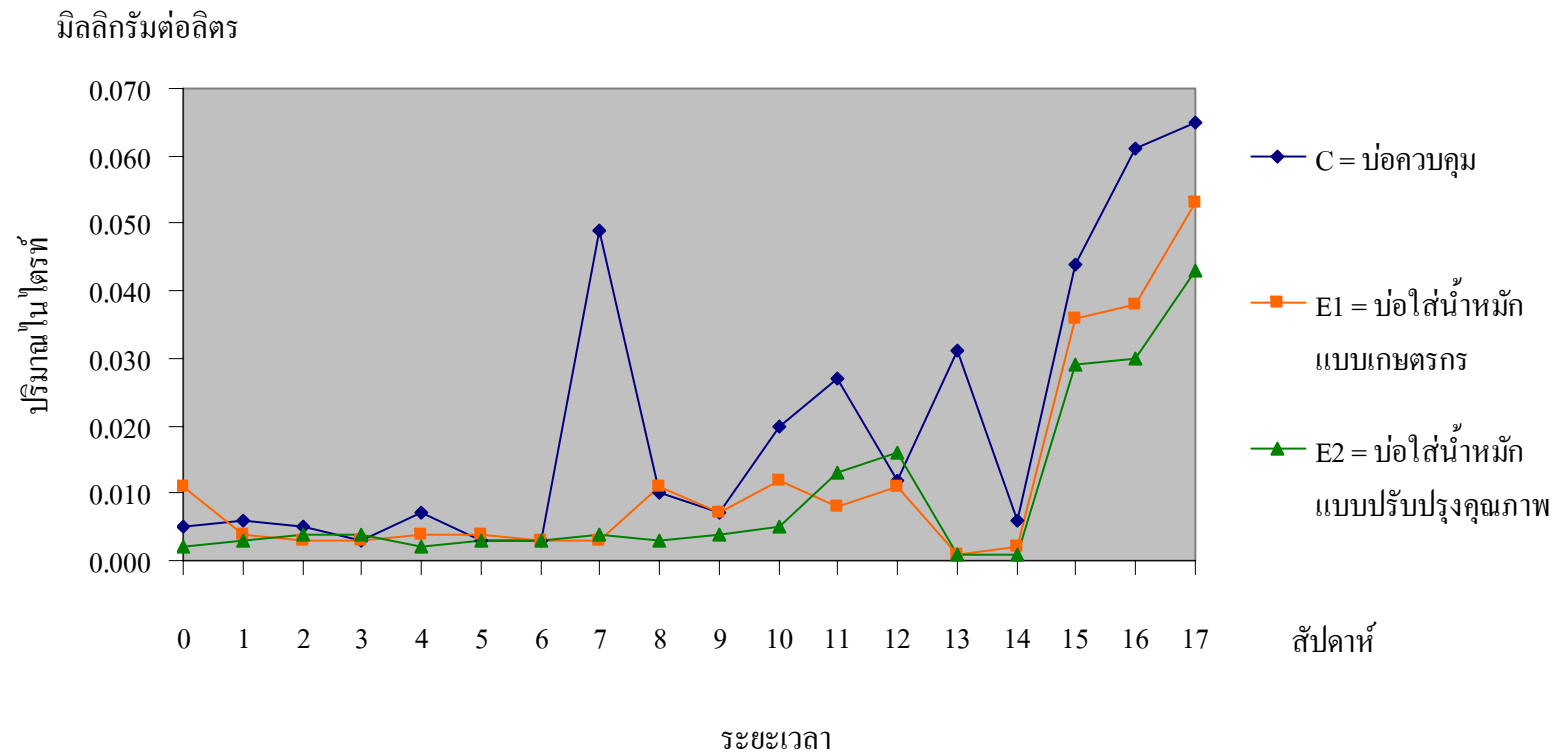
กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																	ค่า	ค่า	เฉลี่ย	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด		ต่ำสุด
บ่อควบคุม (C)	0.005	0.006	0.005	0.003	0.007a ¹	0.003b	0.003	0.049a	0.010a	0.007	0.020a	0.027a	0.012b	0.031a	0.006a	0.044a	0.061	0.065	0.065	0.003	0.020a
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.011	0.004	0.003	0.003	0.004b	0.004a	0.003	0.003b	0.011a	0.007	0.012b	0.008c	0.011b	0.001b	0.002ab	0.036b	0.038	0.053	0.053	0.001	0.012b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.002	0.003	0.004	0.004	0.002b	0.003b	0.003	0.004b	0.003b	0.004	0.005c	0.013b	0.016a	0.001b	0.001b	0.029c	0.030	0.043	0.043	0.001	0.009c
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	ns	ns			*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test



ภาพที่ 9 ปริมาณไนเตรท ในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม

5.3 ปริมาณไนเตรท

ปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบในบ่อกดลองตลอดระยะเวลา 17 สัปดาห์ ๆ ละครั้ง พบค่าต่ำสุดประมาณ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรในบ่อควบคุม (C) และบ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกร ปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบมีค่าสูงสุดประมาณ 0.183 มิลลิกรัมต่อลิตรในบ่อควบคุม (C) ตลอดการทดลอง มีปริมาณไนเตรท ในบ่อควบคุม (C) ระหว่าง 0.001–0.183 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.047 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณไนเตรท อยู่ระหว่าง 0.001–0.103 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณไนเตรท อยู่ระหว่าง 0.006–0.102 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 0.023 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณไนเตรทในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 17 พบว่าส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 1, 2, 7, 9, 11, และ 13 บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพทั้งแบบเกษตรกร (E1) และแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีความแตกต่างกับบ่อควบคุม (C) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9)

จากการศึกษาปริมาณไนเตรทในบ่อควบคุม (C) มีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.047 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.023 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรทที่เกิดขึ้นในบ่อกดลองทั้ง 3 กรรมวิธี มีปริมาณค่อนข้างต่ำซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนไตรท์ไนเตรทไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอย่างพอเพียง แพลงก์ตอนพืชจะดูดซับไนเตรทเพื่อใช้เป็นธาตุอาหารในการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงพบปริมาณไนเตรทในบ่อควบคุม (C) สูงกว่าบ่อกดลองอื่นเพราะมีแพลงก์ตอนพืชน้อย (ภาพที่ 10) อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรทในบ่อกดลองมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดให้มีปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) จากการสำรวจของ มณจันทร์ และคณะ (2542) พบว่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา มีปริมาณไนเตรทอยู่ระหว่าง 0.010–0.250 จะเห็นว่าปริมาณไนเตรทในบ่อกดลองมีค่าใกล้เคียงกับบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

ตารางที่ 9 ปริมาณไนเตรท ของน้ำในบ่อดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	0.002	0.030	0.049a ¹	0.034a	0.006b	0.005b	0.001b	0.045	0.183b	0.016	0.019a	0.166	0.068a	0.054	0.033a	0.060a	0.037a	0.035a	0.183	0.001	0.047a
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.001	0.006	0.007b	0.006b	0.018b	0.008b	0.001b	0.008	0.015a	0.019	0.003b	0.103	0.036b	0.014	0.022b	0.024b	0.016b	0.015b	0.103	0.001	0.018c
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.006	0.010	0.011b	0.009b	0.102a	0.025a	0.016a	0.037	0.01a	0.020	0.008b	0.084	0.015b	0.011	0.017b	0.012c	0.007c	0.008b	0.102	0.006	0.023b
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	ns	*	*	*	*	*	ns	*	ns	*	ns	*	ns	*	*	*	*			*

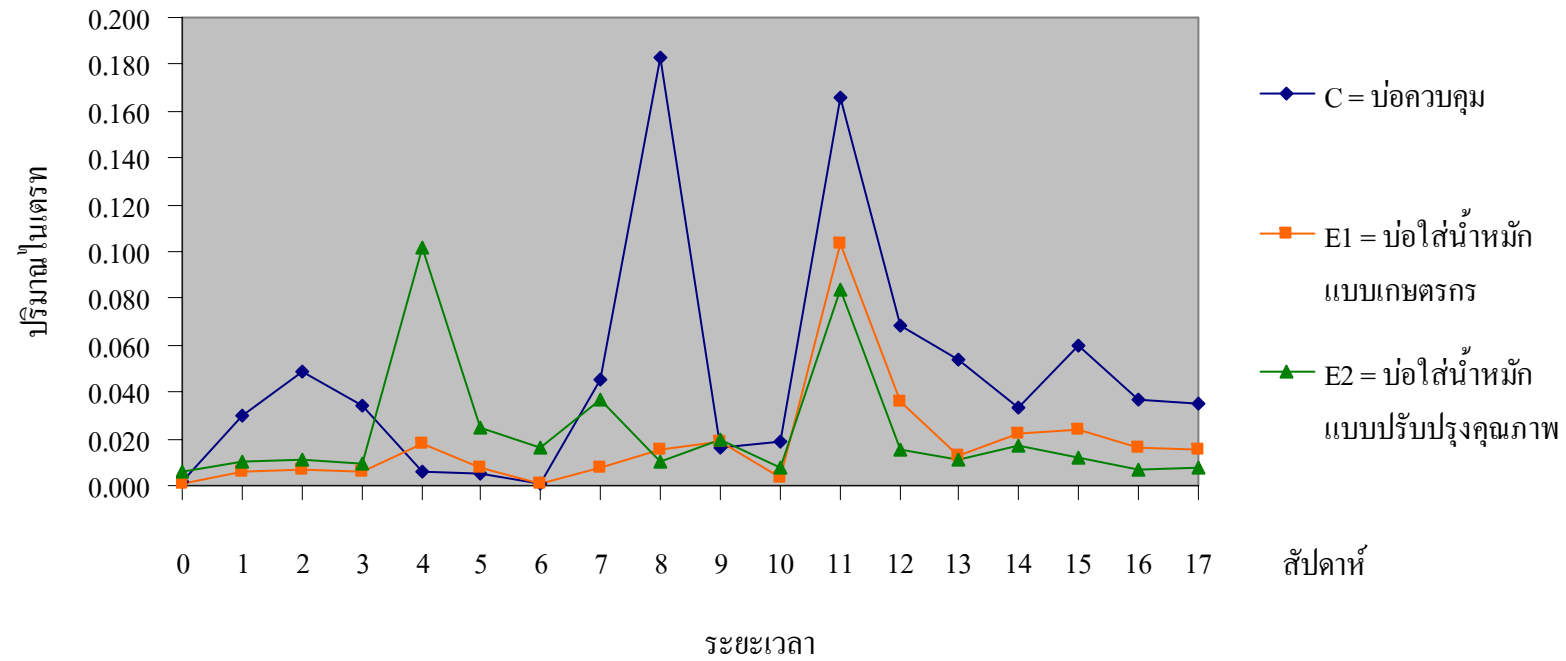
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 10 ปริมาณไนเตรท ในบ่อดลองกุ้งขาว แวนนาไม

6. ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

6.1 อัตราการรอดตายของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

ผลจากการใช้น้ำหมักชีวภาพสองชนิดควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ขนาดความจุ 15 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยู่น้ำ 15 อัตราความหนาแน่น 70 ตัวต่อตารางเมตร (1,050 ตัวต่อบ่อ) ใช้ระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 17 สัปดาห์ พบว่ากุ้งมีอัตราการรอดตายระหว่าง 52.9-85.2 % ค่าเฉลี่ย 77.19 % โดยในบ่อควบคุม (C) มีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 52.9-79.3 % ค่าเฉลี่ย 67.77 % ในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 76.1-85.2 % ค่าเฉลี่ย 80.50 % บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 82.5-84.4 % มีค่าเฉลี่ย 83.30 % (ตารางผนวกที่ 7) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าอัตราการรอดตายในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 อัตราการรอดตายของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

กรรมวิธี	อัตราการรอดตาย (%)
บ่อควบคุม (C)	67.77 ^{b1}
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1)	80.50 ^a
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2)	83.30 ^a

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนองแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัตราการรอดตายของกุ้งในบ่อควบคุม (C) มีค่าต่ำกว่าปกติ โดยมีอัตราการรอดตายเกือบครึ่งหนึ่งของกุ้งที่ปล่อยลงไป สำหรับบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีอัตราการรอดตายใกล้เคียงกันคือประมาณ 80 % ซึ่งไม่แตกต่างกับงานทดลองของ ภิญโญ (2545) รายงานว่า กุ้งขาว แวนนาไม สามารถเลี้ยงหนาแน่นได้สูง ประมาณ 156 ตัวต่อตารางเมตร อัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 80-90 % อัตราการรอดตายของกุ้งในบ่อทดลองมีความแตกต่างกันอาจมีสาเหตุมาจาก

การเลี้ยงกุ้งในบ่อดกตองไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและการทำความสะอาดกันบ่อ ดังนั้นจึงมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากเศษอาหารและมูลกุ้ง แต่เมื่อเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะเกิดแก๊สแอมโมเนีย โดยเฉพาะสัปดาห์ท้าย ๆ ของการทดลองในบ่อดกตอง (C) และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีปริมาณแอมโมเนียสูง แต่บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าตลอดการทดลอง จึงทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายสูงกว่า

6.2 น้ำหนักเพิ่มต่อวันของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดกตอง

การทดลองเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไมใช้ระยะเวลา 17 สัปดาห์หรือประมาณ 120 วัน เลี้ยงในบ่อดกตองขนาด 15 ลูกบาศก์เมตร ให้อาหารตลอดระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 19,550 กรัม มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.108-0.122 กรัมต่อตัวต่อวัน มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.114 กรัมต่อตัวต่อวัน กุ้งในบ่อดกตอง (C) มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 0.116 กรัมต่อตัวต่อวัน กุ้งในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 0.109 กรัมต่อตัวต่อวัน และกุ้งในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 0.118 กรัมต่อตัวต่อวัน (ตารางผนวกที่ 8) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าอัตราน้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน ในแต่ละชุดทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 น้ำหนักเพิ่มต่อวันของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อดกตอง

กรรมวิธี	น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน (กรัม)
บ่อดกตอง (C)	0.116a ¹
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1)	0.109a
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2)	0.118a

¹ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ผลการศึกษาน้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวันของกุ้งในบ่อควบคุม (C) อยู่ระหว่าง 0.108-0.122 กรัมต่อตัวต่อวัน บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) อยู่ระหว่าง 0.109-0.111 กรัมต่อตัวต่อวัน และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) อยู่ระหว่าง 0.116-0.121 กรัมต่อตัวต่อวัน (ตารางผนวกที่ 8) การมีอัตราน้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยใกล้เคียงกันแสดงว่ากุ้งที่เลี้ยงทุกบ่อมีขนาดตัวใกล้เคียงกัน ซึ่งส่งผลดีกับผลผลิต

6.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกุ้งในบ่อทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.55-2.41 ค่าเฉลี่ยทั้งหมดประมาณ 1.79 โดยบ่อควบคุม (C) มีค่า FCR อยู่ระหว่าง 1.81-2.41 ค่าเฉลี่ย 2.02 บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีค่า FCR อยู่ระหว่าง 1.67-1.85 ค่าเฉลี่ย 1.77 บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีค่า FCR อยู่ระหว่าง 1.55-1.62 ค่าเฉลี่ย 1.58 (ตารางผนวกที่ 9)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 12) ภิญญ (2545) รายงานว่า ในบ่อเลี้ยงกุ้งถ้าคุณภาพน้ำและอุณหภูมิเหมาะสมจะทำให้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว แวนนาไม อยู่ที่ 1.05 การที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในบ่อทดลองมีค่าต่ำอาจมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิลดต่ำลงในสัปดาห์ที่ 8 9 14 และ 15 ที่มีอุณหภูมิในรอบวันอยู่ระหว่าง 22-28 องศาเซลเซียส และเฉลี่ยต่ำกว่า 26 องศาเซลเซียส ทำให้กุ้งกินอาหารลดลง นอกจากนี้การมีปริมาณแอมโมเนียในบ่อทดลองค่อนข้างสูงในช่วงสัปดาห์ที่ 13 และ 14 จนทำให้กุ้งเครียดและการเจริญเติบโตลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ โชติ (2533) พบว่าถ้าปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตรจะทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งทะเลลดลง 50% สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ การเลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองแบบหนาแน่นและไม่มีการถ่ายน้ำ อาจทำให้กุ้งมีความเครียดมากกว่าการเลี้ยงที่มีการถ่ายน้ำบ่อยครั้ง ความเครียดของกุ้งทำให้กุ้งกินอาหารได้น้อยลง

ตารางที่ 12 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

กรรมวิธี	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
บ่อควบคุม (C)	2.02a ¹
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1)	1.77ab
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2)	1.58b

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

6.4 ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไมของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้ น้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม โดยใช้เวลาทดสอบ 17 สัปดาห์ พบว่ากุ้งในบ่อทดลองขนาด 15 ลูกบาศก์เมตร ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 9,833.3-12,466.6 กรัมต่อบ่อหรือประมาณ 1,259.0-1,595.7 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าเฉลี่ย 9,788.8 กรัมต่อบ่อ หรือประมาณ 1,252.9 กิโลกรัมต่อไร่ บ่อควบคุม(C) ให้ผลผลิตต่ำสุด ให้ผลผลิตเฉลี่ย 9,833.3 กรัมต่อบ่อ หรือประมาณ 1,259.0 กิโลกรัมต่อไร่ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 11,066.6 กรัมต่อบ่อ หรือประมาณ 1,416.5 กิโลกรัมต่อไร่ และบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) ให้ผลผลิตสูงที่สุด 12,466.6 กรัมต่อบ่อ หรือประมาณ 1,595.7 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 10)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 12) น้ำหนักของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.97-14.61 กรัมต่อตัวหรือประมาณ 77-68 ตัวต่อกิโลกรัม โดยในบ่อควบคุม (C) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.98-14.61 กรัมต่อตัว หรือประมาณ 77-68 ตัวต่อกิโลกรัม (เฉลี่ย 71.6 ตัวต่อกิโลกรัม) ในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.97-13.27 กรัมต่อตัว หรือประมาณ 77-75 ตัวต่อกิโลกรัม (เฉลี่ย 76.3 ตัวต่อกิโลกรัม) ในบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 13.98-14.56 กรัมต่อตัว หรือประมาณ 72-69 ตัวต่อกิโลกรัม (เฉลี่ย 70.3 ตัวต่อกิโลกรัม) (ตารางผนวกที่ 11)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของขนาดความโตของตัวกุ้งขาว แวนนาไมในบ่อทดลองพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

กรรมวิธี	ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม	
	(กิโลกรัม/ไร่)	(จำนวนตัว/1 กิโลกรัม)
บ่อควบคุม (C)	1,259.0b ¹	71.6ab ¹
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร (E1)	1,416.5ab	76.3a
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2)	1,595.7a	70.3b

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม จากบ่อทดลองไม่แตกต่างจากผลผลิตกุ้งจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกรในจังหวัดฉะเชิงเทรา แต่จากการรายงานของภิญโญ (2545) พบว่ากุ้งขาว แวนนาไมสามารถเลี้ยงหนาแน่นได้ถึง 156 ตัวต่อตารางเมตร และให้ผลผลิตสูงสุดถึง 3,500 กิโลกรัมต่อไร่ที่น้ำหนักร้อยละ 70 ตัวต่อกิโลกรัม ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 90-100 วัน ภายใต้อุณหภูมิต้องมีการบำบัดน้ำที่ดี การที่กุ้งในบ่อทดลองให้ผลผลิตต่ำกว่าเนื่องจากการปล่อยลูกกุ้ง เพียง 70 ตัวต่อตารางเมตร และการที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อทดลองในระหว่างเลี้ยง ทำให้มีปริมาณสะสมของสารอินทรีย์มากจนทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงในช่วงสัปดาห์ท้าย ๆ ของการเลี้ยงกุ้งโดยเฉพาะในบ่อควบคุม (C) ทำให้กุ้งเจริญเติบโตช้า Liu (1989) รายงานว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งไม่ควรมีแอมโมเนียสะสมในน้ำเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรและไนไตรท์ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะทำให้กุ้งมีขนาดความโตลดลง 50 % แต่ในสภาพบ่อทดลองที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงเกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร การใส่เชื้อจุลินทรีย์น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ (E2) จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นแอมโมเนียไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตพบว่า บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพให้ผลผลิตสูงสุดประมาณ 1,595.7 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ขนาด 14.22 กรัมต่อตัวหรือ 70.3 ตัวต่อกิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 105 บาท คิดเป็นมูลค่าประมาณ 167,548 บาทต่อไร่ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร ให้ผลผลิตรองลงมา

ประมาณ 1,416.5 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาด 13.11 กรัมต่อตัวหรือ 76.3 ตัวต่อกิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 100 บาท คิดเป็นมูลค่าประมาณ 141,650 บาทต่อไร่ ส่วนบ่อควบคุมให้ผลผลิตต่ำสุดประมาณ 1,259 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาด 13.97 กรัมต่อตัวหรือ 71.6 ตัวต่อกิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 105 บาท คิดเป็นมูลค่าประมาณ 132,195 บาทต่อไร่ (ราคาซื้อขายกุ้งสดตลาดกลางมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร)

7. การยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม ของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 66.7 ให้การยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.0 ให้การยอมรับในระดับมาก และร้อยละ 13.3 ให้การยอมรับในระดับน้อย (ตารางที่ 14 และ ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 ระดับความเห็นด้านการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลด ปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม

กิจกรรม	ระดับความเห็น /ความเหมาะสม (ร้อยละ)				
	(n=30)				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. มีความเหมาะสมและสามารถทำได้จริงในพื้นที่	70.0	20.0	10.0	0.0	0.0
2. สามารถพัฒนาเป็นทักษะและความชำนาญ	16.7	73.3	10.0	0.0	0.0
3.สามารถจัดเป็นกลุ่มผลิตอย่างเป็นระบบ	6.7	20.0	16.7	43.3	13.3
4. มีการจัดการผลิตและแบ่งปันผลผลิต	6.7	20.0	13.3	10.0	50.0
5. มีการเชื่อมโยงและพัฒนาเครือข่ายกลุ่มกิจกรรม	0.0	6.7	30.0	43.3	20.0
6. ช่วยเพิ่มผลผลิตกุ้ง	3.3	20.0	16.7	56.7	3.3
7. ช่วยฟื้นฟูทรัพยากรที่เคยเสื่อมโทรม	33.3	60.0	6.7	0.0	0.0
8. ช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงกุ้ง	3.3	20.0	36.7	40.0	0.0
9. ช่วยเพิ่มผลผลิตและเพิ่มรายได้ในการเลี้ยงกุ้ง	0.0	16.7	46.7	36.7	0.0
10. ได้รับการสนับสนุนและพัฒนาจากราชการ	0.0	6.7	66.7	23.3	3.3
11. ส่งเสริมผลิตอาหารปลอดภัยสารพิษ	76.7	13.3	10.0	0.0	0.0
12.มีคุณภาพชีวิตที่ดีและพอเพียง	3.3	20.0	73.3	0.0	3.3
14. ทำให้การเลี้ยงกุ้งยั่งยืน	0.0	23.3	13.3	43.3	20.0

เมื่อนำคะแนนระดับความเห็นเกี่ยวกับการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม มาจัดกลุ่มเป็น 5 ระดับ คือ ระดับน้อยที่สุด ระดับน้อย ระดับปานกลาง ระดับมาก และระดับมากที่สุด สามารถวัดระดับได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การจัดกลุ่มการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

(n=30)

คะแนน	ระดับการยอมรับ	ความถี่	ร้อยละ
14-25	น้อยที่สุด	0	0
26-37	น้อย	4	13.3
38-49	ปานกลาง	20	66.7
50-61	มาก	6	20.0
62-70	มากที่สุด	0	0

8. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับกับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม มีเพียงปัจจัยเดียวที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับของเกษตรกรคือ การที่เกษตรกรเคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักชีวภาพในบ่อเลี้ยงกุ้ง เมื่อแจกแจงความสัมพันธ์ของกลุ่มคะแนนความถี่ของการเคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักชีวภาพในบ่อเลี้ยงกุ้ง (ต่ำ ปานกลาง สูง) กับกลุ่มคะแนนการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม (ต่ำ ปานกลาง สูง) มีค่าไครสแคว์ เท่ากับ 16.029 และมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เท่ากับ 0.003 แสดงว่าการที่เกษตรกรเคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักชีวภาพในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม

ปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปัจจัยด้านเพศ อายุ การศึกษา กรรมสิทธิ์การถือครองที่ดิน ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ การเคยได้รับการส่งเสริมจากส่วนราชการ การเคยได้รับการส่งเสริมจากภาคเอกชน และระดับของเงินรายได้ ในครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการลด ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงขาว แวนนาไม โดยมีค่าไครสแคว์ เท่ากับ 2.329 1.378 1.187 6.239 0.625 2.010 4.925 9.033 และ 3.329 ตามลำดับ และมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 % เท่ากับ 0.321 0.848 0.880 0.182 0.732 0.734 0.295 0.060 และ 0.504 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ดังนั้นการส่งเสริมเกษตรกรกลุ่มที่เคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักชีวภาพ ให้ใช้น้ำหมักชีวภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงขาว แวนนาไม จะทำได้ง่าย และยินดีนำไปปฏิบัติมากกว่า

ตารางที่ 16 ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงขาว แวนนาไม

(n=30)

ปัจจัย	ค่าไครสแคว์	ค่านัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95 %	ผลวิเคราะห์
เพศ	2.329	0.312	ไม่มีความสัมพันธ์
อายุ	1.378	0.848	ไม่มีความสัมพันธ์
การศึกษา	1.187	0.880	ไม่มีความสัมพันธ์
กรรมสิทธิ์การถือครองที่ดิน	6.239	0.182	ไม่มีความสัมพันธ์
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ	0.625	0.732	ไม่มีความสัมพันธ์
การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ	2.010	0.734	ไม่มีความสัมพันธ์
เคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักชีวภาพในบ่อเลี้ยง	16.029	0.003 *	มีความสัมพันธ์
เคยได้รับการส่งเสริมจากส่วนราชการ	4.925	0.295	ไม่มีความสัมพันธ์
เคยได้รับการส่งเสริมจากภาคเอกชน	9.033	0.060	ไม่มีความสัมพันธ์
ระดับของเงินรายได้ในครัวเรือน	3.329	0.504	ไม่มีความสัมพันธ์

9. การใช้น้ำหมักชีวภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรที่ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม กับการใช้ที่ดินเลี้ยงกุ้งอย่างยั่งยืน

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลหลักให้ข้อมูลว่าในอดีตการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม แบบหนาแน่น มักพบปัญหาน้ำเสีย เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากเศษอาหารและของเสียจากกุ้งขับถ่ายสะสมที่พื้นบ่อ ทำให้คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมระหว่างเลี้ยงโดยเฉพาะการเกิดแอมโมเนียและไนโตรที่ ทำให้กุ้งตายก่อนกำหนด กุ้งโตช้า หรือกุ้งอ่อนแอและติดโรคร่างกาย แต่เกษตรกรพยายามแก้ปัญหาที่น้ำเสียในบ่อเลี้ยงด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่วางจำหน่ายในร้านขายอาหารกุ้งซึ่งมีราคาสูง แต่ไม่สามารถลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรที่ได้ลดการเลี้ยงกุ้งจึงใช้บ่อยและปริมาณมาก จนบางครั้งทำให้กุ้งปนเปื้อนสารตกค้าง หรือจับกุ้งขายก่อนกำหนด ทำให้เกษตรกรขาดทุน นอกจากนี้ น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงส่งผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง นักวิชาการทั้งจากภาครัฐและเอกชนพยายามหาวิธีกำจัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงด้วยเทคนิคและความรู้จากหลายสาขา เช่น ความรู้ทางด้านประมง เภสัชกรรม ชีววิทยา ปฐพีวิทยา และความรู้ด้านฟิสิกส์ โดยที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งยอมรับและนำไปปฏิบัติในบ่อเลี้ยงแต่ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก ดังจะเห็นได้จากเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาขาดทุน บางรายเลิกทำบ่อเลี้ยงปล่อยพื้นที่ว่างหรือประกอบอาชีพอื่นที่มีรายได้ต่ำกว่าแต่มีหนี้สิน และบางรายใช้วิธีเปลี่ยนพื้นที่เลี้ยงใหม่ด้วยการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิดระบบห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ และพื้นที่น้ำจืดซึ่งเป็นแหล่งพื้นที่เพาะปลูกที่สำคัญของประเทศ แสดงให้เห็นว่าการใช้ที่ดินเพื่อการเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรไม่ยั่งยืน

ผลการศึกษาลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรที่ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ด้วยน้ำหมักชีวภาพ 2 ชนิด คือ น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรมและน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ สามารถลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรที่ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม ได้โดยเฉพาะน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ดีกว่า เนื่องจากพบปริมาณแอมโมเนียในน้ำต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพ ต้นทุนผลิตน้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพประมาณ 1.39 บาทต่อลิตร ส่วนน้ำหมักแบบเกษตรกรรมประมาณ 1.11 บาทต่อลิตร จึงมีต้นทุนสูงกว่าเล็กน้อยประมาณ 0.28 บาทต่อลิตร อัตราการใช้น้ำหมักชีวภาพทั้ง 2 ชนิด เท่ากัน ประมาณ 40 ลิตรต่อไร่ทุก ๆ 7 วัน ดังนั้นถ้าใช้เวลาเลี้ยงกุ้ง 17 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมเนื่องจากกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตสูง มีอัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดี (ภิญโญ, 2545) จะใช้น้ำหมักชีวภาพรวม 18 ครั้ง จึงมีต้นทุนจากการใช้น้ำหมักประมาณ 1,000.08 บาทต่อไร่ มูลค่าผลผลิตกุ้งที่ได้รับจากการทดลองประมาณ 167,548 บาทต่อไร่ บ่อใส่น้ำหมักแบบเกษตรกรรมมีต้นทุนจาก

การใช้น้ำหมักประมาณ 799 บาทต่อไร่ มูลค่าผลผลิตกุ้งประมาณ 141,650 บาทต่อไร่ ส่วนบ่อควบคุมไม่มีต้นทุนจากการใช้น้ำหมักแต่มูลค่าผลผลิตน้อยที่สุด 132,195 บาทต่อไร่ เกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 66.7 ให้การยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม โดยเฉพาะเกษตรกรที่เคยมีประสบการณ์ใช้น้ำหมักในบ่อกุ้งมาก่อน เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพน้ำหมัก ต้นทุน มูลค่าผลผลิตกุ้งที่ได้รับและความคิดเห็นของเกษตรกรจึงมีความเป็นไปได้ที่จะส่งเสริมเกษตรกรให้ใช้น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม เป็นการเพิ่มทางเลือกและสร้างการยอมรับให้เกษตรกร นอกจากนี้ น้ำหมักชีวภาพยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการจัดการฟาร์มกุ้งที่กำหนดโดยกรมประมง พ.ศ. 2546 ว่าด้วยหลักปฏิบัติเลี้ยงกุ้งเพื่อการส่งออก (good aquaculture practice: GAP) เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตอาหารความปลอดภัยของอาหารจากสารตกค้างและการผลิตอาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของกลุ่มสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเป็นผู้บริโภคกุ้งรายใหญ่และมีอิทธิพลต่อประชาคมโลกเรื่องความปลอดภัยจากผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีหลักปฏิบัติดังนี้ 1) ห้ามใช้ยาปฏิชีวนะบางชนิดที่เป็นพิษตกค้าง เช่น กลุ่มไนโตรฟลูแรม กลุ่มเอ็นโรฟลอกซาซิน กลุ่มคลอแรมฟินิคอล ฯลฯ เป็นต้น และอนุญาตให้ใช้ยาปฏิชีวนะบางตัวแต่ต้องมีการเว้นระยะการใช้ เช่น กลุ่มออกซีเตตราไซคลิน กลุ่มซัลฟาไดอะซิล บางตัว ฯลฯ เป็นต้น 2) ภายในฟาร์มกุ้งต้องสะอาดและไม่เลี้ยงสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรค 3) กันบ่อกุ้งไม่มีส้วมขยะและต้องมีบ่อพักน้ำ 4) การซื้อขายกุ้งต้องได้รับอนุญาตจากกรมประมง และ 5) ต้องได้รับการตรวจฟาร์มจากเจ้าหน้าที่ของกรมประมง จะเห็นว่าน้ำหมักชีวภาพปรับปรุงคุณภาพเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรใช้แทนยาปฏิชีวนะ นอกจากนี้การผลิตน้ำหมักชีวภาพใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นการสร้างมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งและลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการกำจัดมลพิษขยะอีกทางหนึ่ง

การส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งแนวชีวภาพลดสารพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ช่วยให้การใช้น้ำของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งไม่ทำลายระบบนิเวศน์เพราะน้ำทิ้งจากนาุ้งที่มีปริมาณแอมโมเนียปนเปื้อนน้อยและไม่มีสารพิษ ยาปฏิชีวนะปนเปื้อนจะช่วยรักษาสมดุลในระบบห่วงโซ่อาหารในธรรมชาติโดยเฉพาะพื้นที่ป่าชายเลน สำหรับพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้นาุ้งจะได้รับผลกระทบน้อยลง เป็นการลดความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรที่มีอาชีพต่างกัน ลดความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรนาุ้งกับชุมชนที่ต้องใช้น้ำอุปโภคบริโภค การส่งเสริมให้เกษตรกรใช้น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ทำให้การเลี้ยงกุ้งเป็นอาชีพที่มั่นคงและยั่งยืน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนโตรเจนในบ่อทดลองเลี้ยงกุ้งขาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยบ่อควบคุม มีปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนที่สูงที่สุดเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.048 และ 0.020 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 0.098 0.065 และ 0.018 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร มีปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนเฉลี่ย 0.030 และ 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 0.076 0.053 และ 0.010 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และบ่อใส่น้ำหมักแบบปรับปรุงคุณภาพ มีปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนต่ำที่สุดเฉลี่ย 0.020 และ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 0.041 0.043 และ 0.009 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2. น้ำหมักชีวภาพมีผลต่อคุณภาพน้ำทั่วไป ความโปร่งใสในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 30-80 เซนติเมตร เฉลี่ย 60.94 เซนติเมตร บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร อยู่ระหว่าง 40-80 เซนติเมตร เฉลี่ย 60.41 เซนติเมตร และแบบปรับปรุงคุณภาพ อยู่ระหว่าง 32-80 เซนติเมตร เฉลี่ย 52.28 เซนติเมตร อุณหภูมิของน้ำในสัปดาห์ที่ 8 9 14 และ 15 ต่ำกว่าเกณฑ์เหมาะสม ทำให้กุ้งกินอาหารลดลง ค่าความเป็นด่างเหมาะสมจึงส่งผลให้ค่าพีเอช ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในแต่ละรอบวันโดยมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 แล้วลดลงต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ค่าพีเอชบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 9.05-7.86 เฉลี่ย 8.55 พีเอช บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร อยู่ระหว่าง 8.91-8.01 เฉลี่ย 8.55 พีเอช บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ อยู่ระหว่าง 9.16-8.02 เฉลี่ย 8.58 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นปัจจัยสำคัญมากสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม การเติมอากาศลงในน้ำโดยเป่าจากพื้นบ่อตลอดเวลาทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. ผลการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อการเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม อัตราการการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ในบ่อทดลองขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำและระบบการจัดการ โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนในน้ำดังนี้ บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ย 1,595.7 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ขนาด 14.22 กรัม/ตัว

อัตราการรอดตายเฉลี่ย 83.3 % FCR เท่ากับ 1.58 ส่วนบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร และ บ่อควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,416.5 และ 1,259.0 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาด 13.11 และ 13.97 กรัม/ตัว อัตราการรอดตายเฉลี่ย 80.5 และ 67.7 % FCR เท่ากับ 1.77 และ 2.02 (ค่า FCR น้อยดีกว่า) ตามลำดับ

4. ต้นทุนการใช้น้ำหมักชีวภาพลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์เพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไม ใช้เวลาเลี้ยงกุ้งประมาณ 17 สัปดาห์ พบว่าบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ มีต้นทุนประมาณ 1,000 บาทต่อไร่ มูลค่าผลผลิตประมาณ 167,548 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร มีต้นทุนจากการใช้น้ำหมักประมาณ 799 บาทต่อไร่ มูลค่าผลผลิตประมาณ 141,650 บาทต่อไร่ ส่วนบ่อควบคุมจะไม่มีต้นทุนจากการใช้น้ำหมัก แต่มูลค่าผลผลิตต่ำสุดเพียง 132,195 บาทต่อไร่

5. การยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อกุ้งขาว แวนนาไม เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 66.7 ยอมรับในระดับปานกลางโดยให้เหตุผลว่าน้ำหมักชีวภาพเพียงอย่างเดียวไม่สามารถช่วยให้การเลี้ยงกุ้งประสบผลสำเร็จและยั่งยืน โดยเกษตรกรที่เคยใช้น้ำหมักมาแล้วจะยอมรับได้ง่ายกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอัตราการใช้น้ำหมักชีวภาพ ในสภาพน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในระดับต่าง ๆ กัน ด้วยการให้อากาศเป็นเวลาหรือเป่าอากาศแรงและเบาเพื่อหาความเหมาะสม สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง ทำให้ได้รับผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ลดต้นทุนการผลิต

2. ไม่มีข้อมูลศึกษาปริมาณสารอินทรีย์มีผลโดยตรงกับการเกิดแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อกุ้งขาว แวนนาไม สารอินทรีย์ในน้ำเกิดจากเศษอาหารและของเสียจากการขับถ่ายของกุ้ง รวมทั้งการเน่าสลายของสาหร่าย แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง และมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรศึกษาวิธีการถ่ายเทของเสียที่อยู่ในบ่อกุ้งโดยไม่ให้กุ้งเสียหายและมีต้นทุนน้อยที่สุด เพื่อลดอัตราการใช้น้ำหมักชีวภาพ

3. ควรศึกษาอัตราการใช้ น้ำหมักชีวภาพร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์
ในน้ำหมักชีวภาพจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแอมโมเนียซึ่งเป็นพิษต่อกุ้ง การใช้
ผลิตภัณฑ์อื่นร่วมน่าจะช่วยให้การเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียในน้ำไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท
มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2541. ผลสำรวจข้อเท็จจริงและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบความเค็มต่ำในเขตพื้นที่น้ำจืด. รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมประมง. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. เอกสารเผยแพร่ลำดับที่ 75/2530. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. การศึกษาถึงความเหมาะสมของพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเล. เอกสารเผยแพร่ลำดับที่ 9/2546. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่1). เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 3/2547. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการส่งออก. 2549. มูลค่าการส่งออกกุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง และแปรรูป. เอกสารเผยแพร่ ลำดับที่ 2/2549. กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ.

กรณีการ อธิราช. 2543. การใช้แบคทีเรียและซีโอไลท์ เพื่อลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คม ศิลปจารย์ และ รัชดาภรณ์ เอี่ยมสำอาง. 2546. การลดปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเลโดยวิธีเคมีและชีวบำบัด. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 9. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

จันทร์สว่าง งามพ่องใส. 2535. พิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ. สัมมนาวิชาการ. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, วิไลลักษณ์ อินทราเวียง, นีอร สิมะรัตนมงคล, และ ชีรนุช เจริญสมสกุล.

2546. สถานการณ์ผลิต การตลาดของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมและข้อเสนอนโยบายการผลิตกุ้งไทย น. 7 ใน รายงานการประชุมวันกุ้งขาวแวนนาไม ครั้งที่ 1. ชมรมผู้ประกอบการกุ้งขาว จังหวัดฉะเชิงเทรา. อาร์ต เอ็จ กราฟฟิค. กรุงเทพฯ.

ชลิต โนระดี. 2535. ผลของแบคทีเรียต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่พื้นบ่อเป็นดินเหนียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชะลอ ลิมสุวรรณ. 2535. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. สำนักพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ.

_____, และ พรเลิศ จันทรรักษ์กุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม 2547. บริษัทเมจิก พับบลิชัน จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม. แหล่งที่มา: <http://www.thailandshrim.com/data/agriculture.vannamei.p10.htm>, 19 สิงหาคม 2549

โชติ สหกิจรุ่งเรือง. 2533. ผลของการใช้อาหารชนิดต่างๆ ที่มีต่อคุณสมบัติบางประการของน้ำและอัตราการรอดของลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดิเรก ฤกษ์ห่วย. 2524. หลักการส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดำรง โลหะลักษณ์เดช. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ระบบการให้อาหารต่าง ๆ กันเพื่อจัดการคุณภาพน้ำและดินพื้นบ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) ในระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิติ ชูเชิด, ชะลอ ลิมสุวรรณ, วราห์ เทพาหุดี และ ทิมโมที วิลเลียม ฟลีเกล. 2547. การวิจัยเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างยั่งยืน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญสม วราเอกศิริ. 2535. **หลักการและวิธีการส่งเสริมการเกษตร**. ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.

ประจวบ หล้าอุบล. 2534. **กุ้ง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุสดี ศรีพยัคฆ์. 2529. **การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้เป็นอาหารลูกสัตว์น้ำ**. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 29. กองประมงทะเล กรมประมง, กรุงเทพฯ.

พรพรรณ ชีระวัฒนพงศ์. 2546. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งที่ผ่านระบบท่อก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเลิศ จันทร์รัชกุล, J.F. Ternball และ ชะลอ ลิมสุวรรณ. 2537. **คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ**. สถาบันสุขภาพสัตว์น้ำ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กัญญา เกียรติกัญญา. 2545. **วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. แวนนาไม (Practical Technology for *Litopenaeus vannamei* Culture)**. สำนักพิมพ์เมืองเกษตรแม่กาซีน, สมุทรปราการ.

มณจันทร์ เมฆชน, จารุวรรณ สมศิริ, นันทพร จารุพันธุ์ และ บพิศ จารุพันธุ์. 2542. **การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อกุ้งกุลาดำในภาคตะวันออกของประเทศไทย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มะลิ บุญยรัตผลิน. 2531. **อาหารและการให้อาหาร**, น. 59-89. ใน **เอกสารการสัมมนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา**, 10-11 ธันวาคม 2531. ป.โกกัณฑ์ร่วมกับหอการค้าจังหวัดตรัง ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ณ โรงแรมธรรมรินทร์, ตรัง.

มันสิน ตันทุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2538. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสีย
ในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัย
ทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ยนต์ มุสิก. 2530. กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อปลา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2530ก. กำลังผลิตชีวภาพในบ่อปลา II. เอกสารประกอบการสอนวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
551. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2530ข. คุณภาพน้ำและการจัดการคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, น.1-9.
ใน รายงานการสัมมนา Shrimp Culture and Nutrition, 13 พฤศจิกายน 2530
Diethelm pharmchem Ltd. และ Rovithai Ltd, กรุงเทพฯ.

_____, และ พรพันธ์ พุทธรักษานุกูล. 2534. อัตราการตกตะกอน คุณสมบัติของตะกอนและดิน
พื้นบ่อในบ่อพักน้ำ และบ่อเลี้ยงในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบกนาแน่น บริเวณอ่าวไทย.
วารสารวิทยาศาสตร์การประมง เล่ม 1

_____, สิริยงค์ รัชกิจจานุกิจ และ พรพันธ์ พุทธรักษานุกูล. 2531. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ
ออกซิเจน อัตราการตกตะกอน คุณภาพน้ำและคุณภาพดินในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
แบบหนาแน่น. รายงานเสนอบริษัท กรุงเทพฯเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ จำกัด ภาควิชาเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชาวดี ยอดเสธณี. 2546. ผลการเสริมสเม็กไทต์และหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์น้ำสกัด
ชีวภาพจากพืชและสัตว์ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและระดับแอมโมเนียในมูลไก่.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สนธิพันธุ์ ผาสุกดี. 2536. ผลของการเพิ่มปริมาณออกซิเจนต่ออัตราการออกของลูกปลากระพงขาวในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ วังใน 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ

สमान กุจิ. 2538. การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีและแบคทีเรียที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา ยางเอน. 2546. การกำจัดแอมโมเนียในน้ำเสียจากตู้เลี้ยงปลาโดยการกรองด้วยหินภูเขาไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาวดี โกยกุล. 2537. ประสิทธิภาพของฟอร์มาลินในการลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำและผลกระทบต่อกุ้งกุลาดำและปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุริยัน รัชกิจจานุกุล. 2532. การเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบหนาแน่น. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

องอาจ เลหาวินิจ, สายพิน ชุมทรัพย์, นิรมล อุปรมย์ และ วนิดา พัสตุรภัย. 2536. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเลี้ยงโดยการเพิ่มแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. รายงานผลการวิจัย. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัจฉนา วงศ์ชัยสุวัฒน์ และ วิฑูรย์ กู้ดวิน. 2538. การวิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนียในน้ำจากนากุ้ง. รายงานปัญหาพิเศษ. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), and WPCF (Water Pollution Control Federation). 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 14 th ed., APHA, Washington, D.C.

- Baethgen, W. E. and M.M. Alley. 1989. A manual colorimetric procedure for measuring ammonia nitrogen in soil and plant Kjeldahl digests. **Commun. In Soil Sci. Plant Anal.** 20: 961-969.
- Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Pond Fish Culture.** Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- _____. 1987. **Water Quality Management for Brackishwater Pond with Emphasis on Shrimp Farming in Thailand (manual).** Prepared for the Asian Development Bank Auburn, Alabama.
- _____. 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming Series 2.** Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Alabama.
- Chen, H.C. 1985. Water quality criteria for farming the grass shrimp, Penaeus monodon, p. 165. **In Proceedings of First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps.** Aquaculture Department, SEAFDEC, Iloilo, Philippines.
- Chen, J.C., P.C. Liu and S.C. Lei. 1990. Toxicities of ammonia and nitrite of Penaeus monodon adolescents. **Aquaculture** 89: 127-137.
- Coward, E. and B.E. Klonglan. 1970. **The concept of symbolic adoption : A suggested interpretation.** Rural Sociology.
- Ehrlich, K.F., M.C. Cantin and F. L. Horsfall III. 1989. Bioaugmentation; Biotechnology for improved aquacultural Product and environmental protection, pp. 329-341. *In* K. Murray (ed.) Aquacult. End. Technologies for the future, Inst. **Chem. Eng. Symp.** Ser. No. III, U.K.

- Foster, G.M. 1973. **Tradition Societies and Technological Change**. New York: Harper and Row Publishers.
- Glaeson, M.N., R.E.Gosselin, H.Hodge and R.Smith. 1969. **Clinical Toxicology of Commercial Product : Acute Poisoning**. The Wiliams and Wilkins Co., Section Ill, USA.
- Konikoff, M.A. 1974. **Comparison of clinoptilolite and biofilters for nitrogen removal in recirculation fish cultre system**. Ph.D.thesis, Southern Illinois Univ., Univ.Microfilm No.74-6222.Illinois.USA.
- Liu,C.I.. 1989. Shrimp diseases, prevention and treatment, pp. 64-74. *In* **D.M. Akiyama (ed.) Proceeding of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop**. American Soybean Association, Singapore.
- Rogers, E.M. and F.S. Shoemaker. 1971. **Communication of innovation:cross-cultural approach**. New York.
- Russo, R.C., C.E. Smith and R.V. Thurston. 1974. Acute toxicity of nitrite to rainbow trout (Salmon gairdneri). **J.Fish.Re.Board Can** 31: 1653-1655.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. **A practical handbook of seawater analysis**. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 167. Ottawa.
- Wasbort, N., M.D. Krom, A. Gasith, and T. Samocha. 1989. Ammonia excretion of green tiger prawn *Penaeus semisulcatus* as possible limit on the biomass density in shrimp ponds. **The Israeli Journal of aquaculture.Bamidgeh** 41 (4):159-164.
- Weatherbum1, M.W. 1967. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Anal. Chem.** 39 :971-947.

Wickens, J.F. 1985. Ammonia production and oxidation during the culture of marine prawns and lobsters in laboratory recirculation system. **Aquacultural**. 9 :877-837.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั่วไป

ตารางผนวกที่ ก1 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอช ของน้ำในบ่อดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	8.42	8.44	8.34	8.67	8.93	8.96b ¹	9.05a	8.95	8.89ab	8.87	8.86	8.70	8.49	8.32	8.30	8.00	7.93	7.86	9.05	7.86	8.55b
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	8.39	8.44	8.39	8.65	8.86	8.91b	8.85b	8.87	8.80b	8.71	8.67	8.73	8.62	8.53	8.35	8.09	8.07	8.01	8.91	8.01	8.55b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	8.38	8.23	8.21	8.60	8.99	9.16a	9.11a	8.89	9.04a	8.86	8.81	8.85	8.57	8.28	8.14	8.10	8.19	8.02	9.16	8.02	8.58a
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns			*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ ก2 ผลวิเคราะห์อุณหภูมิ ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	29.75	30.00	29.98	31.26	31.26	31.53	30.62	29.14	24.43	26.69	27.83	28.16	30.29	28.24	24.95	26.95	29.95	30.48	31.53	24.43	27.98
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	29.85	29.95	30.05	31.28	31.28	31.57	30.59	29.19	24.43	26.65	27.74	28.29	30.14	28.41	24.81	27.14	30.24	30.52	31.57	24.43	28.00
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	29.95	30.04	30.05	31.35	31.35	31.62	30.74	29.07	24.53	26.69	27.81	28.17	30.24	28.36	24.93	27.33	30.12	30.69	31.62	24.53	28.08
ปรับปรุงคุณภาพ(E2)																					
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns			ns

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ ก3 ผลวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ของน้ำในบ่อดคลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	7.44b ¹	6.38	6.20	6.12	6.05	6.11	6.12	6.06	6.04	6.05	6.14	6.03	5.97	5.76	6.05	6.16	5.69	5.61	7.44	5.61	6.11c
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	7.61a	6.45	6.31	6.48	6.45	6.38	6.34	6.28	6.29	6.28	6.27	6.28	6.25	6.15	6.27	5.97	5.63	5.63	7.61	5.63	6.30b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	7.25c	6.41	6.39	6.38	6.33	6.28	6.31	6.29	6.23	6.31	6.40	6.41	6.49	6.16	6.16	6.08	5.78	5.83	7.25	5.78	6.31a
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns			*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ ก4 ผลวิเคราะห์ค่าความโปร่งใส ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	80	80	80	78	70b ¹	62b	57b	44	31	33	30	50	68a	77a	73a	58a	66a	60a	80	30	60.94a
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	80	80	80	80	80a	80a	80a	61	49	47	44	44	44b	45b	45b	48b	40b	40ab	80	40	60.41b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	80	80	80	80	75ab	66b	64b	43	37	33	32	38	46b	47b	40b	35b	32b	33b	80	32	52.28c
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*			*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ ก5 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นต่าง ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	115	119b ¹	120a	122a	121	130	122b	105b	124b	110b	133	123	138	121b	128b	135	134	141	138	105	121b
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	113	115b	109b	118b	126	131	125b	107b	131b	109b	123	130	124	146a	143ab	144	137	144	146	107	121b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	125	129a	119a	128a	132	141	132a	116a	143a	123a	134	136	138	136a	151a	151	152	159	159	116	131a
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns			*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ตารางผนวกที่ 6 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต ของน้ำในบ่อทดลองกุ้งขาว แวนนาไม

กรรมวิธี	ระยะเวลา (สัปดาห์)																		ค่า	ค่า	เฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	สูงสุด	ต่ำสุด	
บ่อควบคุม (C)	0.006	0.011a ¹	0.008b	0.010a	0.005b	0.007a	0.005	0.012b	0.009	0.012a	0.002b	0.009a	0.018	0.029a	0.021	0.031a	0.037a	0.036a	0.037	0.002	0.015a
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.006	0.014a	0.013a	0.005b	0.003b	0.013a	0.004	0.017a	0.010	0.007ab	0.004a	0.004ab	0.038	0.015b	0.016	0.021b	0.015b	0.016b	0.038	0.003	0.013b
เกษตรกร (E1)																					
บ่อใส่น้ำหมักแบบ	0.010	0.001b	0.003c	0.003b	0.011a	0.001b	0.003	0.018a	0.020	0.006b	0.001b	0.003b	0.015	0.016b	0.014	0.012c	0.011c	0.012c	0.020	0.001	0.009c
ปรับปรุงคุณภาพ (E2)																					
F-Test	ns	*	*	*	*	*	ns	*	ns	*	*	*	ns	*	ns	*	*	*			*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

โดยวิธี Duncan ' New Multiple Range Test

ภาคผนวก ข

ตารางวิเคราะห์ผลผลิตกุ้งขาว แวนนาไมในบ่อทดลอง

ตารางผนวกที่ ข1 อัตราการรอดตายของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

ชุดทดลอง	ซ้ำ	จำนวนกุ้ง		อัตราการรอด (%)	
		เริ่มต้นการทดลอง (ตัว/บ่อ)	สิ้นสุดการทดลอง (ตัว/บ่อ)	อัตราการรอด (%)	เฉลี่ย (%)
บ่อควบคุม (C)	ซ้ำที่ 1	1050	555	52.9	67.77
	ซ้ำที่ 2	1050	832	79.3	
	ซ้ำที่ 3	1050	746	71.1	
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบ เกษตรกร (E1)	ซ้ำที่ 1	1050	842	80.2	80.50
	ซ้ำที่ 2	1050	894	85.2	
	ซ้ำที่ 3	1050	799	76.1	
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบ ปรับปรุงประสิทธิภาพ (E2)	ซ้ำที่ 1	1050	873	83.1	83.30
	ซ้ำที่ 2	1050	866	82.5	
	ซ้ำที่ 3	1050	886	84.4	

ตารางผนวกที่ ข2 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเพิ่มต่อวัน ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

ชุดทดลอง	ซ้ำ	น้ำหนักกุ้ง (เฉลี่ย)			น้ำหนักเพิ่มต่อวัน	
		W1 (กรัม/ตัว)	W2 (กรัม/ตัว)	จำนวนวัน ทั้งหมด	น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	เฉลี่ย
บ่อควบคุม (C)	ซ้ำที่ 1	0.008	14.61	120	0.122	0.116
	ซ้ำที่ 2	0.008	12.98	120	0.108	
	ซ้ำที่ 3	0.008	14.22	120	0.118	
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพ แบบเกษตรกร (E1)	ซ้ำที่ 1	0.008	13.07	120	0.109	0.109
	ซ้ำที่ 2	0.008	12.97	120	0.108	
	ซ้ำที่ 3	0.008	13.27	120	0.111	
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพ แบบปรับปรุงคุณภาพ (E2)	ซ้ำที่ 1	0.008	14.21	120	0.118	0.118
	ซ้ำที่ 2	0.008	13.98	120	0.116	
	ซ้ำที่ 3	0.008	14.56	120	0.121	

หมายเหตุ W1 คือ น้ำหนักกุ้งเมื่อเริ่มการทดลอง

W2 คือ น้ำหนักกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางผนวกที่ ข3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

ชุดทดลอง	ซ้ำ	น้ำหนักกุ้ง	น้ำหนักกุ้ง	น้ำหนักกุ้ง	น้ำหนักอาหาร	อัตราการเปลี่ยน	
		เริ่มต้น	ทั้งหมด	ที่เพิ่มขึ้น	ทั้งหมด	อาหารเป็นเนื้อ	เฉลี่ย
		(กรัม/บ่อ)	(กรัม/บ่อ)	(กรัม/บ่อ)	(กรัม/บ่อ)	FCR	
บ่อควบคุม (C)	ซ้ำที่ 1	8.4	8100	8091.6	19550	2.41	
	ซ้ำที่ 2	8.4	10800	10791.6	19550	1.81	2.02
	ซ้ำที่ 3	8.4	10600	10591.6	19550	1.85	
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบ เกษตรกร (E1)	ซ้ำที่ 1	8.4	11000	10991.6	19550	1.78	
	ซ้ำที่ 2	8.4	11600	11591.6	19550	1.67	1.77
	ซ้ำที่ 3	8.4	10600	10591.6	19550	1.85	
บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพแบบ ปรับปรุงประสิทธิภาพ (E2)	ซ้ำที่ 1	8.4	12400	12391.6	19550	1.58	
	ซ้ำที่ 2	8.4	12100	12091.6	19550	1.62	1.58
	ซ้ำที่ 3	8.4	12900	12891.6	19550	1.55	

ตารางผนวกที่ ข4 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

ชุดทดลอง	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ผลผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ	ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่
	(กรัม/บ่อ)	(กรัม/บ่อ)	(กรัม/บ่อ)	(กรัม/บ่อ)	(กิโลกรัม/ไร่)
C = บ่อควบคุม (Control)	8100	10800	10600	9833.3	1259.0
E1 = บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพ แบบเกษตรกร	11000	11600	10600	11066.6	1416.5
E2 = บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพ แบบปรับปรุงประสิทธิภาพ	12400	12100	12900	12466.6	1595.7
ผลผลิตเฉลี่ยทั้งหมด	10500	11500	11367	9788.8	1252.9

หมายเหตุ บ่อทดลอง 1 บ่อ มีปริมาตร 15 ลูกบาศก์เมตร

พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม 1 ไร่ น้ำลึก 1.2 เมตร มีปริมาตร 1,920 ลูกบาศก์เมตร

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ของกุ้งขาว แวนนาไม ในบ่อทดลอง

ชุดทดลอง	ซ้ำ	น้ำหนักกุ้ง (เฉลี่ย)		จำนวน กุ้งรวม (ตัว/บ่อ)	จำนวนต่อน้ำหนัก เฉลี่ย	
		WL	TW			
		(กรัม/ตัว)	(กรัม/บ่อ)		(ตัว/กิโลกรัม)	
C = บ่อควบคุม (Control)	ซ้ำที่ 1	14.61	8100	555	68	
	ซ้ำที่ 2	12.98	10800	832	77	71.6
	ซ้ำที่ 3	14.22	10600	746	70	
E1 = บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพ แบบเกษตรกร	ซ้ำที่ 1	13.07	11000	842	77	
	ซ้ำที่ 2	12.97	11600	894	77	76.3
	ซ้ำที่ 3	13.27	10600	799	75	
E2 = บ่อใส่น้ำหมักชีวภาพ แบบปรับปรุงประสิทธิภาพ	ซ้ำที่ 1	14.21	12400	873	70	
	ซ้ำที่ 2	13.98	12100	866	72	70.3
	ซ้ำที่ 3	14.56	12900	886	69	

WL = น้ำหนักกุ้งต่อตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

TW = น้ำหนักกุ้งรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

หมายเหตุ น้ำหนักกุ้ง 1 กิโลกรัม เท่ากับ 1000 กรัม

ภาคผนวก ค

เกณฑ์คุณภาพน้ำและผลกระทบของออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ตารางผนวกที่ ค1 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ระดับความ	หมายเหตุ
			เข้มข้นที่ เหมาะสม	
1	อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	23-32	โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
2	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		5-9	โดยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน ไม่ควรเกินกว่า 2.0 หน่วย
3	ออกซิเจนละลาย (DO)	มก./ล.	ต่ำสุด 3	และมีออกซิเจนละลายอยู่อย่างเพียงพอ
4	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	มก./ล.	สูงสุด 30	
5	ความขุ่น (Turbidity)			
	- ความโปร่งใส (Transparency)	ชม.	30-60	วัดด้วย Secchi disc
	- สารแขวนลอย (Suspended solids)		สูงสุด 25	

ที่มา: เอกสารวิชาการ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งประเทศไทย ฉบับที่ 75/2530 เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด

ตารางผนวกที่ ค2 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่ยินยอมให้มีอยู่ในน้ำได้

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ยินยอม	หมายเหตุ
1.	โลหะหนัก			
	- แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.001	
	- ทองแดง (Cu)	“	0.02	
	- ตะกั่ว (Pb)	“	0.05	
	-ปรอท (Hg)	“	0.0005	
	- เหล็ก (Fe)	“	0.3	
	- สังกะสี (Zn)	“	0.1	
2.	สารพิษกลุ่ม Organochlorine			
	- DDT	“	0.5×10^{-3}	
	- Dieldrin	“	0.2×10^{-2}	
	- Endrin	“	0.01×10^{-3}	
	- Heptachlor	“	0.4×10^{-3}	
3.	สารพิษกลุ่ม Organochlorine			
	- Fenitrothion	“	0.06	
	- Malathion	“	0.02	
	- Methyl parathion	“	0.2	
	- Parathion	“	0.04	
4.	สารพิษกลุ่ม Carbamate			
	- Carbaryl	มก./ล.	0.1	
	- Carbofuran	“	0.008	
5	สารเคมีกำจัดวัชพืช (Herbicide)			
	- Glyphosate	“	4.8	
	- Paraquat	“	0.5	
	- Propanil	“	0.5	
	- 2, 4-D	“	45.0	
6	แอมโมเนีย ($\text{NH}_3 - \text{N}$)	“	0.02	คิดในรูปของ un-ionized ammonia
7	คลอรีน (Chlorine)	“	0.005	คิดในรูปของ total residual chlorine
8	สารซักฟอก (Detergent)			
	- Soft detergent	“	0.3	คิดในรูปของสารลดแรงตึงผิว (surfactant)
	- Hard detergent	“	0.5	
9	ซัลไฟด์ (Sulfides)	“	0.2	ในรูปของ undissociated hydrogen sulfide

ที่มา: เอกสารวิชาการ สถาบันประมงน้ำจืด ฉบับที่ 75/2530 เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด

ตารางผนวกที่ ค3 ผลกระทบของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีต่อปลาและกุ้ง

ความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย	ผลกระทบ
ต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	ตายถ้าสัมผัสเกินกว่า 2-3 ชั่วโมง
1-4 มิลลิกรัมต่อลิตร	การเจริญเติบโตจะช้า ถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายต่ำอย่างต่อเนื่อง
5 มิลลิกรัมต่อลิตรถึงจุดอิ่มตัว สูงกว่าจุดอิ่มตัว	เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโต สามารถเกิดอันตรายขึ้นได้ ถ้าสภาวะนี้เกิดขึ้นทั่วทั้งบ่อ แต่โดยทั่วไปนั้นไม่เกิดปัญหา

ที่มา: Boyd (1987)

ตารางผนวกที่ ค4 ผลกระทบของพีเอชต่อสัตว์น้ำ

พีเอช	ผลกระทบ
< 4	สัตว์น้ำเริ่มตายเนื่องจากความเป็นกรด
4-6	การเจริญเติบโตช้า
> 6-9	เหมาะสมที่สุดกับการเจริญเติบโต
> 9 – 11	การเจริญเติบโตช้า
> 11	สัตว์น้ำเริ่มตายเนื่องจากพีเอชสูง

ที่มา: Boyd (1987)

ตารางผนวกที่ ค5 คุณภาพน้ำบางประการทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาที่เหมาะสมกับ
การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม
1. ทางกายภาพ	
แสงแดด	ไม่สามารถกำหนดได้
น้ำ	
- อุณหภูมิ	26-30 องศาเซลเซียส
- ความเค็ม	5-36 พีพีที
- ความโปร่งใส	25-50 เซนติเมตร
- สี	ไม่สามารถกำหนดได้
- ระดับความลึก	1-2 เมตร
- การเปลี่ยนถ่ายน้ำ	5-40 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน
- น้ำขึ้นน้ำลง	ไม่สามารถกำหนดได้
- กระแสลม	ไม่สามารถกำหนดได้
- ดิน	ขึ้นอยู่กับพื้นที่
2. ทางเคมี – น้ำ	
- ออกซิเจนละลายในน้ำ	> 3 พีพีที
- พีเอช	7 – 9
- ความเป็นด่าง	50 – 150 พีพีเอ็ม
- คาร์บอนไดออกไซด์	< 20 พีพีเอ็ม
- แอมโมเนียรวม	< 1 พีพีเอ็ม
- ไนไตรท์	< 0.1 พีพีเอ็ม
- ไสโครเจนซัลไฟด์	< 0.001 พีพีเอ็ม
3. ทางชีววิทยา	
- แพลงก์ตอนพืช	ไม่สามารถกำหนดได้
- แพลงก์ตอนสัตว์	ไม่สามารถกำหนดได้
- เชื้อรา	ไม่สามารถกำหนดได้
- แบคทีเรีย	ไม่สามารถกำหนดได้
- อื่นๆ	ไม่สามารถกำหนดได้

ที่มา: Brock and Main (1994)

ภาคผนวก ง
แบบสัมภาษณ์

แบบสัมภาษณ์

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้น้ำหมักชีวภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย

และไนโตรที่ในบ่อกึ่งขาวแวนนาไม

อำเภอเมือง บ้านโพธิ์ บางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ () ชาย () หญิง
2. อายุ.....ปี
3. ระดับการศึกษา
4. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน.....คน จำนวนแรงงานในครัวเรือน.....คน
5. การถือครองที่ดิน () ของตนเองไร่ เป็นบ่อกึ่ง.....ไร่
 () เช่าไร่ เป็นบ่อกึ่ง.....ไร่
6. อาชีพ
 อาชีพหลัก.....
 อาชีพรอง.....
7. ภาวะหนี้สิน () ไม่มี () มี ประมาณ.....บาท
 แหล่งเงินทุนที่ 1).....
 2)..... 3).....
8. รายได้ของครัวเรือน.....บาทต่อปี
9. รายจ่าย.....บาทต่อปี

ตอนที่ 2 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ	การรับรู้/ความเข้าใจ	
	รู้/ใช่	ไม่รู้/ไม่ใช่
1. การใช้ น้ำหมักชีวภาพ เป็นแนวทางการแก้ปัญหาแอมโมเนียและไนไตรท์		
2. ผู้ที่ใช้ น้ำหมักชีวภาพ จะต้องผ่านการเรียนรู้ ฝึกทักษะปฏิบัติ		
3. เกษตรกรยังขาดทักษะและความชำนาญในการใช้ น้ำหมักชีวภาพ		
4. น้ำหมักชีวภาพคือน้ำหมักที่ได้จาก การหมักพืช ผลไม้ สัตว์ด้วยน้ำ และกากน้ำตาล		
5. น้ำหมักชีวภาพช่วยเกษตรกรเพิ่มผลผลิตกุ้ง		
6. น้ำหมักชีวภาพช่วยรักษาสังแวดล้อม		
7. น้ำหมักชีวภาพช่วยลดต้นทุนการผลิต		
8. น้ำหมักชีวภาพช่วยส่งเสริมการผลิตอาหารปลอดภัย		
9. การเรียนรู้และปฏิบัติตามขั้นตอนการใช้ น้ำหมักชีวภาพจำเป็นต้องได้รับการแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์		
10. ความสำเร็จในการใช้ น้ำหมักชีวภาพขึ้นอยู่กับความจริงจังและความทุ่มเทของนักวิทยาศาสตร์		

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับน้ำหมักชีวภาพ

1. ท่านเคยได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพหรือไม่ () ไม่ได้รับ () ได้รับ

แหล่งการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร	ความถี่ของแหล่งข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. วิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์					
2. หอกระจายข่าวและการประชาสัมพันธ์ในหมู่บ้าน					
3. เจ้าหน้าที่ของรัฐ					

แหล่งการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร	ความถี่ของแหล่งข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
4. สมาชิกในครอบครัว / เพื่อนบ้าน					
5. สมาชิกหมู่บ้านอื่น/พื้นที่อื่น					
6. นักวิทยาศาสตร์เอกชน					
7. อื่นๆ					

2. ประโยชน์ที่ได้จากการใช้น้ำหมักชีวภาพ

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้น้ำหมักชีวภาพ ๑	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. น้ำหมักชีวภาพช่วยเกษตรกรเพิ่มผลผลิตกุ้ง					
2. ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้รับการฟื้นฟูและอนุรักษ์					
3. สามารถลดรายจ่ายครัวเรือนได้					
4. ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น					
5. ได้รับการสนับสนุนและการพัฒนาจากส่วนราชการ					
6. มีการรวมกลุ่มเพื่อการเรียนรู้ น้ำหมัก					
7. ช่วยส่งเสริมการผลิตอาหารปลอดภัย					
8. มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีวิถีชีวิตแบบพอเพียง					
9. สามารถแก้ปัญหาและทำให้การเลี้ยงกุ้งยั่งยืน					

3. เจ้าหน้าที่รัฐ มีผลต่อการตัดสินใจใช้น้ำหมักชีวภาพ

การดูแลและการให้บริการของเจ้าหน้าที่	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. การให้คำแนะนำด้านข้อมูลข่าวสาร					
2. ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์					
3. การดูแลอำนวยความสะดวก					
4. การติดตามผลการดำเนินงานของเกษตรกร					
5. การแก้ไขปัญหาในการดำเนินงาน					

4. นักวิทยาศาสตร์เอกชน มีผลต่อการตัดสินใจใช้น้ำหมักชีวภาพ

การดูแลและการให้บริการของเจ้าหน้าที่	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. การให้คำแนะนำด้านข้อมูลข่าวสาร					
2. ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์					
3. การดูแลอำนวยความสะดวก					
4. การติดตามผลการดำเนินงานของเกษตรกร					
5. การแก้ไขปัญหาในการดำเนินงาน					

ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับน้ำหมักชีวภาพ

ข้อมูลการยอมรับ	ระดับความเห็นด้วย / การยอมรับ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. มีความเหมาะสมและสามารถทำได้จริงในพื้นที่					
2. สามารถพัฒนาทักษะ ความชำนาญในการปฏิบัติได้					

แหล่งการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร	ความถี่ของแหล่งข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
3. มีการจัดการกลุ่มการผลิตที่เป็นระบบ					
4. มีการจัดการผลิตและแบ่งปันภายในกลุ่ม					
5. มีการเชื่อมโยงและพัฒนาเครือข่ายกลุ่มกิจกรรม					
6. นำหมักชีวภาพช่วยเกษตรกรเพิ่มผลผลิตกุ้ง					
6. ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้รับการฟื้นฟู และอนุรักษ์					
7. สามารถลดรายจ่ายครัวเรือนได้					
8. ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น					
9. ได้รับการสนับสนุนและการพัฒนาจากส่วนราชการ					
10. ช่วยส่งเสริมการผลิตอาหารปลอดภัย					
11. มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีวิถีชีวิตแบบพอเพียง					
12. สามารถแก้ปัญหาและทำให้การเลี้ยงกุ้งยั่งยืน					

ตอนที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์น้ำหมักชีวภาพ

ท่านคิดว่าน้ำหมักชีวภาพมีประโยชน์อะไรบ้าง

1.
2.
3.
4.
5.