ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง ชีววิทยาประมง

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของแบคทีเรียสกุล *Bacillus* ชนิดต่างๆ ในการควบคุมแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) และคุณภาพน้ำในการอนุบาลลูกกุ้งและการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effects of Different *Bacillus* spp. for Controlling *Vibrio* spp. and Water Quality in Larval Rearing and Culture of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

นามผู้วิจัย นางสาวมนฑกานต์ สมบูรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของแบคทีเรียสกุล *Bacillus* ชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) และคุณภาพน้ำในการอนุบาลลูกกุ้งและการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effects of Different *Bacillus* spp. for Controlling *Vibrio* spp. and Water Quality in Larval Rearing and Culture of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

โดย

นางสาวมนฑกานต์ สมบูรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2552

มนฑกานต์ สมบูรณ์ 2552: ผลของแบคทีเรียสกุล *Bacillus* ชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) และคุณภาพน้ำในการอนุบาลลูกกุ้งและการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 118 หน้า

อนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ระยะนอเพลียสในถังไฟเบอร์กลาสขนาด ความจุ 500 ลิตรจำนวน 12 ถังที่อัตราความหนาแน่น 160 ตัวต่อลิตรจนถึงระยะโพสลาร์วา 8 โดยใช้ความเค็มน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงอยู่ในช่วง 25-30 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ โดยกลุ่มการทดลอง 3 กลุ่มใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ Bacillus ต่างชนิดกัน ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlus ประกอบด้วย Bacillus 5 ชนิด กลุ่มที่ 2 ใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlusE ประกอบด้วย Bacillus 7 ชนิด และกลุ่มที่ 3 ใช้ผลิตภัณฑ์ คือ PondSafe ประกอบด้วย Bacillus 5 ชนิด ใส่ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดทุกวันในอัตรา 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (พีพีเอ็ม) ตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนกลุ่มควบคุมจำนวน 3 ถังไม่ใส่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว อนุบาลลูกกุ้งเป็นเวลา 15 วัน พบว่าอัตรารอดตายเฉลี่ยในกลุ่มควบคุมและกลุ่ม ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlus มีค่า 68.3 เปอร์เซ็นต์ และ 69.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlusE และ PondSafe อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 74.5 เปอร์เซ็นต์ และ 78.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มการทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในกุ้งระยะไมซิส 2 แต่คุณสมบัติของน้ำส่วนใหญ่ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง ปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในกลุ่มที่มีการเติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเฉพาะในกลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์ PondSafe จะมีค่าต่ำสุด รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้ PondPlusE และ PondPlus ตามลำดับ

การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ PondPlus และ PondPlusE ในการควบคุมแบคทีเรียวิบริโอและคุณภาพในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งเป็นบ่อดินขนาด 6 ไร่ จำนวน 9 บ่อ โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlus กลุ่มที่ 2 ใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlusE และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเลี้ยงจะใส่ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดในปริมาณ 0.1 พีพีเอ็ม 4 ครั้ง คือ ระหว่างการเลี้ยงที่ 25-30 วัน 55-60 วัน 85-90 วัน และ 115-120 วัน ผลการศึกษาทุกช่วงเวลาของการใส่ผลิตภัณฑ์พบว่าในวันที่ 3 หลังจากใส่จุลินทรีย์ กลุ่มที่ 1 และ 2 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและปริมาณคลอโรฟิลล์เอต่ำกว่าบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Bacillus สามารถลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชจากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและลดปริมาณคลอโรฟิลล์เอในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Montagan Somboon 2009: Effects of Different *Bacillus* spp. for Controlling *Vibrio* spp. and Water Quality in Larval Rearing and Culture of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 118 pages.

Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nauplii were stocked in 12 500-liter fiber glass tanks at the density of 160 nauplii/liter for larval rearing to postlarval 8 (PL8) in the salinity range of 25-30 ppt. Three treatment groups using three different Bacillus groups were used as follows: group 1, PondPlus consisted of 5 Bacillus; group 2, PondPlusE consisted of 7 Bacillus and group 3, PondSafe consisted of 5 Bacillus. Three replicates were used for each treatment. Three tanks without bacterial product were used as the control group. The bacterial products were used at a rate of 2 ppm from nauplii until metamorphosis to PL8, while no bacterial product was used in the control group. After rearing for 15 days, the average survival rates in control and PondPlus treated groups were 68.3% and 69.3% respectively which were significantly lower than those from PondPlusE and PondSafe treated groups ($P<0.05$) of 74.5% and 78.2%, respectively. Total ammonia nitrogen in all treatment groups was significantly lower than in the control group after mysis 2 stage. However, most water quality parameters from all groups were similar and within the opti mum range. Viable *Vibrio* spp. counts in all treatment groups were significantly lower than in the control group ($P<0.05$), particularly in the PondSafe treated group which was the lowest, followed by PondPlusE and PondPlus, respectively.

The efficacy of PondPlus and PondPlusE for controlling *Vibrio* spp. and water quality in farm-reared *L. vannamei* was investigated. Nine earthen ponds with an area of 9,600 m^2 (6 rai) were divided into three groups (3 replicates for each group) as follows: group 1 using P ondPlus, group 2 using PondPlusE and control group without bacterial product. Both bacterial products were applied 4 times at days 25-30, 55-60, 85-90 and 115-120 after stocking at a rate of 0.1 ppm. The results showed that the number of *Vibrio* spp. and the chlorophyll a concentration in all treatment ponds were significantly decreased ($P<0.05$) from the control ponds on the third da y after bacteria was added. These results indicated that using *Bacillus* spp. could reduce *Vibrio* spp. and the abundance of phytoplankton as indicated by chlorophyll a in pond-reared *L. vannamei*.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลิ้มสุวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอกและ ดร. พรเลิศ จันทร์รัชชกูล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขทำให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัทเจ เอฟ อควาคัลเจอร์ (จุรีย์ฟาร์ม) ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบริษัทโนโวซามยม์ ไบโอโลจิคอล เอเชีย แปซิฟิก อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ และ เพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

มนฑกานต์ สมบูรณ์

มีนาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	34
ผลและวิจารณ์	44
สรุปผล	90
ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	92
ภาคผนวก	108
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	118

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลกระทบของปริมาณออกซิเจนต่อกุ้งกุลาดำ	25
2	ผลกระทบของพีเอชต่อกุ้งกุลาดำ	28
3	อัตราการรอดตายของการอนุบาลลูกกุ้งจนถึงระยะโพสลาร์วา 8 จากกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์กับกลุ่มที่เติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus, PondPlusE และ PondSafe	45
4	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในช่วงระหว่างการเลี้ยง	47
5	คุณสมบัติของน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม	52
6	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	58
7	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	58
8	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	59
9	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	59
10	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	71
11	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	72
12	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	73
13	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	74
14	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในอายุกุ้ง 25-30, 55-60, 85-90 และ 115-120 วัน	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม	109
2	ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาล ลูกกุ้งขาวแวนนาไม	110
3	ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาล ลูกกุ้งขาวแวนนาไม	111
4	ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาล ลูกกุ้งขาวแวนนาไม	112
5	ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาล ลูกกุ้งขาวแวนนาไม	113
6	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 25-30 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ ทั้ง 2 ชนิด	114
7	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 55-60 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด	115
8	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 85-90 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์ จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด	116
9	คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 115-120 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด	117

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ถังพลาสติกทดลองในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม	42
2	ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus	42
3	ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE	42
4	ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondSafe	43
5	อาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS agar	43
6	บ่อเลี้ยงที่ใช้ทำการทดลอง	43
7	แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบอัตราการรอดตายของการอนุบาลลูกกุ้งขาวของกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์กับกลุ่มที่เติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus, PondPlusE และ PondSafe	45
8	ปริมาณแบคทีเรียในน้ำที่โคโลนีสีเหลือง	48
9	ปริมาณแบคทีเรียในน้ำที่โคโลนีสีเขียว	48
10	ค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	54
11	ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำตลอดระยะเวล าการเลี้ยง	54
12	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	55
13	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	55
14	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	56
15	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมแ ละบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 25-30 วัน	60
16	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 25-30 วัน	60
17	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 55-60 วัน	61
18	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 55-60 วัน	61
19	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 85-90 วัน	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 85-90 วัน	62
21	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 115-120 วัน	63
22	ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 115-120 วัน	63
23	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	75
24	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	75
25	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติ ม ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	76
26	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติ ม ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	76
27	ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและ บ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	77
28	ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	77
29	ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	78
30	ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	78
31	ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	79
32	ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
33	ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	80
34	ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	80
35	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	81
36	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	81
37	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	82
38	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	82
39	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	83
40	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	83
41	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	84
42	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	84
43	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	85
44	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	85
45	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
46	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	86
47	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน	88
48	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน	88
49	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-60 วัน	89
50	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน	89

ผลของแบคทีเรียสกุล *Bacillus* ชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) และคุณภาพน้ำในการอนุบาลลูกกุ้งและการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effects of Different *Bacillus* spp. for Controlling *Vibrio* spp. and Water Quality in Larval Rearing and Culture of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยสามารถทำเงินเข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ส่วนใหญ่จะเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา เกษตรกรจะปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยง ในอัตราความหนาแน่นสูง มีการให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนสูง จึงทำให้มีของเสียสะสมในบ่อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเลี้ยง ส่งผลทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไปในทางที่เลวลง กุ้งบางส่วนจะอ่อนแอ ถ้าเกษตรกรรายใดมีการจัดการด้านการเลี้ยงไม่ดีพอก็จะประสบปัญหากุ้ง บางส่วนป่วยและตายทำให้ผลผลิตต่ำกว่าเป้าหมาย โรคที่สำคัญซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมในบ่อไม่เหมาะสมส่วนใหญ่เกิดจาก โรคติดเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) (Nash *et al*., 1992; Lightner, 1996) ซึ่งกุ้งที่ป่วยจะขึ้นมาอยู่ตามขอบบ่อหรือลอยตามผิวน้ำ กุ้งป่วยมีลักษณะตัวหลวม บางตัวบริเวณแผ่นปิดเหงือกจะบวม ตับและตับอ่อน (hepatopancreas) มักจะมีขนาดเล็กกว่าปกติ (ชลอ, 2543) โดยกุ้งที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียในลักษณะดังกล่าวนี้ ไม่สามารถจะทำการรักษาได้โดยใช้ยาปฏิชีวนะ เนื่องจากกุ้งเหล่านี้มีอาการป่วย เรื้อรังมานานจนถึงระยะกุ้งไม่กินอาหาร การรักษาจึงไม่ได้ผล อีกทั้งการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาอาจจะส่งผลทำให้เกิดปัญหายาตกค้างในเนื้อกุ้งปกติที่กินอาหารมีส่วนผสมของยาได้ ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้ซื้อหรือทำให้ประเทศผู้ซื้อนำมาเป็นเงื่อนไขในการกีดกันทางการค้าได้ ดังนั้นแนวทางการป้องกันโรคที่ เหมาะสมสำหรับเกษตรกรคือการจัดการควบคุมคุณสมบัติของน้ำและพื้นบ่อให้สะอาดเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง

แนวทางหนึ่งในการบำบัดพื้นบ่อและการควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงคือการใช้จุลินทรีย์ จากการศึกษาผลการใช้โปรไบโอติกผสมในอาหารเลี้ยงกุ้ง

กุลาดำ พบว่าบ่อที่มีการให้โปรไบโอติกกุ้งมีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีกว่าบ่อที่ไม่ใช้โปรไบโอติก และสามารถลดเชื้อ *Vibrio* spp. ได้ (วรรณพร, 2550) ส่วนการศึกษาเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการในการใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จำนวน 5 สายพันธุ์ ควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำและป้องกันโรคเรืองแสงที่เกิดจากแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* พบว่าน้ำในบ่อที่เติม *B. subtilis* มีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และ pH (พีเอช) ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และสามารถควบคุมโรคเรืองแสงได้ (วิจิตรา และ สมหมาย, 2541)

สำหรับการศึกษาครั้งนี้เพื่อต้องการเปรียบเทียบอัตรา การรอดตาย คุณสมบัติของน้ำบางประการและปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) และศึกษาปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. กับปริมาณแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบไปด้วยแบคทีเรียสกุล *Bacillus* สายพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ (PondPlus , PondPlusE และ PondSafe) เปรียบเทียบกับบ่อที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ PondPlus, PondPlusE และ PondSafe (*Bacillus* spp.) ต่อคุณสมบัติของน้ำ ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) และอัตราการรอดตายในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

2. เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ PondPlus และ PondPlusE (*Bacillus* spp.) ต่อคุณสมบัติของน้ำปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในช่วงอายุต่างกัน

การตรวจเอกสาร

1. กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแปซิฟิก หรือกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นกุ้งที่มีแหล่งกำเนิดมาจากในทวีปอเมริกาใต้ (Holthuis, 1980) มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก จากตอนเหนือของเม็กซิโก อเมริกากลางลงไปจนถึงตอนเหนือของเปรู (Holthuis, 1980; Rosenberry, 1998) มีการนำกุ้งขาวแวนนาไมเข้ามาเลี้ยงในทวีปเอเชียเป็นครั้งแรกที่ประเทศไต้หวันในปี พ.ศ. 2539 ส่วนในประเทศไทยเกษตรกรบางส่วนได้มีการลักลอบนำกุ้งชนิดนี้จากประเทศไต้หวันเข้ามาทดลองเลี้ยงในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งการทดลองเลี้ยงในครั้งนั้นไม่ประสบความสำเร็จมาก จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2545 กรมประมงได้อนุญาตให้นำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free, SPF) ตามระเบียบของกรมประมงเข้ามาทดลองเลี้ยงในประเทศไทย (มาลินี และ สมยศ, 2548) เนื่องจากในขณะนั้นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ในประเทศไทยประสบปัญหากุ้งโตช้า ทำให้เกษตรกรจำนวนมากขาดทุน (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) หลังจากนั้นในเวลาต่อมาเกษตรกรที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงเปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกันมากขึ้น

2. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา

เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งทะเลที่ผ่านการปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์มาแล้ว ทำให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและสามารถเลี้ยงได้ในอัตราความหนาแน่นสูง ซึ่งอัตราความหนาแน่นแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของ การผลิตและความพร้อมของฟาร์ม ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น

2.1 ระบบพัฒนาหรือความหนาแน่นสูง (intensive system) ฟาร์มกุ้งที่ใช้ระบบนี้ส่วนใหญ่จะมีพื้นที่บ่อประมาณ 3-6 ไร่ การเตรียมบ่อและการจัดการมีความละเอียดมากขึ้น ฟาร์มส่วนใหญ่จะมีบ่อพักน้ำคิดเป็นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของบ่อเลี้ยง มีอัตราการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นระหว่าง 60-90 ตัวต่อตารางเมตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่และความพร้อมของแต่ละฟาร์มโดยมีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและมีการให้อากาศอย่างเพียงพอที่สามารถรวบรวม

ตะกอนของเสียไว้รวมกันกลางบ่อ ลักษณะการเลี้ยงแบบนี้จะให้ผลผลิตสูง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

2.2 ระบบพัฒนาหรือความหนาแน่นสูงมาก (superintensive system) ฟาร์มเลี้ยงกุ้งในระบบนี้บางฟาร์มจะตั้งอยู่ในโรงเรือน (greenhouse) ผลผลิตต่อปีอาจสูงถึง 3.2-16 ตันต่อไร่หรืออาจสูงกว่านี้ แต่มีฟาร์มจำนวนน้อยในประเทศไทยและประเทศสหรัฐอเมริกาและในบางประเทศที่ทำได้ (Rosenberry, 2001) ตัวอย่างของฟาร์มที่มีการพัฒนาและใช้เทคโนโลยีในการจัดการฟาร์มคือบริษัท Belize Aquaculture Ltd. (BAL) ในประเทศเบลิส และฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม OceanBoy Farms ที่มลรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา ระบบนี้จะไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่มีปริมาณเครื่องให้อากาศมาก จัดการระบบน้ำหมุนเวียนป้องกันน้ำเสียโดยใช้ผลผลิตจากธรรมชาติ (McIntosh, 2000)

นอกจากนี้กุ้งขาวแวนนาไมยังสามารถเลี้ยงได้ในบ่อดินและบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททิลีน (พีอี) โดยชลอ และพรเลิศ (2547) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อปูด้วยพีอีและบ่อดินภายในฟาร์มเดียวกันและรวบรวมข้อแตกต่างที่เกิดขึ้น ดังนี้

1. บ่อที่ปูด้วยพีอี อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำและบริเวณพื้นบ่อจะสูงกว่าบ่อดินประมาณ 0.5-1 องศาเซลเซียส ทุกวันจากการวัดอุณหภูมิตลอดทั้งปี

2. สีน้ำในบ่อพีอีหรือปริมาณแพลงก์ตอนจะมีมากกว่าบ่อดิน เนื่องจากบ่อพีอีจะไม่มีตะกอนดินจากพื้นบ่อมาก ดังนั้นเมื่อไม่มีตะกอนแขวนลอยมาบังแสง ทำให้แพลงก์ตอนเพิ่มจำนวนได้รวดเร็ว ในขณะที่บ่อดินจะมีตะกอนมาก ทำให้โอกาสที่แพลงก์ตอนจะเพิ่มปริมาณเกิดช้ากว่าบ่อที่ปูพื้นบ่อด้วยพีอี โดยเฉพาะในช่วงระหว่าง 50-100 วัน พบว่าในบางพื้นที่บ่อดินจะมีตะกอนค่อนข้างมาก น้ำจะขุ่นเหมือนน้ำโคลน กุ้งจะเครียด ในขณะที่บ่อพีอี ไม่พบปัญหาเหล่านี้

3. กุ้งขาวที่เลี้ยงในบ่อดินซึ่งมีตะกอนมาก สีน้ำขุ่น กุ้งจะมีสีซีดขาว และถ้ามีตะกอนมากอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน กุ้งจะเครียด ตอนกลางคืนอาจจะสังเกตเห็นว่ากุ้งบางตัวมีสีส้มอมแดง กุ้งเหล่านี้มีการเจริญเติบโตช้าลง แต่ในบ่อที่ปูด้วยพีอีกุ้งมีสีเข้มกว่าเนื่องจากได้รับอาหารธรรมชาตินั่นก็คือแพลงก์ตอน เมื่อนำไปต้มสุก สีของกุ้งจากบ่อพีอีจะแดงเข้มกว่ากุ้งจากบ่อดิน โดยอรอนงค์ (2547) รายงานว่า ความแตกต่างของสีเปลือกกุ้งน่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อ

ถ้าปริมาณแพลงก์ตอนเหมาะสม คือ มีสีเขียวอมน้ำตาล สีกุ้งจะเข้มกว่าบ่อที่น้ำขุ่นมีตะกอนมาก และมีแพลงก์ตอนน้อย

3. การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทย

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นระบบการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) โดยมีการปล่อยกุ้งที่ระดับความหนาแน่นสูง มีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศและการจัดการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง และในอนาคตจะเริ่ มมีการพัฒนาการเลี้ยงให้สอดคล้องกับระบบมาตรฐานต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการฟาร์มและทำให้การส่งออกของกุ้งมีมาตรฐานและคุณภาพที่ดี ตามความต้องการของตลาดต่างประเทศ โดยทั่วไปน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยมีระดับความเค็มที่ใช้อยู่ 2 ระดับ คือ ระดับความเค็มต่ำกว่า 5 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) และความเค็มปกติประมาณ 15-30 พีพีที ขึ้นอยู่กับสภาพในแต่ละท้องที่

1. การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ

ส่วนใหญ่การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำจะทำในพื้นที่น้ำจืดและในพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งจะใช้น้ำความเค็มต่ำมาก โดยจะใช้น้ำเค็มความเข้มข้นสูงจากนาเกลือ ซึ่งมีความเค็มประมาณ 100-200 พีพีที มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที ส่วนใหญ่จะกั้นคอกก่อน โดยใช้ผ้าพลาสติกพื้นที่ประมาณ 100-150 ตารางเมตร ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจากนาเกลือลงไปจนได้ความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที หลังจากนั้นจะใช้ลูกกุ้งที่ปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักเป็นกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10-12 (พี 10-12) มาปล่อยในคอก อนุบาลในคอกประมาณ 3-4 วัน ก็เปิดคอกออกมา จะอนุบาลในคอกไม่นานมาก เนื่องจากกุ้งขาวกินอาหารเก่งและว่ายน้ำตลอดเวลา ซึ่งอาจจะมีการกินกันเอง อีกวิธีคือไม่กั้นคอก จะเตรียมน้ำความเค็มประมาณ 3-5 พีพีที แล้วให้ทางโรงเพาะฟักปรับความเค็มของลูกกุ้งจน ลงมาอยู่ที่ความเค็มที่ต่ำที่สุดประมาณใกล้เคียงกับที่จะมาปล่อยในบ่อ แล้วนำลูกกุ้งมาปล่อยโดยตรง ซึ่งจะทำให้อัตราการรอดตายสูงกว่า อัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำประมาณ 70,000-80,000 ตัวต่อไร่ส่วนใหญ่เกษตรกรจะเลี้ยงให้ได้กุ้งขนาดประมาณ 60-80 ตัวต่อกิโลกรัม คือ เลี้ยงประมาณ 3 เดือนโดยใช้อวนตาห่างเพื่อลากเอากุ้งขนาดใหญ่ออกขายประมาณครึ่งหนึ่ง หลังจากนั้นเติมน้ำจืดเข้าบ่อจนเต็ม หลังจากนั้นเติมน้ำเค็มจากนาเกลืออีกรอบเพื่อเพิ่มความเค็ม เลี้ยงอีกประมาณ 2 สัปดาห์ จะทำให้กุ้งในบ่อโตขึ้นจึงจับกุ้งที่เหลือทั้งหมด (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

2. การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ

การเลี้ยงกุ้งขาวริมชายฝั่งทะเลในพื้นที่ภาคใต้ที่ใช้น้ำความเค็มปกติ คือ ความเค็มมากกว่า 10 พีพีทีขึ้นไป ส่วนใหญ่จะมีการปล่อยกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่ ผลผลิตประมาณ 2 ตันต่อไร่ อัตรารอดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยความเค็มปกติริมชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะทางฝั่งทะเลอันดามัน จะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำ เนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้ายๆของการเลี้ยง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

4. โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย

ในปัจจุบันโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียมีอยู่หลายชนิดและสามารถพบแบคทีเรียได้ทั้งในน้ำและดิน ซึ่งเชื้อแบคทีเรียมีทั้งที่เป็นประโยชน์แ ละให้โทษ มีการศึกษาชนิดและปริมาณของแบคทีเรียบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกข องประเทศไทย พบว่ามีแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus, Staphylococcus, Clostridium* และ *Streptococcus* ปนเปื้อนในน้ำทะเลอยู่มาก (รัตนาภรณ์ และ พัฒนา, 2537) Simidu *et al.* (1977) รายงานว่าพบแบคทีเรียวงศ์ Vibrionaceae ถึง 54 เปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรียทั้งหมดที่แยกได้จากน้ำทะเลทางชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศจีน นอกจากนั้นยังสามารถพบแบคทีเรียบางชนิดที่เป็นประโยชน์และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคที่ผิวลำตัวและทางเดินอาหารของสัตว์ ซึ่งดำรงอยู่ในสภาพที่ พึ่งพาอาศัยกัน (commensal) ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม สัตว์ไม่เกิดภาวะเครียด แบคทีเรียเหล่านี้ก็ไม่สามารถก่อโรคในสัตว์น้ำได้ หรือถ้ามีแบคทีเรียบางชนิดเข้าไปในตัวสัตว์น้ำบริเวณที่มีบาดแผล สัตว์น้ำก็สามารถกำจัดแบคทีเรียเหล่านั้นได้โดยใช้ระบบป้องกันตัวภายในร่างกาย ถ้าเชื้อมีปริมาณน้อย (Johnson, 1983) แต่ถ้าสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม สัตว์เกิดอาการเครียดมีผลทำให้ร่างกายอ่อนแอลง ระบบการทำงานต่าง ๆ ภายในร่างกายทำงานด้อยลง เชื้อโรคเหล่านี้ก็สามารถก่อโรคในสัตว์น้ำได้ แบคทีเรียที่สามารถก่อโรคในสัตว์กลุ่ม crustacean เป็นแบคทีเรียไม่สามารถสร้างสปอร์ได้และเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (gram negative) ยกเว้นแบคทีเรีย *Micrococcus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram positive) ที่ก่อโรคใน Lobster (Johnson, 1983) ส่วนมากโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียจะเรียกตามอาการที่พบหรือเชื้อที่เป็นสาเหตุเช่น โรคเรืองแสงซึ่งอาการกุ้งที่ป่วยจะสามารถเห็น การเรืองแสงได้ในที่มืด โรคเสี้ยนดำซึ่งกุ้งที่ป่วยจะพบเสี้ยน สีดำติดอยู่บริเวณเปลือกและ ในเนื้อกุ้ง โรควิบริโอซิสซึ่งเรียกตามสาเหตุของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค คือเกิดจากแบคทีเรียสกุล *Vibrio*

5. ชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่พบในตัวกุ้งและสิ่งแวดล้อม

ปัญหาของโรคแบคทีเรียส่วนใหญ่มาจากการจัดการ ที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดจากการเลือกพื้นที่ไม่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง มีอัตราการปล่อยกุ้งอย่างหนาแน่น ให้อาหารมากเกินไป การควบคุมคุณสมบัติของน้ำก็ทำได้ยากขึ้นมีผลต่อสุขภาพของกุ้ง ในการเพาะเลี้ยงกุ้งแบคทีเรียสามารถเข้าไปปนเปื้อนได้ทุกขั้นตอนของกระบวนการการผลิต โดยอาจปนเปื้อนมาจากน้ำ อาหาร ภาชนะต่าง ๆ หรือปนเปื้อนมากับตัวกุ้งด้วยกันเอง ซึ่งแบคทีเรียอาจก่อให้เกิดโรคโดยตรงต่อกุ้งหรือเมื่อกุ้งเริ่มอ่อนแอ แบคทีเรียที่พบในบ่อกุ้งและในตัวกุ้งมีหลายชนิด โดยเฉพาะแบคทีเรียสกุล *Vibrio* ได้แก่ *V. harveyi, V. penaecida, V. parahaemolyticus* และ *V. vulnificus* (Nash *et al.* , 1992; Ishimaru *et al.* , 1995; Lightner, 1996)

เศรษฐเกียรติ และคณะ (2533) พบเชื้อ *V. alginolyticus, V. parahaemolyticus, V. cholerae,* และ *V. vulnificus* ในตับและตับอ่อนและน้ำเลือดของพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพ่อแม่พันธุ์กุ้งอาจจะเป็นตัวแพร่เชื้อเข้าสู่โรงเพาะฟักลูกกุ้ง ได้

วารินทร์ และคณะ (2537) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณแบคทีเรียในลูกกุ้งกุลาดำระยะนอเพลียส-5 ถึงระยะนอเพลียส-7 และรวมถึงการตรวจเชื้อแบคทีเรียในอาหารที่เลี้ยงกุ้งระยะดังกล่าว ซึ่งพบเชื้อแบคทีเรียสกุล *Pseudomonas, Vibrio, Moraxella, Acinetobacter, Cytophaga, Flavobacterium* โดยพบว่าน้ำที่เพาะเลี้ยง *Chaetoceros* มีปริมาณเชื้อ 10^4 CFU/มิลลิลิตร ในไรน้ำเค็ม (Artemia) 10^6 CFU/มิลลิลิตร และอาหารสำเร็จรูปมีปริมาณเชื้อ 10^3 CFU/มิลลิลิตร โดยเชื้อ *Vibrio* และ *Pseudomonas* พบในน้ำจากบ่ออนุบาลลูกกุ้ง ส่วนใน *Chaetoceros* พบเชื้อ *Pseudomonas* เป็นส่วนใหญ่ สำหรับไรน้ำเค็มแช่แข็งพบ *Vibrio* เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่พบแบคทีเรียแกรมบวกบางชนิดและ *Moraxella* ในอาหารสำเร็จรูป แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับน้ำและอาหารน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญของการตายของลูกกุ้งในระยะต่าง ๆ

แบคทีเรียที่พบทั้งในพ่อแม่พันธุ์และในลูกกุ้งระยะต่าง ๆ น่าจะส่งผลไปถึงการเพาะเลี้ยงกุ้งในบ่อดิน Ruangpan *et al*. (1995) พบแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ในน้ำที่เลี้ยงกุ้งบริเวณจังหวัดจันทบุรี โดยพบ *Pseudomonas* บ่อยที่สุด และแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็น *V. damsela, V. alginolyticus, V. parahaemolyticus, V. harveyi, V. fluvialis, V. cholera (non -01)*, *Vibrio* spp. รวมทั้งพบเชื้อ

Aeromonas, *Moraxella, Pseudomonas, Flavobacterium, Plesiomonas* และ *Acinetobacter* ในขณะเดียวกัน ลิลา และคณะ (2540ข) ได้ตรวจพบแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* spp. และ *Vibrio* spp. และ *V. alginolyticus, V. cholera (non-01)*, *V. damsel, V. harveyi, V. parahaemolyticus, V. vulnificus* ในตับและตับอ่อน ลำไส้ และเลือดกุ้งกุลาดำที่อายุ 30, 50, 70, 90 และ 120 วัน ซึ่งสอดคล้องกับ Ruangpan and Kitao (1991) และ Ruangpan (1995) ได้ตรวจพบแบคทีเรียชนิด *Vibrio* ถึง 205 strains ในกุ้งกุลาดำป่วยระหว่างปี ค.ศ. 1989 ถึง 1990 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียที่พบในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดินอาจจะปนเปื้อนมากับลูกกุ้ง หรือมีอยู่แล้วในน้ำ

แบคทีเรียที่สามารถทำให้เกิดโรคในกุ้งกุลาดำ มีหลายชนิดได้แก่ *V. parahaemolyticus, V. vulnificus, V. anguillarum* และ *V. haveyi* (ชลอ, 2535; อรัญญา, 2536) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เป็นปัญหาอย่างมากและสร้างความเสียหายให้แก่ผู้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ชนิดของแบคทีเรีย *Vibrio* ส่วนมากที่ทำให้เกิดโรคในกุ้งมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อ *V. parahaemolyticus, V. haveyi* ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่งสั้น สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน จัดเป็นแบคทีเรียที่พบมากที่สุดในสกุล *Vibrio*

6. แบคทีเรียสกุลวิบริโอ

แบคทีเรียสกุลวิบริโอ (*Vibrio* spp.) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ จัดอยู่ในกลุ่ม facultative anaerobic อยู่ในวงศ์ Vibrionaceae (Buamann *et al*., 1971) รูปร่างเป็นแท่งโค้ง (curved rods) หรือตรง มีขนาดความกว้าง 0.5-0.8 ไมโครเมตร ยาว 1.4-2.6 ไมโครเมตร (Inglis *et al.*, 1993) ใช้แฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่ในอาหารเหลว (liquid media) ใช้ monotrichous flagella ในการเคลื่อนที่เมื่อเจริญในอาหารแข็ง (solid media) สร้าง lateral flagella จำนวนมาก ไม่สร้าง endospore หรือ microcyst อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต คือ 18-37 องศาเซลเซียส เป็นแบคทีเรียที่ฉวยโอกาส (opportunistic bacteria หรือ facultative pathogen) คือเมื่อร่างกายของสัตว์อ่อนแอจากความเครียดจะเข้าทำอันตรายได้ ทำให้เกิดโรคแบบ secondary infection (ลิลา และคณะ, 2540; Austin and Austin, 1987) สามารถเจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไปที่มีการเติมเกลือ 1.5–3.5 เปอร์เซ็นต์ (ชลอ, 2528) แต่ลักษณะโคโลนีที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างจากแบคทีเรียกลุ่มอื่น ซึ่งยากต่อการใช้จำแนกชนิด ดังนั้นจึงมีอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะต่อแบคทีเรียสกุลนี้ (selective media) คือ Thiosulfate Citrate Bile Salts Sucrose (TCBS) agar หรือ Bromthymol Blue

Salt Teepol (BTBST) เมื่อเจริญจะให้โคโลนีสีเขียวหรือเหลือง ขนาดปานกลาง-ใหญ่ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้น้ำตาลซูโครสของแต่ละสายพันธุ์ (Cowan, 1975)

จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรียสกุล *Vibrio* มีอย่างน้อย 25 ชนิดดังนี้คือ *V. alginolyticus, V. anguillarum, V. camphelii, V. carchariae, V. cholera, V. costecola, V. damsel a, V. fischeri, V. fluviaris, V. gazogenes, V. harveyi, V. logei, V. marinus, V. methnikovii, V. natriegens, V. nereis, V. nigripulchritudo, V. ordalii, V. pelagius 1* และ *2, V. parahaemolyticus, V. proteolyticus, V. proteus, V. salmonicida, V. splendidus 1* และ *2, V. vulnificus* และ *Vibrio* spp. (Austin and Austin, 1987)

ชนิดของแบคทีเรีย *Vibrio* ที่มีความสำคัญ

Vibrio parahaemolyticus

เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่งสั้น หรือโค้ง มีขนาดความกว้าง 0.4-0.5 และความยาว 1-3 ไมโครเมตร สามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 2-4 เปอร์เซ็นต์ โคโลนีทึบแสง จุดกลางโคโลนีสีเข้ม เชื้อเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 5-45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเหมาะสมคือ 37.5 องศาเซลเซียส พีเอช 5-11 และช่วงที่เหมาะสม คือ 7.5-8.8 เจริญได้ดีทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน พบอาศัยอยู่ในแหล่งต่าง ๆ ทั้งในส่วนของสภาพแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเล เขตน้ำกร่อย ตะกอนดิน รวมทั้งปลาทะเล หอยและสัตว์ในกลุ่มครัสตาเซียนในหลาย ๆ พื้นที่ทั่วโลก (Sakasaki, 1968; Twedt,1969; Anonymous,1971; Beuchat, 1974) เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลว *V. parahaemolyticus* สามารถสร้างแส้ (flagellum) ที่มีเยื่อหุ้มขนาดใหญ่ 1 เส้น ติดอยู่กับส่วนของ outer membrane ของเซลล์ เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ แต่เมื่อเลี้ยงในอาหารแข็งแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานหลังจากถูกถ่ายจากอาหารเหลวสู่อาหารแข็ง แบคทีเรียจะหยุดการแบ่งเซลล์และเริ่มยืดขยายตัวออก จากประมาณ 30 ไมโครเมตร เป็น 40 ไมโครเมตร พร้อมกับสร้าง flagella จำนวนมาก ซึ่งมีโครงสร้างต่างกับ polar flagellum โดยพบว่าไม่มีส่วนห่อหุ้ม เรียกว่า “lateral flagella” เรียงรายอยู่รอบเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่เคลื่อนที่บนผิวในอาหารแข็ง (Shinoda and Okamoto, 1977) ในทางตรงกันข้ามเมื่อย้ายเซลล์ไปเลี้ยงในอาหารเหลว แบคทีเรียจะเริ่มแบ่งเซลล์ พร้อมกับสร้าง lateral flagella จะหยุดลง และส่วนที่เหลือจะถูกสลัดให้หลุดออกไปในสภาพแวดล้อมดังกล่าว (Belas and Colwell, 1982)

มีรายงานพบว่า *V. parahaemolyticus* มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคของกุ้ง เช่น โรคติดเชื้อกับกุ้ง *Penaeus vannamei* ในบริเวณพื้นที่อ่าว Guayaquil ประเทศเอกวาดอร์ อมรชัย (2536) รายงานว่า *V. parahaemolyticus* เป็นแบคทีเรียที่พบมากในตับและตับอ่อนของกุ้งกุลาดำที่ป่วยในฟาร์มเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย การศึกษาของ Chanratchakool (1992) และ Ruangpan (1995) พบว่า *V. parahaemolyticus* จัดเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในกุ้งกุลาดำ มากที่สุดจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย

Vibrio harveyi

เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ที่มีลักษณะเป็นแท่งตรงขนาด 1.2-4 x 0.3-1.0 ไมโครเมตร สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง พีเอชกว้าง คือ 6-9 และอุณหภูมิ 20-50 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์มาก (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) สร้าง lateral flagella บนอาหารแข็งเจริญได้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เคลื่อนที่โดยอาศัยแฟลกเจลลาเป็นพวก halophile เป็นทั้ง aerobic และ anaerobic bacteria ให้ผลการทดสอบทางชีวเคมีของ oxidase test catalase test และ nitrate reductase เป็น positive (สุบงกช, 2540) เป็นวิบริโอที่มีลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้ (luminesense) ในสภาพต่าง ๆ เนื่องจากเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ luciferase ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ aldehyde และ flavin mononucleotide ($FMNH_2$) ในรูป reduced ให้ได้น้ำ กรดอินทรีย์ และ flavin mononucleotide และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปพลังงานเรืองแสง ซึ่งมีความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร มีสีเขียวแกมเหลืองออกมา (Ziegler and Baldwin, 1981) ดังสมการ

$$RCHO + O_2 + FMNH_2 \xrightarrow{\text{Luciferase}} RCOOH + FMN + H_2O + \text{light (ความยาวคลื่น 490 nm)}$$

(Schmetterer *et.al.*, 1986)

หมายเหตุ; RCHO คือ อัลดีไฮด์คาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 7-9 คาร์บอนอะตอม (straight-aliphatic moiety)

ลักษณะอาการ กุ้งที่ป่วยจะขึ้นมาอยู่ที่บริเวณริมบ่อ หรือตามผิวน้ำ ลำตัวมีสีเข้ม บางตัวอาจจะมีสีค่อนข้างแดง รยางค์กร่อนดำกินอาหารลดลง ตัวหลวม ตับมีสีซีดลง เซลล์เหงือกตาย เวลากลางคืนจะเห็นการเรืองแสง (กุลวรา, 2534; ชลอ, 2543)

Vibrio vulnificus

เป็นแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเสี้ยนดำในกุ้ง (black splint) ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการตายอย่างรุนแรง กุ้งที่เป็นโรคเสี้ยนดำจะมีการสะสมเม็ดสี (melanin) ฝังลงไปในกล้ามเนื้อ เมื่อนำไปต้มให้สุกทำให้เห็นเป็นสีดำแทรกอยู่ไม่น่ารับประทาน (Limsuwan, 1993) ซึ่งอาการเสี้ยนดำที่เกิดขึ้นมักพบที่บริเวณกล้ามเนื้อส่วนท้อง การติดเชื้อเป็นแบบเรื้อรังทำให้กุ้ งมีการตอบสนองโดยสร้างสารสีดำขึ้นในบริเวณนั้น (พรเลิศ และคณะ, 2537)

ชลอ (2531) รายงานการเกิดโรคเสี้ยนดำในปลายปี พ.ศ. 2531 ในหลาย ๆ พื้นที่การเลี้ยงโดยเฉพาะฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำจะได้รับความเสียหายมาก ซึ่งกุ้งที่เป็นโรคจะเห็นเสี้ยนสีน้ำตาลดำแทรกอยู่ในส่วนของกล้ามเนื้อ ด้านล่างของแพน หางและส่วนที่เชื่อมระหว่างปล้อง บางตัวพบจุดสีดำหรือน้ำตาลที่ carapace เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1-0.5 เซนติเมตร และผลการตรวจสอบพบว่ามีสาเหตุมาจากเชื้อ *V. vulnificus* การศึกษาทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อพบว่ามีการสะสมของเม็ดเลือดและเกิดเมลานินโดยมีกลุ่มของแบคทีเรียจำนวนมากบริเวณรอบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบริเวณที่เกิดเสี้ยนดำ และยังสามารถพบที่เหงือกและตับและตับอ่อน ได้เช่นกัน แต่แบคทีเรียชนิดนี้นี้พบน้อยในน้ำที่มีความเค็มสูง (Chanratchakool, 1992)

Vibrio alginolyticus

V. alginolyticus เป็นแบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอ ที่สามารถแยกได้จากกุ้งกุลาดำที่ป่วยเสมอ และยังพบว่าเป็นสาเหตุของการเกิดโรคกุ้งขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถตรวจพบแบคทีเรียชนิดนี้มากในส่วนของ ตับและตับอ่อนและน้ำเลือด จากตัวอย่างกุ้งที่ป่วย (Raungpan, 1995)

ธนาทิพย์ และคณะ (2537) ได้ทำการทดลองพบว่าปริมาณแบคทีเรีย *V. alginolyticus* ที่ทำให้กุ้งกุลาดำตาย 50 เปอร์เซนต์ ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง คือ 5.1×10^{5} เซลล์/มิลลิลิตร

การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพ ของเนื้อเยื่อที่พบว่ามีการเกิด nodules จำนวนมากล้อมรอบบริเวณที่เนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย โดยมีเม็ดเลือด (hemocyte) เข้ามารวมกลุ่มเพื่อกำจัดเซลล์ที่ถูกทำลายและมีการสะสมของเม็ดสี (melanization) บริเวณที่เกิดบาดแผล นอกจากนี้ยังพบเชื้อ *V. alginolyticus* ยังเป็นสาเหตุของการเกิดโรคในกุ้งกุลาดำที่ประเทศมาเลเซีย (Anderson *et.al*., 1988) และกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงในบ่ออนุบาล ในประเทศเอกวาดอร์ (Mohney *et.al*., 1994)

Vibrio anguillarum

รูปร่างเป็นแท่งตรง หรือโค้ง ขนาด 0.5 x 1.0-2.0 ไมโครเมตร ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ด้วย flagella 1 เส้น ไม่เป็น acid-fast และไม่สร้างสารสี เจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไปที่มีเกลือ 1–1.5 เปอร์เซ็นต์ (Egusa, 1992) เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในปลาชนิดแรกที่สามารถแยกได้ในห้องปฏิบัติการ โดยแยกจากปลาไหล ในปี ค.ศ. 1974 และยังเป็นแบคทีเรียแรกที่ได้ระบุชื่อลงไปใน The European Literature อีกด้วย (Frerichs and Millar, 1993) *V. anguillarum* เป็นแบคทีเรียที่ทำให้ปลาทะเลและปลาน้ำกร่อยทั่วไปเป็นโรค โดยเฉพาะแหล่งที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและในทะเล ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ปลาเป็นโรควิบริโอซิส ถ้ามีอยู่ในตัวปลาหรือรอบ ๆ ตัวปลา ในไม่ช้าจะทำให้เกิดโรคได้

Vibrio damsela

มีลักษณะและคุณสมบัติ เป็น facultative anaerobic bacteria ย้อมติดสีแกรมลบ เคลื่อนที่ได้เล็กน้อย สามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการผสมเกลือ 1-6 เปอร์เซ็นต์ สร้างกรดจาก D-glucose แต่ไม่สร้างจาก D-adonitol, cellobiose, dulcitol, erythritol, melibiose, raffinose, L -rhamnose, D-sorbitol, trehalose หรือ D-xylose DNA ประกอบด้วย Guanine และ Cytosine 43 เปอร์เซ็นต์ (Austin and Austin 1993) Renault *et al*. (1994) รายงานว่าพบ *V.damsela* ซึ่งเป็นสาเหตุการตายของปลากะพงขาวที่มีการเพาะเลี้ยงในตาฮิติ (Tahiti) เป็นครั้งแรก และยังสามารถแยกเชื้อ *V. damsela* ได้จากฟาร์มเลี้ยงปลา rainbow trout ในเดนมาร์กเป็นครั้งแรก (Pedersen *et al*.,1997) สำหรับประเทศไทย อมรชัย (2536) สามารถแยก *V. damsela* จากกุ้งกุลาดำ ได้เป็นครั้งแรก นอกจากนี้ยังพบ *V. damsela* ปนเปื้อนอยู่ในอาหารทะเลที่ประเทศบราซิลอีกด้วย (Landgraf *et al*., 1996)

7. โรควิบริโอซิส (Vibriosis) ในกุ้ง

เป็นโรคที่มีสาเหตุจากแบคทีเรียในสกุล *Vibrio* ซึ่งมักพบในกุ้งทะเล สำหรับกุ้งขาวแวนนาไมโรคที่เกิดจากเชื้อ *Vibrio* สามารถเรียกได้อีกชื่อคือ “Sindroma gaviota” ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศเอกวาดอร์ในช่วงปี ค.ศ. 1989 และ 1990 (Mohney *et al.,* 1991) โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถพบได้ในทางเดินอาหาร (Moss *et al.,* 2000) ตับ และตับอ่อนและน้ำเลือดของกุ้งที่เป็นปกติ (Gomez-Gil *et al.,* 1998) เมื่อกุ้งอยู่ในสภาวะที่เครียด เช่น เกิดการติดเชื้อจากจุลชีพต่าง ๆ ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและความเค็มที่สูงเกินไป เป็นต้น ก็สามารถก่อให้เกิดโรคได้เช่นกัน (Mohney *et al.,* 1994) โดยแบคทีเรียจะไปทำลายเนื้อเยื่อหรือเชื้อแพร่กระจายไปในระบบต่าง ๆ ทั่วร่างกาย เมื่อมีการติดเชื้อบริเวณเปลือก ทำให้ปรากฏเป็นแผลสีดำหรือน้ำตาลที่บริเวณนั้น เรียกว่าโรคจุดดำหรือน้ำตาล (black or brown spot disease) นอกจากนี้พบว่าถ้ามีการติดเชื้ออย่างรุนแรงอาจทำให้เกิดการตายถึง 70 เปอร์เซนต์ และกุ้งที่ป่วยจะถูกกุ้งที่แข็งแรงกว่ากิน สำหรับอาการอื่นๆที่สามารถพบได้ คือ กุ้งที่เป็นโรคติดเชื้อแบคทีเรียจะมีการว่ายน้ำผิดปกติ บางส่วนพบที่พื้นก้นบ่อสีตัวเข้มขึ้น อาจพบอาการของโรคที่ทำให้กล้ามเนื้อตาย (muscle necrosis) และอาการกล้ามเนื้อเกร็งเป็นตะคริว (cramped muscle syndrome) ร่วมด้วย (Block and Main, 1994)

ชลอ (2543) รายงานว่า กุ้งที่ป่วยโดยการติดเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอ มักจะอยู่ตามขอบบ่อ หรือลอยตามผิวน้ำ มีตั้งแต่กุ้งตัวสกปรก มีตะกอนตามผิวตัว กุ้งตัวสีส้ม จับดูตัวหลวม ตามลำตัวสกปรก หางมักจะกร่อน บางลักษณะจะพบว่าตามลำตัวจะมีจุดดำขนาดเล็ก บริเวณแผ่นปิดเหงือกจะบวม หรือตามเปลือกจะมีจุดขาว ๆ เมื่อนำมาเขี่ยเชื้อจากตับและตับอ่อน หรือจากน้ำเลือดจะมีเชื้อแบคทีเรียเป็นจำนวนมาก ตับและตับอ่อนมักจะมีขนาดเล็กลงกว่าปกติ กุ้งที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียในลักษณะที่กล่าวมาแล้วนั้น ไม่สามารถที่จะทำการรักษาโดยใช้ยาปฏิชีวนะได้ เนื่องจากกุ้งลักษณะอาการเหล่านี้มีการป่วยมาเป็นเวลานาน จนถึงระยะที่กุ้งไม่กินอาหารดังนั้นการรักษาจึงไม่ได้ผล

การควบคุมโรค Vibriosis

การควบคุมโรค Vibriosis ทำได้โดยการเตรียมบ่อที่ดีก่อนการเลี้ยงกุ้งและการจัดการเพื่อลดความเครียดภายในบ่อเลี้ยง (Lightner, 1996) ควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อการป้องกันการเกิดสาหร่ายหรือขี้แดดที่พื้นบ่อ ในระหว่างการเลี้ยง ต้องควบคุมการให้อาหารอย่าให้มีเหลือตกค้างเพราะจะเป็นการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียได้ง่าย การเปลี่ยนถ่ายน้ำ การลดจำนวนของเสียภายในบ่อโดยการลดอัตราการปล่อยกุ้ง การเตรียมบ่อที่ดีโดยการตากบ่อหลังจากการเลี้ยงในแต่ละรุ่นและการใส่ปูนขาวจะช่วยลดปริมาณเชื้อแบ คทีเรียได้ (Anderson *et al.,* 1988)

การใช้ยาในการป้องกันและรักษาโรคในระยะที่กุ้งเริ่มแสดงอาการผิดปกติแต่ยังไม่ป่วยมากจำเป็นจะต้องทำควบคู่กับการปรับปรุงคุณภาพน้ำและพื้นบ่อด้วยจึงจะได้ผล การใช้ยาในการป้องกันและรักษาจะได้ผลน้อยมากถ้าไม่ สามารถควบคุมคุณภาพน้ำ ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงมากและพื้นบ่อให้สะอาดได้ ยาต้านจุลชีพที่ใช้จะต้องเป็นยาที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอนุญาตให้ใช้เท่านั้น และต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมประมงโดยเคร่งครัดเพื่อป้องกันปัญหายาตกค้าง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

8. จุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง

จุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งมีทั้งชนิดที่เป็น autotrophs และ heterotrophs แต่ชนิดที่มีความสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์คือพวก heterotrophs เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องอาศัยสารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานและคาร์บอน จึงทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความสำคัญที่ทำให้เ กิดการเน่าเปื่อยและการสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ มีการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ รวมทั้งหมดในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา มีค่าอยู่ระหว่าง $3.33x10^3$ - $3.19x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และปริมาณเชื้อ *Vibrio* spp. เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง $0.65x10^2$ -$1.22x10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (กุลวรา, 2534) ส่วนสกุลของจุลินทรีย์ที่พบมากในทะเลและบ่อเลี้ยงกุ้ง ได้แก่ *Vibrio, Pseudomonas, Aeromonas, Acinetobacter, Flavobacterium, Moraxella* และ *Plesiomonas* ซึ่ง *Vibrio* เป็นสกุลที่พบมากที่สุดคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์ที่พบ (ลิลา, 2540ค) ปริมาณเชื้อ *Vibrio spp.* ในดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนการเลี้ยง ขณะที่เลี้ยงเป็นเวลา 1, 2, 3 และ4 เดือน รวมทั้งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่ามีเชื้อ *Vibrio* ประมาณ $3.3x10^2$, $4.1x10^3$, $2.9x10^4$, $3.6x10^4$, $6.0x10^4$ และ $2.3x10^6$ CFU/กรัม

ตามลำดับ (ศุภชัย, 2538) ส่วนเชื้อ *Bacillus* sp.ที่พบมากที่สุดคือ *Bacillus pumilus, B. subtilis, B. cereus* และ *B. licheniformis* (Ivanova *et al*., 1992)

สิทธิ และคณะ (2532) รายงานปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำที่มีความหนาแน่นของกุ้งกุลาดำต่างกันคือ 100, 150 และ200 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าจะมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในน้ำ $8.3x10^3$-$2.1x10^5$, $3.0x10^3$-$3.5x10^5$ และ $9.0x10^3$-$4.1x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับส่วนปริมาณ *Vibrio* spp. พบอยู่ ในช่วง $4.0x10^2$ - $6.8x10^3$, $6.0x10^2$ - $5.3 x10^3$ และ $2.6x10^2$ - $5.4 x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงปริมาณจุลินทรีย์รวมและเชื้อ *Vibrio* spp. ในน้ำจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยง

9. สารอินทรีย์ (Organic matter) ในบ่อเลี้ยงกุ้ง

สารอินทรีย์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนมาก เป็นสารประกอบอินทรีย์ ไนโตรเจน และคาร์บอน แหล่งของสารอินทรีย์ที่สำคัญในบ่อเลี้ยงกุ้งนอกจากจะมาจากสารแขวนลอยในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งตามธรรมชาติแล้ว พบว่าส่วนใหญ่จะมาจากอาหารที่กุ้งกินเหลือ และของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมา (ดีพร้อม, 2531) เนื่องจากอาหารกุ้งประกอบด้วยสารจำพวกโปรตีนมากที่สุด คือ 35-45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรตประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6-9 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยอาหาร 3.5 เปอร์เซ็นต์ (มะลิ, 2531) Colwell and Morita (1974) พบว่า สารประกอบไนโตรเจนมากกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ในน้ำเกิดจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำโดยเฉพาะสัตว์จำพวกครัสตาเชียนสามา รถขับถ่ายของเสียออกมาในรูปของแอมโมเนียและกรดอะมิโนบางชนิด เช่น arginine เป็นต้น พบว่าในกุ้งกุลาดำ ขนาด 1.6-27 กรัม จะขับถ่ายแอมโมเนียประมาณ 0.03-0.30 มิลลิกรัมแอมโมเนียไนโตรเจนต่อน้ำหนักกุ้ง 1 กรัมต่อวัน (สมพร, 2535) จากการศึกษาปริมาณของสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ บริเวณรอบๆป่าชายเลนและบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณป่าชายเลนเป็นเวลา 4 เดือน นิวุฒิ (2534) พบว่าผิวดินบริเวณรอบๆป่าชายเลนมีปริมาณสารอินทรีย์ตลอดการเลี้ยงอยู่ในช่วง 1.76-2.05 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณสารอินทรีย์บริเวณพื้นบ่อมีระดับสูงอยู่ระหว่าง 5.05-6.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 20 เซนติเมตร จะมีค่าสูงสุด มากกว่าที่ระดับความลึกจากผิวดิน 10 เซนติเมตร และปริมาณสารอินทรีย์ที่ระดับผิวมีปริมาณน้อยที่สุด และจากการศึกษาของพยุง (2532) พบว่าบริเวณนากุ้งและป่าชายเลนจังหวัดตราด มีค่ าปริมาณสารอินทรีย์เท่ากับ 0.01-20.66 และ 2.10-13.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ บ่อเลี้ยงกุ้งจังหวัดสมุทรสาคร มีค่าเท่ากับ 3.76-4.22 เปอร์เซ็นต์ (ยนต์ และพรพันธ์, 2534)

การใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำ

ชลิต (2535) ได้ทำการศึกษาผลของจุลินทรีย์ *B. subtilis* ในการย่อยเศษอาหารและขี้กุ้งโดยใช้หลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำเค็ม 30 พีพีที หลอดละ 15 มิลลิลิตร และเริ่มจากตะกอนเศษอาหารและ ขี้กุ้งระดับ 3 เซนติเมตร ซึ่งคิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมด เติมจุลินทรีย์ 0.3 กรัมต่อหลอด ทำการทดลอง 9 วัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์ พบว่าในหลอดที่เติมจุลินทรีย์ตะกอนขี้กุ้งและเศษอาหารลดลง โดยในวันแรกเหลือ 78.33, 75.67, 73.33, 70.67 และ 69.0 เปอร์เซ็นต์ ในวันต่อๆมา และคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งสามารถตะกอนขี้กุ้งและเศษอาหารเหลือถึง 37 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหลอดที่ไม่เติมจุลินทรีย์พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองตะกอนขี้กุ้งและเศษอาหารเหลือถึง 94.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถลดได้เพียง 5.7 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และศึกษาการใช้จุลินทรีย์ในระหว่างการเลี้ยงกุ้งโดยเติมจุลินทรีย์อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 2 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 พบว่าการทดลองที่ปล่อยเลี้ยงกุ้งหนาแน่น 30 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าในบ่อที่เติมจุลินทรีย์และไม่เติมจุลินทรีย์ ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่บ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์จะมีอัตราการรอดตายสู งกว่าบ่อที่ไม่เติมจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และบ่อที่เติมจุลินทรีย์จะมีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าบ่อควบคุม แต่ไนไตรท์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สมพร (2535) ได้ทำการศึกษาโดยใช้จุลินทรีย์ *B. subtilis* ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง พบว่าบ่อที่ไม่ได้ใส่จุลินทรีย์มีค่าไนไตรท์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และค่า BOD เท่ากับ 2.85, 0.033 และ18.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนบ่อที่ใส่จุลินทรีย์จะมีค่าต่ำกว่าคือ 2.15, 0.025 และ 9.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ *B. subtilis* สามารถออกซิไดส์ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์และไขมัน เป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในน้ำและตะกอนดินเนื่องจากสามารถผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ภายนอกเซลล์ได้

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยจุลินทรีย์

สมาน (2538) อธิบาย 4 ขั้นตอนที่สำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลิน ทรีย์ ดังนี้

1. การย่อยสลายสารอินทรีย์

โดยจุลินทรีย์จะผลิต extracellular enzyme ปล่อยออกมาภายนอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำได้ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำสารอินทรีย์ในรูปนี้เข้าสู่เซลล์และใช้เป็นอาหารได้ สารอิน ทรีย์ที่ถูกย่อยสลายนี้จะเปลี่ยนเป็นรูป carbonaceousBOD แอมโมเนียและฟอตเฟต ซึ่งจะเป็นรูปใดก็ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลาย

2. การแปรสภาพของ CarbonaceousBOD

จุลินทรีย์ชนิด heterotrophs จะใช้สารอินทรีย์คาร์บอนจากโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งคาร์บอน ส่วนจุลินทรีย์ชนิด autotrophs จะใช้สารอนินทรีย์คาร์บอน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนได้ด้วย ส่วนกระบวนการ nitrification จะเกิดขึ้นโดยกิจกรรมของ autotrophic bacteria กลุ่ม nitrifying bacteria ผลสุดท้ายของการแปรสภาพ carbonaceousBOD จะได้จำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ แคลเซียมฟอสเฟต

3. Nitrification

เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการนี้ต้องการสภาพที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ และถ้ามีสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำอยู่ในปริมาณที่สูงจะสามารถยับยั้งกระบวนการนี้ได้ (โดยทั่วไปกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อค่า BOD ของน้ำจะต้องต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในกระบวนการ nitrification นี้เป็นกิจกรรมของ nitrifying bacteria ซึ่งกระบวนการแปรสภาพมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ

3.1 แอมโมเนียหรือแอมโมเนียมอิออน ถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้ เช่น *Nitrosomonas* sp.

3.2 ไนไตรท์ถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรท จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องเช่น *Nitrobacter* sp.

4. Denitrification

กระบวนการ denitrification เป็นการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ กระบวนการนี้เกิดในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนและต้องการสารอินทรีย์คาร์บอนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานเกิดโดย heterotrophic bacteria ซึ่งแหล่งคาร์บอนนี้มาจากตะกอนโคลนเลน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้รวมเรียกว่า denitrifying bacteria เช่น *Pseudomonas* sp. , *Achromobacter* sp. , *Micrococcus* sp. , *Thiobacillus denitrificans*

กิจกรรมทางชีวเคมีของจุลินทรีย์

กระบวนการเผาผลาญอาหารของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ประกอบขึ้นด้วยปฏิกิริยาทางเคมีรวมๆ กันหลายอย่างโดยใช้เอนไซม์เป็นคาทาลิสท์ ในการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจำเป็นต้องอาศัยอาหารและพลังงาน อาหารของจุลินทรีย์ในดินมีอยู่มากมายหลายชนิดแตกต่างกันออกไป จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งไม่สามารถย่อยอาหารที่มีอยู่ในดินได้ทุ กชนิด แต่อาหารเหล่านั้นก็จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ต่างๆ อาหารของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินจะอยู่ในรูปที่สลับซับซ้อนก่อนที่จุลินทรีย์จะนำอาหารเหล่านี้เข้าไปในร่างกายได้ก็จะต้องย่อยอาหารโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็กโดยใช้เอนไซม์ที่อยู่ภายนอกเซลล์ จุลินทรี ย์จะย่อยสารประกอบใดเป็นอาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ที่มีอยู่ ส่วนพลังงานนั้นจุลินทรีย์จะได้มาจากการ ออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์แทบทั้งสิ้น บางชนิดก็ได้พลังงานจากกระบวนการสังเคราะห์แสง พลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นนั้น เกิดจากการทำให้ พันธะเคมีของโมเลกุลของสารนั้นแตกออกแล้วจัดเรียงกันขึ้นใหม่ การสับเปลี่ยนของอิเล็กตรอนก่อให้เกิดการปล่อยพลังงานออกมาซึ่งมักจะอยู่ในรูปของความร้อน ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดในระบบทางชีวภาพมักจะเป็นทั้ง endergonic reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ต้องใช้พลังงานและ exergonic reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ปล่อยพลังงานออกมา ฉะนั้นระบบชีวภาพจึงเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานที่เกิดจาก exergonic reaction จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของพลังงานทางเคมี แล้วเก็บไว้ในรูปของพันธะที่มีพลังงานสูง ตัวอย่างเช่น pyrophosphate bonds ของสาร adenosine triphosphate หรือเรียกย่อๆว่า ATP สาร ATP ที่เกิดขึ้นนี้ก็จะเป็นตัวเชื่อมระหว่างปฏิกิริยาที่ให้พลังงาน และปฏิกิริยาที่ต้องการพลังงานในกระบวนการสร้างเซลล์

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ได้รับพลังงานจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น -รีดักชั่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางชีวภาพ เรียกว่าการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ออกซิเจนจะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

แบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจนส่วนใหญ่ได้รับพลังงานจากกระบวนการหายใจนั้น จุลินทรีย์ชนิด autotroph ส่วนใหญ่ได้พลังงานจากการออกซิไดซ์สารอนินทรีย์เฉพาะอย่าง เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ กำมะถัน แอมโมเนีย และไนไตรท์ เชื่อว่าปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นจะต้องมีสาร ATP เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย พลังงานต่างๆที่เกิดขึ้นเป็นพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาเหล่านั้น จุลินทรีย์อาจจะใช้พลังงานไปเพียงบางส่วนได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบต่างๆที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาที่ให้พลังงานอีกชนิดหนึ่งคือ ปฏิกิริยาเฟอร์เม็นเทชั่น (fermentation) โดยมีสารอินทรีย์ทำหน้าที่เป็นตัวให้และรับอิเล็กตรอน จุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (heterotrophic anaerobes) และพวก facultative anaerobes สามารถที่จะทำลายสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต โดยกระบวนการ รีดักชั่นประเภทที่ไม่ใช้ออกซิเจน แล้วเกิดสารประกอบที่ถูกย่อยทำลายต่อไปได้ด้วยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโมเลกุลเท่านั้น โดยที่เอนไซม์ของจุลินทรีย์จะเข้าย่อยทำลายไม่ได้

กระบวนการที่ให้พลังงานอีกแบบหนึ่ง คือ การหายใจในสภาพที่ไม่มีออก ซิเจน (anaerobic respiration) กระบวนการนี้ใช้สารอนินทรีย์เป็นตัวรับอิเล็คตรอน กระบวนการนี้มีความสำคัญต่อดินมาก โดยที่จุลินทรีย์พวก anaerobes ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ไม้ต้องการออกซิเจน และพวก facultative anaerobes ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนจะมีความสามารถในการรีดิวซ์สารประกอบกำมะถัน ไนโตรเจน และเหล็กได้

ไม่ว่าจุลินทรีย์จะได้พลังงานจากปฏิกิริยาการหายใจ หรือ เฟอร์เม็นเทชั่น หรือการหายใจที่ไม่อาศัยออกซิเจนก็ตาม ในการ ที่จะสร้างเซลล์ของตัวมันเอง จุลิน ทรีย์จำเป็นที่จะต้องได้รับอาหาร จุลินทรีย์พวก heterotroph ก็ได้รับสารอาหารจำพวกสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน นำไปใช้ในการสร้างโปรโตพลาสซึมและเอนไซม์ nucleic acid ใช้ในการควบคุมการเจริญของเซลล์และพันธุกรรมของเซลล์ สารพวกลิปิด (lipid) และคาร์โบไฮเดรตใช้ในการสร้างเซลล์และเป็นแหล่งสะสมอาหาร

10. แบคทีเรีย *Bacillus* sp.

Bacillus sp. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive bacteria) สามารถสร้างเอนโดสปอร์ (endospore forming) มีรูปร่างเป็นท่อน อาศัยอยู่ได้ทั้งในดิน น้ำจืด และน้ำเค็ม สามารถเจริญได้ในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำ และอยู่ได้ในช่วงพีเอชกว้างประมาณ 8-11 มีเอนโดสปอร์ที่ทนความร้อนและสร้างเอกโซเอนไซม์ (exoenzyme) ในการย่อยสารอินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น เอนไซม์โปรติเอส (protease) ย่อยสารจำพวกโปรตีน เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ย่อยสารจำพวกแป้ง เอนไซม์เอสทิเรส (esterase) ย่อยสารจำพวกไขมัน เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ย่อยสารจำพวกเซลลูโลส และเอนไซม์ไซลาเนส (xylanase) ย่อยผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ (นงลักษณ์และปรีชา, 2541)

มินตรา (2551) ได้ทำการแยกเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. จากลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไมจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งในจังหวัดฉะเชิงเทราและนครปฐม จำนวน 80 ตัวอย่าง พบเชื้อ *Bacillus* 5 ชนิด คือ *B. licheniformis, B. cereus, B. coagulans, B. sphaericus* และ *B. subtilis* และนำมาศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งทะเลชนิด *V. harveyi* ด้วยวิธี cross streak พบว่าเชื้อสายพันธุ์ *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLF และ *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLS แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *V. harveyi* เชื้อ *B. cereus* สายพันธุ์ BCES และ *B. sphaericus* แสดงลักษณะการครอบครองพื้นที่ของเชื้อ *V. harveyi* ส่วนเชื้อ *B. cereus* สายพันธุ์ BCEF, *B. coagulans* และ *B. subtilis* ไม่แสดงการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* และเมื่อนำเชื้อ *Bacillus* spp. ที่แยกได้มาทำการทดสอบความสามารถในการลดปริมาณเชื้อ *V. harveyi* ในน้ำทะเลความเค็ม 20 พีพีที พบว่าเชื้อ *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLF, *B. licheniformis* สายพันธุ์ BLS, *B. cereus* สายพันธุ์ BCEF, *B. cereus* สายพันธุ์ BCES, *B. coagulans*, *B. sphaericus* และ *B. subtilis* สามารถลดปริมาณ *V. harveyi* ได้

เมื่อนำแบคทีเรีย *Bacillus* มาผสมกับอาหารให้แก่ลูกกุ้งกุลาดำกินในอัตราส่วนต่างๆกัน พบว่า ลูกกุ้งที่ได้รับโปรไบโอติกมีอัตราการรอดตายจากการเหนี่ยวนำให้เกิดโรคโดย *V. harveyi* สูงและมีสุขภาพแข็งแรงการเจริญเติบโตดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับโปรไบโอติก (ลิลา และคณะ, 2540; นิตยา, 2549; Phianphak, 1997)

สินธิ และลิลา (2541) นำผิวดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งมาทำการแยกสายพันธุ์ *Bacillus* ได้ 6 สายพันธุ์ และนำมาผสมอาหารให้กุ้งกุลาดำกิน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารผสม *Bacillus* มีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุม ต่อมาวัชริยา และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาแบคทีเรียสกุล *Bacillus* ที่แยกได้จากลำไส้กุ้งกุลาดำพบว่ามี 3 ชนิด คือ *B. sphaericus, B. pumilus* และ *B. subtilis* เมื่อนำแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *V. harveyi* พบว่า *B. pumlius* สามารถสร้างสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *V. harveyi* และเมื่อทำการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope : TEM) พบว่าเชื้อ *Bacillus* ทั้ง 3 ชนิดสามารถที่จะทำลายผนังเซลล์ของ *V. harveyi* ได้ และการที่กุ้งได้รับแบคทีเรีย *B. sphaericus* และ *B. subtilis* จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งสูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากการศึกษาของ Rengpipat *et al*. (1998) ใช้แบคทีเรีย *Bacillus* สายพันธุ์ S11 เป็นโปรไบโอติกให้ไรสีน้ำตาล (*Artemia* sp.) กินแล้วนำมาเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำ พบว่าอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุม วรรณิกา (2539) และ Rengpipat *et.al*. (2000) ได้ทำการทดลองพบว่าการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่ให้อาหารผสม *Bacillus S11* จะดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับอาหารผสม *Bacillus S11* โดย *Bacillus S11* มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นและเพิ่มกระบวนการ phagocytosis จากการวัด percent phagocytosis และ phagocytic index (PI) ในเลือด prophenoloxidase และกระบวนการกำจัดแบคทีเรีย (antibacterial activities) ซึ่งจะเพิ่มตามอายุของกุ้ง แต่จะเพิ่มมากขึ้นโดยการใช้โปรไบโอติก หลังจากเลี้ยงกุ้ง 90 วัน โดยให้อาหารที่ผสมและไม่ผสม *Bacillus S11* และทดสอบการติดเชื้อโดยใช้ *V. harveyi* หลังจากนั้น 10 วัน กุ้งที่ผสมโปรไบโอติกมีอัตราการรอดตายดีกว่ากลุ่มควบคุม

Gullian *et al.* (2004) ทำการแยกจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกจากตับและตับอ่อน และลำไส้ได้ 3 ชนิด คือ *Vibrio* P62 , *Vibrio* P63 และ *Bacillus* P64 ซึ่งทั้ง 3 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *V. harveyi* (S2) ได้เป็นอย่างดี

มณจันทร์ และกมลพร (2543) ได้ทำการศึกษาแบคทีเรียที่มีประโยชน์บางชนิด เช่น *B. subtilis* และ *B. licheniformis* ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. harveyi* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคเรืองแสงในกุ้งกุลาดำพบว่ามีศักยภาพในการยับยั้งการทดสอบ 72 ชั่วโมง และเมื่อนำลักษณะ *V. harveyi* ที่ทดสอบด้วย *B. subtilis* ศึกษาความผิดปกติของเซลล์ด้วยจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน

พบว่ารูปร่างของเซลล์เล็กกว่าปกติมาก *B. subtilis* จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อยับยั้งการเจริญของ *V. harveyi*

Phianphak *et al*. (1999) พบว่ากุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Latobacillus* spp. ที่แยกได้จากทางเดินอาหารไก่มีอัตรารอดตายและการเจริญเติบโตมากกว่ากลุ่มควบคุมเมื่อเลี้ยงครบ 100 วัน และเมื่อนำทั้ง 2 กลุ่มมาเหนี่ยวนำให้เกิดโรค โดยการแช่เชื้อ *V.harveyi* เป็นเวลา 10 วัน พบว่ากลุ่มที่ผสม *Latobacillus* spp. มีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีอัตรารอดตาย 26 เปอร์เซ็นต์แต่สมาน (2538) ได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์แบคทีเรีย 2 ชนิด คือ ชนิดน้ำเข้มข้นที่มีแบคทีเรีย *B. polymyxa, B. megaterium* และ *B. subtilis* และชนิดผงที่มีแบคทีเรีย *B. subtilis, Nitrosomonas sp.* และ *Nitrobacter sp.* ในอัตรา 4 ลิตรต่อไร่ และ 1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาดน้ำหนัก 10 กรัม ในถังไฟเบอร์กลาส ในอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นเวล 6 สัปดาห์ คุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ซัลไฟด์ ออร์โธฟอสเฟต คลอโรฟิลล์เอ และค่าซีโอดี และอัตรากา รเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำไม่แตกต่างกันจากกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับที่ สรรเสริญ และ ทวี (2539) ได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *B. subtilis* ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา-22 ในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร ในอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปล่อยกุ้ง และในอัตรา 250-500 กรัมต่อไร่ ทุก ๆ 7-15 วัน ระหว่างการเลี้ยงกุ้ง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นเวลา 135 วัน กุ้งมีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างจากบ่อที่ไม่ได้ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ แต่คุณสมบัติของน้ำโดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียและไนไตร์ทในบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ต่ำกว่าบ่อที่ไม่เติมจุลินทรีย์ 32.18 และ 9.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วิจิตรา และสมหมาย (2541) ได้ศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แบคทีเรีย *B. subtilis* จำนวน 5 สายพันธุ์ ควบคุมคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำและควบคุมโรคเรืองแสงที่เกิดจากแบคทีเรีย *V. harveyi* พบว่าน้ำจากก้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เติม *B. subtilis* สายพันธุ์ ABS-D18 เข้มข้น 10^3 CFU/มิลลิลิตร เป็นเวลา 34 วัน มีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และพีเอชไม่แตกต่างจากชุดควบคุมแต่ *B. subtilis* จำนวน 4 ใน 5 สายพันธุ์ สามารถควบคุมโรคเรืองแสงได้

จันทสิงห์ (2544) ได้ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 5.96 กรัม ในบ่อพลาสติกขนาด 130 ลิตร ในอัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อบ่อ ให้อาหารสเร็จรูปที่เติมแบคทีเรีย *Bacillus S11* และเติมแบคทีเรีย *B. subtilis* และ *B. firmus* ในน้ำให้มีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10^3 CFU/มิลลิลิตร

ตลอดการเลี้ยงเปรียบเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงโดยไม่เติมแบคทีเรียทั้งในอาหารและน้ำ พบว่าคุณภาพน้ำและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งใน 2 ชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่กุ้งในชุดทดลองที่เติมแบคทีเรียมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุม และเมื่อนำไปทดลองเลี้ยงกุ้งระยะโ พสลาร์วา-25 ในบ่อดินขนาด 900 ตารางเมตร ในอัตราความหนาแน่น 33 ตัวต่อตารางเมตร เป็นเวลา 100 วัน พบว่ากุ้งในชุดทดลองที่เติมแบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่ากุ้งในชุดควบคุม และมีค่าบีโอดี ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตของน้ำ และปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินต่ำกว่าตลอดการทดลอ ง

วารุณี (2549) ศึกษาการใช้จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* sp. ต่อคุณภาพน้ำและผลผลิตกุ้งกุลาดำ พบว่า ในบ่อที่เติมจุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* sp. มีปริมาณแอมโมเนียรวมและปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนต่ำกว่าบ่อที่ไม่เติมจุ ลินทรีย์ ส่วนปริมาณผลผลิตของบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์มีค่ามากกว่าบ่อที่ไม่เติมจุลินทรีย์แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

วรรณพร (2550) ได้ทดลองการใช้โปรไบโอติก (*Lactobacillu*s spp.) ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยผสมในอาหารในปริมาณ 1 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้กุ้งกุลาดำกินติดต่อกันนาน 110 วัน สามารถลดปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* รวมทั้งมีผลผลิตเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโต มากกว่าบ่อที่ไม่มีการให้โปรไบโอติกผสมในอาหาร

9. คุณภาพน้ำต่อการเลี้ยงกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่จัดอยู่ในพวกสัตว์เลือดเย็ น คือ อุณหภูมิของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม (Boyd and Tucker, 1998) คุณภาพน้ำ รวมถึง คุณสมบัติทางชีวเคมีและกายภาพของน้ำ เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สีของน้ำ พีเอช ความโปร่งแสง ปริมาณแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น (วรวิทย์, 2531) คุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของกุ้ง ถ้าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมหรือมีการเปลี่ ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของกุ้ง ดังนั้นจึงควรมีการจัดการคุณภาพน้ำที่ดี ถ้ามีการจัดการที่ไม่ดี ของเสียต่าง ๆ ที่สะสมในบ่อเลี้ยงก็จะส่งผลให้สภาพแวดล้อมภายในบ่อเสื่อมโทรมทำให้กุ้งอ่อนแอจนในที่สุดป่วยเป็นโรคได้

9.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิต เพราะสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น มีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและสุขภาพกุ้ง ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไปอาจมีผลทำให้กุ้งตายได้ (ชลอ และพรเลิศ , 2547) ค่าของออกซิเจนในน้ำจะต่ำที่สุดตอนเช้ามืดเนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ในกระบวนการย่อยสลายของเสียโดยแบคทีเรียและการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อ ส่วนในช่วงตอนกลางวันจะมีค่าออกซิเจนสูงสุด เพราะแพลงก์ตอนพืชเริ่มมีการสังเคราะห์แสงทำให้ปริมาณออกซิเจนมากขึ้น ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในแหล่งน้ำจะขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิ และความเค็ม แต่ความดันนั้นมีอิทธิพลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายในบ่อเลี้ยงกุ้ง เพราะในท้องที่เดียวกันมีความดันบรรยากาศแตกต่างกันไม่ เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ (Boyd, 1989) เมื่ออุณหภูมิหรือความเค็มเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำก็จะลดลง ชลอ (2543) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนในน้ำควรอยู่ระหว่าง 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึงจุดอิ่มตัว ชลอ และพรเลิศ (2547) ได้สรุปผลกระทบของปริมาณออกซิเจนต่อกุ้งกุ ลาดำ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลกระทบของปริมาณออกซิเจนต่อกุ้งกุลาดำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ผลกระทบ
มากกว่า 4	กุ้งเจริญเติบโตดี สารอินทรีย์สลายตัวได้เร็ว
3–4	กุ้งเจริญเติบโตช้าลง การสะสมของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น
น้อยกว่า 3	กุ้งกินอาหารน้อยลง การเจริญเติบโตช้า โอกาสป่วยเพิ่มขึ้น
น้อยกว่า 2	กุ้งจะลอย กุ้งตัวที่อ่อนแอจะลอกคราบแล้วตาย
น้อยกว่า 1	กุ้งตาย

9.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช (pH)

ยนต์ (2530) รายงานว่า ค่าพีเอชเป็นค่าที่ชี้ถึงสภาวะความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของสารละลาย แต่ค่าพีเอชไม่ได้เป็นตัวบอกปริมาณกรด (acidity) หรือปริมาณด่าง (alkalinity) ซึ่งโดยแท้จริงแล้วค่าพีเอชเป็นค่าที่วัดความสามารถของไฮโดรเจนอิออน (hydrogen ion activity) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในน้ำซึ่งใช้หน่วยเป็นโมลต่อลิตร (mole/liter) แต่เนื่องจากค่าที่วัดได้เป็นค่าที่น้อย จึงได้กำหนดค่าของพีเอชเป็นค่า ลบล็อค (-log) ของกิจกรรมของไฮโดรเจนอิออนในน้ำ เพื่อจะได้ค่าเป็นจำนวนเต็มที่อ่านง่าย

น้ำแตกตัวจะให้ไฮโดรเจนอิออน (H^+) และไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ซึ่งผลคูณของความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ของไฮโดรเจนอิออนและไฮดรอกซิลอิออนจะเท่ากับ 10^{-14} เสมอ

$$H_2O = H^+ + OH^-$$
$$[H^+]\,[OH^-] = 10^{-14}$$

ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนและไฮดรอกซิลอิออนในน้ำบริสุทธิ์จะเท่ากัน ดังนั้นอาจจะใช้ไฮโดรเจนอิออนแทนไฮดรอกซิลอิออน และได้

$$[H^+]\,[H^+] = 10^{-14}$$
$$[H^+] = 10^{-7}$$

pH หมายถึง ค่า ลบของ logarithm ของความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน

$$pH = -\log [\,H^+\,]$$

น้ำบริสุทธิ์มี $[\,H^+\,] = 10^{-7}$ โมลาร์ เพราะฉะนั้น pH ของน้ำจึงมีค่าเท่ากับ 7

$$pH = -\log [10^{-7}] = -(-7) = 7$$

ในทางทฤษฎี พีเอชมีค่าอยู่ในช่วง 0-14 พีเอชเท่ากับ 7 ถือว่าเป็นกลาง พีเอชต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด และ พีเอชมากกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง โดยปกติในน้ำกร่อยมักจะมีพีเอชอยู่ระหว่าง 7-9 ในบ่อเลี้ยงกุ้งตอนกลางวัน แพลงก์ตอนพืชจะดึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากระบบสมดุลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) มาใช้ในการสังเคราะห์แสง (Boyd, 1989)

$$2HCO_3^- = CO_2 + CO_3^{2-} + H_2O$$

เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำไปใช้ ปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นมาทางขวาของสมการ และ CO_3^{2-} (คาร์บอเนต) จะสะสมเพิ่มขึ้นและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับ CO_3^{2-} ดังสมการ

$$CO_3^{2-} + H^+ = HCO_3^-$$

จะเห็นได้ว่า 2 HCO_3^- จะให้ 1 CO_2 โมเลกุล และ 1 CO_3^{2-} อิออน แต่ไฮโดรไลซีสของ 1CO_3^{2-} อิออน แทนที่อิออน 1 HCO_3^- อิออน ส่วน H^+ อิออนได้มาจากการแตกตัวของน้ำ

$$H_2O = H^+ + OH^-$$

ในเมื่อ H^+ ถูกใช้ไปในการไฮโดรไลซีส CO_3^{2-} ผลลัพธ์คือทำให้เกิด OH^- เพิ่มขึ้น และ H^+ ลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่เกิดการสังเคราะห์แสง เนื่องจาก OH^- เป็นด่าง ดังนั้นพีเอชจะสูงขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยการใช้ CO_2 จากน้ำ เนื่องจากการสังเคราะห์แสงมีการใช้ CO_2 ซึ่งเกิดขึ้นในตอนกลางวัน ดังนั้นพีเอชของน้ำจะสูงขึ้นในตอนกลางวัน ส่วนตอนกลางคืนไม่มีการใช้ CO_2 ในกระบวนการสังเคราะห์แสงแต่สิ่งมีชีวิตต่างๆหายใจปล่อย CO_2 ออกมา ซึ่ง CO_2 จะทำปฏิกิริยากับ CO_3^{2-} และ H_2O

$$CO_2 + CO_3^{2-} + H_2O = 2\ HCO_3^-$$

HCO_3^- จะแตกตัวได้ H^+ ทำให้พีเอชลดลงเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นคือ การดึง CO_2 ออกไปจะทำให้น้ำพีเอชสูงขึ้นในขณะที่เพิ่ม CO_2 เข้ามาจะทำให้พีเอชของน้ำลดลง

การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้งจะถูกควบคุมโดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณอิออนที่อยู่ในน้ำ ในช่วงกลางวันแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งได้จากไบคาร์บอเนตเพื่อการสังเคราะห์แสงทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น การที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากจะทำให้ในช่วงตอนบ่ายค่าพีเอชอาจสูงถึง 9 หรือ 10 (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) ช่วงกลางคืนคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยกลับคืนออกมาจากการหายใจของแพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมเพิ่มขึ้นและมากที่สุดตอนเช้ามืดทำให้ค่าพีเอชลดลง (Boyd, 1982) และยังรายงานถึงผลของพีเอชต่อกุ้ง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลกระทบของพีเอชต่อกุ้งกุลาดำ

พีเอช	ผลกระทบ
น้อยกว่า 4	มีความเป็นกรด กุ้งตาย
มากกว่า 4–6	การเจริญเติบโตช้า
มากกว่า 6–9	การเจริญเติบโตดีที่สุด
มากกว่า 9–11	การเจริญเติบโตช้า
มากกว่า 11	มีความเป็นด่าง กุ้งตาย

9.3 ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึง ความสามารถในการสะเทินกรดของน้ำ โดยปกติแล้วความเป็นด่างของน้ำจะเกิดจากเกลือของกรดอ่อน แต่เกลือของด่างแก่และด่างอ่อนก็อาจจะมีส่วนอยู่ด้วย ซึ่งสารพวกนี้โดยธรรมชาติจะเป็นตัวต้านการเปลี่ยนแปลงของ พีเอชของน้ำเมื่อมีการเติมกรดหรือด่างลงไปในน้ำ เพราะฉะนั้นการวัดความเป็นด่างของน้ำก็เหมือนกับการวัดความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง พีเอช (buffering capacity) ของน้ำ (พงศ์เชฏฐ์, 2543) สารประกอบที่ทำให้เกิดความเป็นด่างมี 3 ชนิด คือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) น้ำที่มีองค์ประกอบตัวใดตัวหนึ่งใน 3 ชนิดดังกล่าวจะเป็นน้ำที่มีความเป็นด่างอยู่ด้วย ดังนั้นพีเอชของน้ำถือว่าเป็นตัวกำหนดชนิดของสารละลายด่างที่อ ยู่ในน้ำ คือ

น้ำมีค่าพีเอชเป็นกลางจนถึง 8.3 จะมี HCO_3^- มาก
น้ำมีค่าพีเอชตั้งแต่ 8.3 ขึ้นไปจะเริ่มมี CO_3^{2-}
น้ำมีค่าพีเอชระหว่าง 9.5-10.5 จะมี CO_3^{2-} มาก
น้ำมีค่าพีเอช 11 หรือมากกว่า จะมี OH^- มาก

ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลทุกชนิด Boyd (1982) กล่าวว่า ความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 100-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-150 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) โดยทั่วไปการรักษาระดับความเป็นด่างให้คงที่นั้นจะใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต ส่วนการเพิ่มความเป็นด่างอาจใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตขึ้นอยู่กับระดับพีเอชของน้ำประกอบกันด้วย (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

9.4 ความเค็ม (salinity)

ความเค็ม หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของอิออนที่ละลายในน้ำ ประกอบด้วย โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ ซัลเฟตและไบคาร์บอเนต มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยจะมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย (water regulatory system) ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างกันของความเข้มข้นอิออนภายในตัวสัตว์น้ำกับความเข้มข้นของน้ำภายนอก ชลอ และพรเลิศ (2547) ระบุถึงความเค็มของน้ำที่เหมาะสมต่อการเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 5-35 พีพีที

นอกจากนี้ความเค็มยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโ รคต่างๆที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอีกด้วย เช่น แบคทีเรีย *Vibrio* sp. ซึ่งส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็มตั้งแต่ 20 พีพีทีขึ้นไป ส่วนแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. จะเจริญที่ ความเค็มต่ำ ประมาณ 10 พีพีที (Buchanan and Gibbons, 1974)

9.5 อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดย ปกติอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง กระแสลม ความลึก ความเร็วของกระแสน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ (ศิริเพ็ญ, 2543) หากอุณหภูมิของน้ำเหมาะสมจะทำให้สัตว์น้ำสามารถย่อยอาหารได้ดี ถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำทำให้กระบวนการทำงานต่าง ๆ ของสัตว์น้ำต่ำ (กรมประมง, 2546) กุ้งกุลาดำสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ในช่วงกว้างคือ 18-35 องศาเซลเซียส (วรวิทย์, 2531) อุณหภูมิของน้ำที่ทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดีที่สุด อยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (Chaing *et al.*, 1989) ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความร้อนสูงเกินไป และถ้าต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส กุ้งจะไม่กินอาหาร และการรักษาระดับน้ำให้ลึกกว่า 1 เมตร จะช่วยรักษาอุณหภูมิไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากในช่วงกลางวัน ในรอบปีระหว่างเดือนเมษายน – พฤษภาคมอุณหภูมิจะสูง และระหว่างเดือนธันวาคม - มกราคมอุณหภูมิจะต่ำ (ปกรณ์, 2531) กุ้งจะกินอาหารลดลง ถ้าอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานติดต่อกันหลายวันอาจทำให้กุ้งอ่อนแอเกิดการติดเชื้อได้ง่าย เนื่องมาจากภูมิคุ้มกันลดลง (สว่าง, 2532)

9.6 ความกระด้าง (hardness)

ค่าความกระด้างของน้ำเกิดจากตะกอนของแคลเซียม อิออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม อิออน (Mg^{2+}) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะวัดออกมาเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอนเนต ($CaCO_3$) โดยปริมาณความกระด้างรวม หมายถึง ผลรวมของความกระด้างเนื่องมาจากผลรวมความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียม (ศิริเพ็ญ, 2543) โดยปกติปลาและสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้ง -ปู (crustacean) ต้องการแคลเซียมในการสร้างกระดูกและเปลือกสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้ง -ปู จะดูดซับแคลเซียมจากน้ำระหว่างการลอกคราบ จึงต้องมีปริมาณแคลเซียมในน้ำในระดับที่เพียงพอ (Fieber and Lutz, 1982) ความกระด้างโดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับความเป็นด่างเพราะว่าอิออนลบของความเป็นด่างและอิออนบวกของความกระด้างโดยปกตินั้นได้มาจากการละลายของแร่คาร์บอเนต (Boyd, 1982) ความกระด้างที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และคณะ, 2547)

9.7 แอมโมเนีย (ammonia; NH_3)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบของไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว (unionized ammonia, NH3) และรูปแบบที่แตกตัว (ionized ammonia, NH_4^+) จะไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำหรืออาจจะมีความเป็นพิษน้อยมาก ปริมาณการแตกตัวของแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและพีเอชของน้ำ โดยพีเอชของน้ำจะมีอิทธิพลมากกว่าอุณหภูมิของน้ำ ถ้าในน้ำมีค่าพีเอชสูง ความเป็นพิษของแอมโมเนียจะมาก เนื่องจากเมื่อค่าพีเอชสูงความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูปแตกตัวจะลดลง ในขณะที่อยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นพิษสูงขึ้น ซึ่งแหล่งที่มาของแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงส่วนใหญ่ม าจากการให้อาหารที่มากเกินไป โดยเฉพาะ ให้อาหารที่มีโปรตีนสูงและจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำรวมทั้งการย่อยสลายของอินทรียวัตถุโดยแบคทีเรีย (Boyd, 1989)

เมื่อแอมโนเนียในน้ำมีปริมาณสูงจะทำให้การขับถ่ายของกุ้งทำได้น้อยเกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เหงือกกุ้งถูกทำลายเป็นแผลติดเชื้อโรคและความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตายโดยปกติอยู่ในช่วง 0.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออน แต่แอมโมเนียในช่วงระหว่าง 0.1-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้กุ้งโตช้า สำหรับระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

9.8 ไนไตรท์ (nitrite; NO_2^-)

ไนไตรท์เป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนีย เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นของแอมโมเนียในสภาพที่มีออกซิเจนโดยแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrosomonas* เป็นตัวย่อยสลายและจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นหรือไนเตรทรีดักชั่นของไนเตรทในสภาพขาดออกซิเจน (ยนต์, 2539) โดยทั่วไปไนไตรท์จะไม่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำเพราะไนไตรท์ที่ได้จะเปลี่ยนเป็นไนเตรท อย่างรวดเร็วแต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าการออกซิไดซ์ไนไตรท์ก็จะเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้นได้ แหล่งน้ำทั่วไปพบว่ามีความเข้มข้นต่ำเฉลี่ยน้อยกว่า 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตรแต่แหล่งน้ำที่รับน้ำเสียพบไนไตรท์ในความเข้มข้นที่สูงกว่า เช่นเดียวกับบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีความหนาแน่นสูงเพราะในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีอัตราการเติมไนโตรเจนในรูปของอาหารเม็ด ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยคอกลงในบ่อ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะต่ำ (น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจาก

แอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ (Boyd and Tucker, 1998) ระดับความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำและ พีเอชของน้ำลดลง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำไนไตรท์จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาโดยเปลี่ยน ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดไปเป็นเมทีโมโกลบิน (methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถนำพาออกซิเจนได้ทำให้สัตว์น้ำตายในที่สุด (Wetzel, 1975) แต่เนื่องจากกุ้งไม่มีฮีโมโกลบินแต่มีฮีโมไซยานินดังนั้นความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์จำพวกครัสเตเซียนอาจจะแตกต่างกันกับสัตว์น้ำที่มีฮีโมโกลบิน คือ ไนไตรท์อาจจะเข้าจับได้น้อยกว่าจึงมีความเป็นพิษต่อกุ้งน้อย แต่มีผลทำให้เลือดของกุ้งไม่สามารถเข้าจับกับออกซิเจนเกิดภาวะกุ้งขาดออกซิเจนทำให้ระดับโปรตีนและค่าพีเอชของเลือดกุ้งลดลงเกิดการสะสมยูเรียในเลือดกุ้ง ระบบสมดุลเกลือแร่เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ดูดซึมน้ำมากเกินไป (พุทธ, 2544; ชลอ และพรเลิศ, 2547)

แพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชเป็นผลผลิตเบื้องต้นของระบบห่วงโซ่อาหาร ดูดซึมสารอันตรายต่าง ๆ ในแหล่งน้ำแพลงก์ตอนพืชจะใช้ธาตุอาหารแ ละแสงแดดผลิตสารอินทรีย์และออกซิเจน โดยกระบวนการ สังเคราะห์แสง ซึ่งแพลงก์ตอนพืชมีจะมีความสัมพันธ์กับสีน้ำในบ่อด้วย (Boyd, 1989)

ในแพลงก์ตอนพืชจะมีรงควัตถุอยู่ 3 ประเภท คือ xanthophylls, carotenes และ chlorophylls ซึ่ง chlorophylls ที่พบมากโดยทั่วไปในแพลงก์ตอนพืชมี 3 ชนิด คือ chlorophyll a, chlorophyll b และ chlorophyll c คลอโรฟิลเอในแพลงก์ตอนพืชมีอยู่ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของมวลสารอินทรีย์ในรูปน้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์คลอโรฟิลเอจึงสามารถใช้เป็นตัวชี้ถึงปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในน้ำ (ยนต์, 2539)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน ประกอบด้วยแสง อุณหภูมิ แร่ธาตุหลัก แร่ธาตุรอง แร่ธาตุจำเป็น สารอินทรีย์ ความเค็ม เมื่อปัจจัยเหล่านี้เหมาะสมกับแพลงก์ตอนชนิดใดก็จะทำให้แพลงก์ตอนชนิดนั้นเจริญขึ้นเป็นจำนวนมาก (แฟรดาซ์, 2537; Raymont, 1963)

ธาตุอาหารที่มีผลต่อ การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชมักจะถูกจำกัด ด้วยปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล (Fogg,1980; Boyd, 1989) เมื่อในบ่อมีความ

เข้มข้นของไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตตั้งแต่ระดับปานกลางถึงสูง จะทำให้แพลงก์ตอนเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Boyd and Fast, 1992) แพลงก์ตอนพืชสามารถใช้ไนโตรเจนได้หลายรูปแบบ เช่น ไนเตรท แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดอะมิโน แต่แพลงก์ตอนพืชจะใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียและไนเตรทมากกว่ารูปอื่น (Keeney, 1970)

นอกจากนี้จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิกที่ปล่อยหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ที่ Belize และประเทศแถบอเมริกากลาง โดยเป็นการเลี้ยงที่ไม่มีการถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยงและมีการให้อากาศเต็มที่ พบว่าปริมาณสารอาหารที่มากเกินไปทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช และโปรโตซัวสูงขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ (Burford *et al*., 2003)

ปัทมาภรณ์ (2547) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำจำนวน 4 บ่อ พบแพลงก์ตอนทั้งหมด 62 สกุล 6 กลุ่ม ประกอบด้วยแพลงก์ตอนพืช 50 สกุล 3 กลุ่มได้แก่ ดิวิชั่นCyanophyta 12 สกุล ดิวิชั่น Chlorophyta 28 สกุล ดิวิชั่น Chromophyta 10 สกุล และแพลงก์ตอนสัตว์ 12 สกลุ 3 กลุ่ม ได้แก่ ไฟลั่ม Protozoa 2 สกุล ไฟลั่ม Rotifera 8 สกุล และ ไฟลั่ม Arthropoda 2 สกุล แพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่พบมากตลอดการเลี้ยงคือกลุ่มไดอะตอม ที่พบมากคือ *Cyclotella* , *Nitzschia* สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบมาก คือ *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Phormidium* และสาหร่ายสีเขียวที่พบมากคือ *Dictyosphaerium*, *Oocystis* และ *Scenedesmus*

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ผลของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus* spp. PondPlus, PondplusE และ Pondsafe ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

การวางแผนการทดลอง

ทดลองโดยใช้ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ทั้งหมด 12 ถัง โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 3 ถัง โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 เป็นกลุ่มทดลอง ซึ่งจะทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์กลุ่ม Bacillus 3 ผลิตภัณฑ์

การเตรียมบ่อและการเตรียมน้ำ

ก่อนการทดลองฆ่าเชื้อทำความสะอาดถังทดลองโดยเติมคลอรีนผงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ให้ได้ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่ทิ้งไว้นาน 1 วัน หลังจากนั้นล้างทำความสะอาด และตากถังให้แห้ง 2 วัน ส่วนน้ำที่นำมาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งจะใช้น้ำทะเลความเค็มที่ 30 พีพีที โดยผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการตรวจสอบด้วยโพแทสเซียมไอโอไดด์ว่าไม่มีคลอรีนหลงเหลืออยู่แล้ว

การอนุบาลลูกกุ้ง

นำลูกกุ้งระยะนอเพลียสจากฟาร์มเอกชนมาสุ่มนับก่อนปล่อยลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 160 ตัวต่อลิตร หรือเท่ากับ 50,000 ตัวต่อถัง ในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ที่บรรจุน้ำความเค็ม 30 พีพีที ปริมาตร 300 ลิตร มีการให้อากาศตลอดเวลาและควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ heater ให้อยู่ที่ 28±2 องศาเซลเซียส

การเลี้ยงและการให้อาหาร

อาหารลูกกุ้งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ อาหารสำเร็จรูป และอาหารมีชีวิต อาหารสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการทดลองมีชื่อทางการค้าคือ V.M.F ซึ่งให้เป็นอาหารเสริมต่อกุ้งระยะซูเอี้ย 1 – ไมซิส3

ประกอบด้วย สาหร่ายสไปรูลิน่า ปลาป่น เปลือกกุ้งป่น ตับปลาหมึก ยีสต์ แป้งสาลี weed gluten น้ำมันปลา เลซิติน สารเหนียว เมไทโอนีน อาร์ทีเมียเชลล์ฟรี โดยมีคุณภาพโปรตีนไม่น้อยกว่า 51 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารระยะต่อไปสำหรับลูกกุ้งระยะโพสลาร์วาคือ PP feed ใช้เป็นอาหารสำเร็จรูปในลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 5 -15 มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ปลาป่น อาร์ทีเมียเชลล์ฟรี เปลือกกุ้งป่น ตับปลาหมึกป่น ยีสต์ แป้งสาลี วีทกลูเต็น น้ำมันปลา เลซิติน วิตามินรวมและแร่ธาตุสีผสมอาหาร โดยมีคุณภาพโปรตีนไม่น้อยกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารมีชีวิต ได้แก่ ไดอะตอม *Chaetoceros sp.* ใช้เป็นอาหารลูกกุ้งระยะซูเอี้ย – ไมซิส และอาร์ทีเมียสำหรับลูกกุ้งระยะไมซิส – โพสลาร์วา

การเตรียมอาหารมีชีวิต

นำหัวเชื้อ *Chaetoceros sp.* 45 ลิตร มาขยายในถังไฟเบอร์ขนาด 500 ลิตร ที่บรรจุน้ำความเค็ม 30 พีพีที โดยใช้ปุ๋ยสำเร็จรูปในการขยายหัวเชื้อ ส่วนการเพาะ *Artemia sp.* จะนำ Artemia cyst มาเพาะในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตรที่ที่บรรจุน้ำความเค็ม 30 พีพีที โดยใช้อัตราความหนาแน่น 1-2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

การให้อาหาร

ใช้ *Chaetoceros* เป็นอาหารลูกกุ้งในระยะ ซูเอี้ย-ไมซิส ปริมาณการให้ 5×10^4-1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร วันละ 4-8 ครั้ง

ใช้ Artemia เป็นอาหารลูกกุ้งในระยะช่วงระหว่าง ซูเอี้ย-ไมซิส และระยะโพสลาร์วาโดยระยะซูเอี้ย-ไมซิส จะให้ประมาณ 5 กรัมน้ำหนักเปียก ต่อลูกกุ้ง100, 000 ตัว วันละ 4-8 ครั้ง ระยะโพสลาร์วาจะให้ตามปริมาณการกินอาหารของลูกกุ้ง โดยจะใช้ข้อมูลการกินอาหาร ของลูกกุ้งระยะก่อนหน้านั้น แล้วปรับเพิ่มหรือลดตามปริมาณอาหารที่เหลือหรือหมดวันละ 4-8 ครั้ง

ใช้ อาหารสำเร็จรูป เป็นอาหารลูกกุ้งในระยะ ซูเอี้ย-ไมซิส และระยะโพสลาร์วาโดยให้ปริมาณ 10-20 กรัมต่อลูกกุ้ง 1,000,000 ตัว ซึ่งขนาดเม็ดอาหารจะปรับตามระยะลูกกุ้ง ให้วันละ 4-8 ครั้ง

การเตรียมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Bacillus ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Novozymes Biological, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดลอง 3 กลุ่ม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อการค้า PondPlus ซึ่งประกอบด้วย Bacillus 5 ชนิด (*Bacillus subtilis, B. licheniformis, B. amyloliquefaciens, B. megaterium* และ *B. pumilus*) (ภาพที่ 2) ซึ่งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 1 พันล้าน cfu/gm ที่บรรจุอยู่ในถุงที่สามารถละลายน้ำได้ โดยมีน้ำหนักถุงละ 200 กรัม ผลิตภัณฑ์ต้นแบบชื่อการค้า PondPlusE ประกอบด้วย Bacillus 7 ชนิด(*Brevibacillus parabrevis, B. velezensis, Bacillus subtilis, B. licheniformis, B. amyloliquefaciens, B. megaterium* และ *B. pumilus*) (ภาพที่ 3) ซึ่งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 2 พันล้าน cfu/gm บรรจุอยู่ในถังขนาด 10 กิโลกรัม และผลิตภัณฑ์ต้นแบบชื่อการค้า PondSafe ประกอบด้วย Bacillus 5 ชนิด (*Brevibacillus parabrevis, Bacillus velezensis, B. subtilis, B. amyloliquifaciens* และ *B. megaterium*) (ภาพที่ 4) ซึ่งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 1 พันล้าน cfu/gm ที่บรรจุอยู่ในถุง ซึ่งตลอดระยะเวลาทำการทดลองจ ะใส่ผลิตภัณฑ์ทุกวันในปริมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อปริมาตรน้ำทั้งหมดในบ่อ (ถ้ามีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะต้องเติมผลิตภัณฑ์ลงไปในจำนวน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อปริมาตรที่เติมเข้าไป)

1.1 ผลต่อคุณภาพน้ำบางประการ

เก็บน้ำก่อนการ ทดลองเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ค่าพีเอ ช ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท หลังจากนั้นจะเก็บน้ำทุก ๆ 3 วันเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยมีการวิเคราะห์ดังนี้

- พีเอชวัดโดยใช้เครื่องวัดพีเอชรุ่น Ecoscan pH 5
- อุณหภูมิ (temperature) วัดโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- ความเค็ม (salinity)วัดโดยใช้เครื่อง YSI 30/10 FT
- ปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia-nitrogen) วัดโดยใช้วิธี phenol-hypochlorite method (APHA *et al*., 1995)
- ปริมาณไนไตรท์ (nitrite-nitrogen) วัดโดยใช้วิธีของ APHA *et al*. (1995)
- ปริมาณไนเตรท (nitrate-nitrogen) วัดโดยใช้วิธีของ APHA *et al*. (1995)
- ความเป็นด่าง (total alkalinity) วัดโดยใช้วิธี titration (APHA *et al*., 1995)

1.2 ผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอ

เก็บน้ำจากบ่อทดลองและบ่อควบคุมโดยในแต่ละบ่อจะเก็บน้ำ 2 จุดและนำมาผสมรวมกันกันก่อนเพื่อนำไปตรวจสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS agar (Thiosulphate Citrate Bile Salt Sucrose) agar (ภาพที่ 5) ซึ่งจะเก็บน้ำตรวจสอบในช่วงก่อนเริ่มใส่ผลิตภัณฑ์และทุก ๆ 3 วัน โดยจะนำน้ำตัวอย่างมาทำการเจือจางด้วยน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการเจือจางครั้งละ 10 เท่า (ten-folded dilutions) ก่อนมา spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งจะได้ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 10^{0}, 10^{-1} และ 10^{-2} โคโลนีต่อมิลลิลิตร บ่มเชื้อไว้ที่อุณภูมิ 28 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะ สี และปริมาณโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จดบันทึก

1.3 ผลต่ออัตราการรอดตาย

ทำการสุ่มนับลูกกุ้งหลังจากเสร็จการทดลองจำนวน 3 จุดต่อบ่อ โดยต้องมีการวางจุดให้อากาศในแนวเดียวกันและทำการสุ่มในจุดเดียวกันของแต่ละบ่อ หลังจากนั้นประเมิน อัตรารอดโดยคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\% \text{ อัตรารอดของลูกกุ้ง} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่รอด}}{\text{จำนวนกุ้งที่ปล่อยลงเลี้ยงทั้งหมด}} \times 100$$

2. ผลของจุลินทรีย์ *Bacillus* spp. PondPlus และ Pondplus E ต่อปริมาณแบคทีเรียวิบริโอและผลต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เลือกบ่อที่ทำการศึกษาทั้งหมด 9 บ่อ แต่ละบ่อมีพื้นที่ประมาณ 6 ไร่ (ภาพที่ 6) แบ่งบ่อการทดลอง 6 บ่อ และบ่อควบคุม 3 บ่อ เลือกบ่อกุ้งที่มีอายุอยู่ในช่วง 25 -30 วัน, 55-60 วัน, 85-100 วัน และ 115-120 วัน ซึ่งแต่ละบ่อจะมีอัตราความหนาแน่นของการปล่อยกุ้งลงเลี้ยงเท่ากัน และมีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน

การเตรียมบ่อและการเตรียมน้ำ

หลังจากการเลี้ยงกุ้งรอบที่แล้วตากบ่อเป็นเวลานาน 2 สัปดาห์ จึงหว่านปูนขาวในปริมาณ 500 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปรับสภาพพีเอชของดิน และสูบน้ำจากบ่อพักน้ำเข้าไปในบ่อเลี้ยง ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตเพื่อฆ่าหอยที่อาจจะยังหลงเหลืออยู่ตามพื้นบ่อหรือตัวอ่อนที่หลุดรอดเข้าไปในบ่อ ใส่กากชาลงไปในบ่อเพื่อฆ่าปลาและเติมคลอรีน ผงในอัตราความเข้มข้นประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือไตรคลอร์ฟอนด์เข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อฆ่าสัตว์จำพวกกุ้งและปูที่อาจจะเป็นพาหะนำเชื้อไวรัส จากนั้นทิ้งไว้นานประมาณ 2 สัปดาห์เพื่อให้สารเคมีสลายตัวและปรับสภาพคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมจนกระทั่งมีอาหารธรรมชาติเกิดขึ้นจึงพร้อมที่จะนำลูกกุ้งมาปล่อย

การปล่อยกุ้งลงเลี้ยงในบ่อ

นำลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) จากฟาร์มเอกชนที่ผ่านการคัดเลือกลูกกุ้งคุณภาพด้วยวิธีวนัชชสุนทรและผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR: polymerase chain reaction) ว่าปลอดเชื้อไวรัสดวงขาว (White Spot Syndrome Virus; WSSV) ไวรัสหัวเหลือง (Yellow Head Virus; YHV) ไวรัสทอร่า (Taura Syndrome Virus; TSV) ลงบ่อเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 120,000 ตัวต่อไร่ โดยก่อนปล่อยลูกกุ้งจะสุ่มนับจำนวนลูกกุ้งเพื่อต้องการทราบจำนวนลูกกุ้งที่แน่นอน และมีการปรับอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงและสภาพน้ำในถังที่บรรจุลูกกุ้งให้ได้ใกล้เคียงกัน ก่อนที่จะปล่อยลูกกุ้งลงในบ่อ

การเลี้ยงและการให้อาหาร

ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยให้อาหารวันละ 4 ครั้งในเวลา 6.00, 10.00, 15.00 และ 21.00 นาฬิกา ตามลำดับ ซึ่งขนาดของเม็ดอาหารที่ให้จะให้ตามเบอร์ของอาหารที่สัมพันธุ์กับอายุและขนาดของกุ้ง โดยเริ่มให้อาหารครั้งแรกในปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อลูกกุ้ง 100,000 ตัว แล้วเพิ่มอาหารวันละ 100 – 200 กรัมต่อลูกกุ้ง 100,000 ตัวต่อวัน จนเมื่อกุ้งอายุ 30 วัน จะมีการปรับปริมาณอาหารที่ให้โดยการ ใช้ยอ และเริ่มมีการเติมน้ำเข้าไปในบ่อ ก่อนให้อาหารจะปิดเครื่องให้อากาศทั้งหมดเพื่อป้องกันกระแสน้ำพัดพาเอาอาหารไปรวมกันกลางบ่อ วิธีการให้อาหารจะให้โดยการพายเรือหว่านอาหารรอบบ่อจากขอบบ่อเข้าไปภายในบ่อ หลังจากหว่านอาหาร

และเช็คยอเสร็จแล้วจึงเริ่มเปิดเครื่องให้อากาศเพื่อให้ตะกอนและอาหารที่เหลือพัดรวมกันบริเวณกลางบ่อ

การเตรียมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์

ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ต้นแบบที่ทำการทดลอง 2 กลุ่ม คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อการค้า PondPlus ซึ่งประกอบด้วย Bacillus 5 ชนิด (*Bacillus subtilis, B. licheniformis, B. amyloliquefaciens, B. megaterium* และ *B. pumilus*) ซึ่งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 1 พันล้าน cfu/gm ที่บรรจุอยู่ในถุงที่สามารถละลายน้ำได้ โดยมีน้ำหนักถุงละ 200 กรัมและผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อการค้า PondPlusE ประกอบด้วย Bacillus 7 ชนิด(*Brevibacillus parabrevis, B. velezensis, Bacillus subtilis, B. licheniformis, B. amyloliquefaciens, B. megaterium* และ *B. pumilus*) ซึ่งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 2 พันล้าน cfu/gm บรรจุอยู่ในถังขนาด 10 กิโลกรัม ใส่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในปริมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแต่ละช่วงอายุกุ้ง เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในบ่อเลี้ยงกุ้งมีปัจจัยที่ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดีกว่าจึงใช้ปริมาณที่น้อยกว่าในการอนุบาลลูกกุ้ง ทำการทดลองนาน 7 วัน
หมายเหตุ ; ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondSafe เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทางบริษัทผลิตมาเพื่อใช้เฉพาะในการทดลองอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไมเท่านั้น จึงมีปริมาณไม่เพียงพอที่ จะนำมาทดลองใช้ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

2.1 ผลต่อคุณภาพน้ำบางประการ

เก็บน้ำก่อนการทดลองเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ค่า ปริมาณออกซิเจนละลาย พีเอช ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท คลอโรฟิลล์เอ และเก็บน้ำหลังจากใส่ผลิตภัณฑ์ไปแล้ว 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณออกซิเจนละลาย และ พีเอช สามารถวิเคราะห์ได้ในระหว่างเก็บตัวอย่าง ส่วนค่าความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท คลอโรฟิลล์เอ จะเก็บรักษาตัวอย่างไว้ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยมีการวิเคราะห์ดังนี้

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) วัดโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- พีเอชวัดโดยใช้เครื่องวัดพีเอชรุ่น Ecoscan pH 5
- อุณหภูมิ (temperature) วัดโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M

- ความเค็ม (salinity)วัดโดยใช้เครื่อง YSI 30/10 FT
- ปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia-nitrogen) วัดโดยใช้วิธี phenol-hypochlorite method (APHA *et al*., 1995)
- ปริมาณไนไตรท์ (nitrite-nitrogen) วัดโดยใช้วิธีของ APHA *et al*. (1995)
- ปริมาณไนเตรท (nitrate-nitrogen) วัดโดยใช้วิธีของ APHA *et al*. (1995)
- ความเป็นด่าง (total alkalinity) วัดโดยใช้วิธี titration (APHA *et al*., 1995)
- คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) โดยใช้วิธี spectrophotometric determination ตามวิธีของ APHA *et al.* (1992)

2.2 ผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในบ่อเลี้ยงกุ้ง

เก็บน้ำจากบ่อทดลองและบ่อควบคุมโดยในแต่ละบ่อจะเก็บน้ำ 2 จุดและนำมาผสมรวมกันกันก่อนเพื่อนำไปตรวจสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS agar ซึ่งจะเก็บน้ำในช่วงก่อนใส่ผลิตภัณฑ์และหลังจากใส่ผลิตภัณฑ์ไปแล้วใ นวันที่ 3, 5 และ 7 ตามลำดับ โดยจะนำน้ำตัวอย่างมาทำการเจือจางด้วยน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการเจือจางครั้งละ10 เท่า (ten-folded dilutions) ก่อนมา spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งจะได้ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 10^{0}, 10^{-1} และ 10^{-2} โคโลนีต่อมิลลิลิตร บ่มเชื้อไว้ที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะ สี และปริมาณโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จดบันทึก

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

1. สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มเลี้ยงกุ้งเอกชน บริเวณอำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี
2. ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2551 – ธันวาคม 2551

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Bacillus* spp. ชนิดต่างๆ ต่อคุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ รวมทั้งความสามารถในการยับยั้ง *Vibrio* spp. ในการอนุบาลลูกกุ้งและการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระดับฟาร์ม ซึ่งจะทำให้การใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Bacillus* spp. มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการรอดตาย การเจริญเติ บโต และผลผลิตของกุ้งในที่สุด

แหล่งทุนสนับสนุน

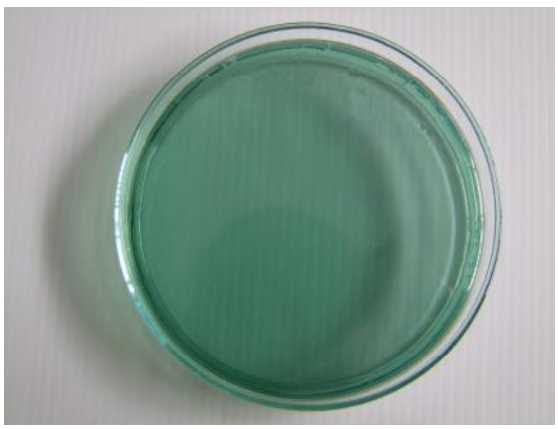
บริษัท Novozymes Biological, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

ภาพที่ 1 ถังพลาสติกทดลองในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus

ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE

ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondSafe



ภาพที่ 5 อาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS agar

ภาพที่ 6 บ่อเลี้ยงที่ใช้ทำการทดลอง

ผลและวิจารณ์

1. ผลของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus* spp. PondPlus, PondPlusE และ PondSafe ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

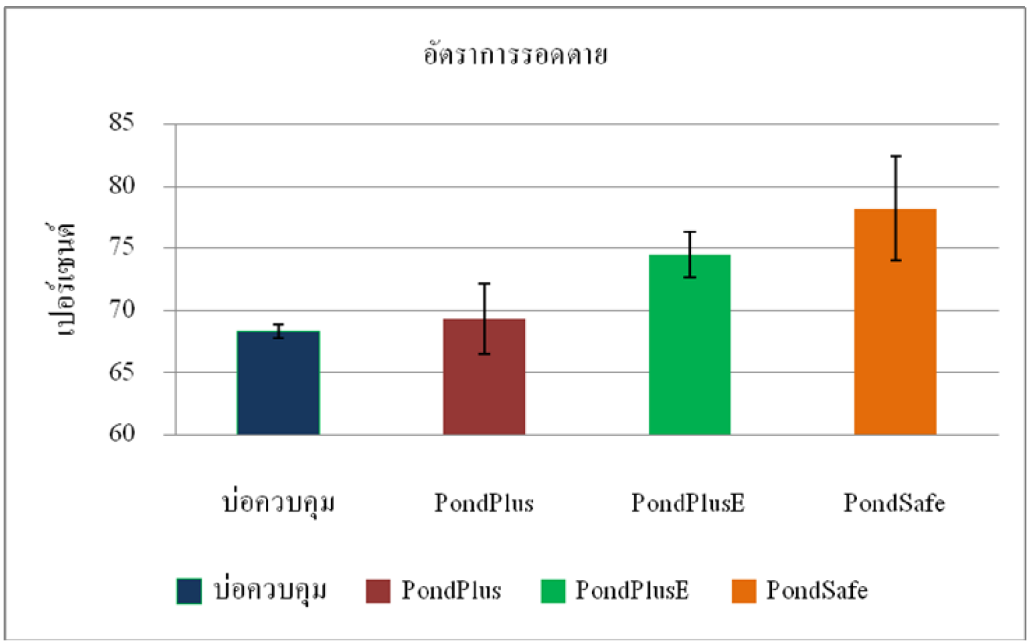
1.1 ผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้ง

จากการทดลองอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไมตั้งแต่ระยะนอเพลียส -โพสลาร์วา 8 (พี 8)จำนวน 12 ถัง ในอัตราความหนาแน่น 160 ตัวต่อลิตร โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 3 บ่อ ซึ่งกลุ่มที่ 1 เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์บาซิลลัส PondPlus กลุ่มที่ 2 เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์บาซิลลัส PondPlusE กลุ่มที่ 3 เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์บาซิลลัส PondSafe และกลุ่มที่ 4 หรือกลุ่มควบคุมไม่ได้เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์บาซิลลัส ผลการอนุบาลลูกกุ้งนาน 15 วัน พบว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์บาซิลลัสมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 68.33 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่มีการเติมจุลินทรีย์ในกลุ่ม PondPlus มีอัตราการรอดตาย 69.33 ± 2.80 เปอร์เซนต์ กลุ่มที่มีการเติมจุลินทรีย์ PondPlusE มีอัตราการรอดตาย 74.50 ± 1.8 เปอร์เซนต์ และกลุ่มที่มีการเติมจุลินทรีย์ PondSafe มีอัตราการรอดตาย 78.22 ± 4.23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 7) พบว่ากลุ่มควมคุมกับกลุ่มทดลองที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีอัตราการรอดตายต่ำกว่ากลุ่มที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlusE และ PondSafe อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์บาซิลลัสสามารถที่จะครอบครองพื้นที่และยับยั้งเชื้อต่อแบคทีเรียที่ก่อโรคโดยเฉพาะแบคทีเรียสกุลวิบริโอได้ทั้งในน้ำและทางเดินอาหารของกุ้ง (Rengpipat *et al*., 1998). ทำให้กุ้งที่ได้รับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มีอัตราการรอดตายสูงกว่า และจุลินทรีย์บาซิลลัสสามารถผลิตสาร exzoenzyme ได้ เช่น ผลิตเอนไซม์ protease, amylase, lipase และ gelatinase ซึ่งจะช่วยย่อยพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน (Moriarty, 1996, 1998) ทำให้การดูดซึมอาหารดีมีผลทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Xu-xia Zhou *et al*. (2009) ที่ศึกษาผลของ *Bacillus coagulans* SC8168 ต่ออัตราการรอดตายของการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไมพบว่ากุ้งที่ได้รับ *B. coagulans* SC8168 มีอัตราการรอดตายสูงกว่าบ่อควบคุม และในการศึกษาของ Ziaei-Nejad *et al* (2006) พบว่ากลุ่มที่ให้จุลินทรีย์บาซิลลัสมีอัตราการรอดตายสูงกว่าบ่อควบคุมในการเลี้ยงกุ้งขาว

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายของการอนุบาลลูกกุ้งจนถึงระยะโพสลาร์วา 8 จากกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์กับกลุ่มที่เติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus, PondPlusE และ PondSafe

บ่อ	กลุ่มควบคุม	PondPlus	PondPlusE	PondSafe
1	67.83	72.50	73.50	73.33
2	68.83	67.17	73.33	80.83
3	68.33	68.33	76.67	80.50
ค่าเฉลี่ย	68.33 ± 0.50^{b}	69.33 ± 2.80^{b}	74.50 ± 1.80^{a}	78.22 ± 4.23^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำหนดด้วยตัวอักษร ที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 7 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบอัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของการอนุบาลลูกกุ้งขาวของกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์กับกลุ่มที่เติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus, PondPlusE และ PondSafe

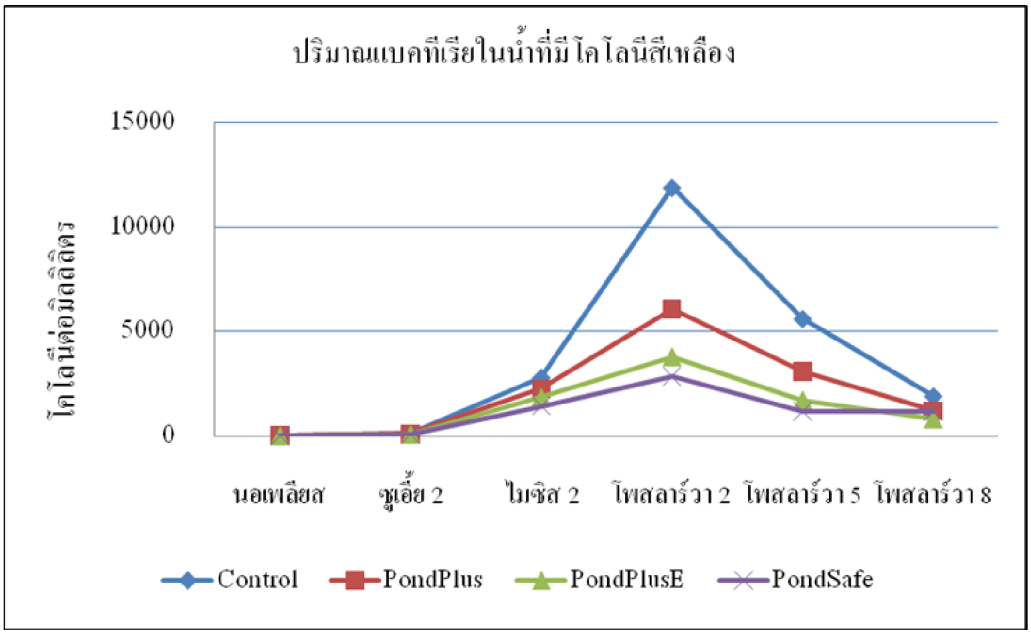
1.2 ผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในน้ำ

ผลการศึกษาการควบคุมปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในระยะ ก่อนปล่อยกุ้ง ซูเอี้ย 2 ไมซิส 2 โพสลาร์วา 2 โพสลาร์วา 5 และโพสลาร์วา 8 พบว่าบ่อหลังจากปล่อยกุ้งลงเลี้ยงไปจนถึงระยะซูเอี้ย2 (หลังจากเติมผลิตภัณฑ์ 2 วัน) ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอโคโลนีสีเขียวในบ่อที่ใส่จุลินทรีย์ PondPlus และ PondSafe มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)กับควบคุม แต่บ่อที่ใส่จุลินทรีย์ PondPlusE ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับบ่อควบคุม แต่พบว่าบ่อที่ใส่จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าน้อยกว่าบ่อควบคุม และลูกกุ้งระยะไมซิส2 (หลังจากเติมผลิตภัณฑ์ 5 วัน) ขึ้นไปปริมาณแบคทีเรียวิบริโอทั้งโคโลนีสีเหลืองและโคโลนีสีเขียวมีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4 และจะเห็นได้อย่างชัดเจนในกุ้งช่วงระยะโพสลาร์วา 2 (ภาพที่ 8 และ 9) เพราะเป็นช่วงที่เริ่มเปลี่ยนการให้อาร์ทีเมียลวกมาเป็นอาร์ทีเมียสด ซึ่งอาจทำให้ลูกกุ้งจับอาร์ทีเมียไม่ได้ ประกอบกับมีการให้อาหารสำเร็จรูปเสริมตลอดระยะเวลาการอนุบาล ส่งผลให้มีเศษอาหารและซากอาร์ทีเมียสะสมอยู่ในบ่อ ทำให้เกิดปริมาณแบคทีเรียวิบริโอสูงมากในระยะดังกล่าว ส่วนกลุ่มที่ใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์จะพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียวิบริโอน้อยกว่าบ่อควบคุมโดยเฉพาะในกลุ่มที่มีการเติมจุลินทรีย์ PondPlusE และ PondSafe เนื่องจากว่าจุลินทรีย์เหล่านี้สร้างสารบางอย่าง (antimicrobial) ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียวิบริโอได้ หรือเกิดจากการแย่งอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับ วัชริยา และคณะ (2547) ที่รายงานว่า *Bacillus* sp. ที่แยกได้จากลำไส้กุ้งกุลาดำพบว่ามี 3 ชนิด คือ *B. sphaericus, B. pumilus* และ *B. subtilis* มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *V. harveyi* และเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน เชื้อ *Bacillus* ทั้ง 3 ชนิดสามารถที่จะทำลายผนังเซลล์ของ *V. harveyi* ได้ มินตรา (2551) รายงานว่าแบคทีเรีย *Bacillus* หลายชนิดจากลำไส้กุ้งของกุ้งขาวแวนนาสามารถลดปริมาณเชื้อ *V. harveyi* ในน้ำทะเลได้ ส่วนการศึกษาครั้งนี้บ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondSafe มีความสามารถในการลดแบคทีเรียวิบริโอมากกว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE และ PondPlus เนื่องจากผลิตภัณฑ์ PondSafe ประกอบด้วย Bacillus 5 ชนิดซึ่งทั้ง 5 ชนิดเป็นชนิดที่ผ่านการคัดเลือกและทดสอบว่ามีจุดเด่นเฉพาะสำหรับลด ปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอโดยตรง

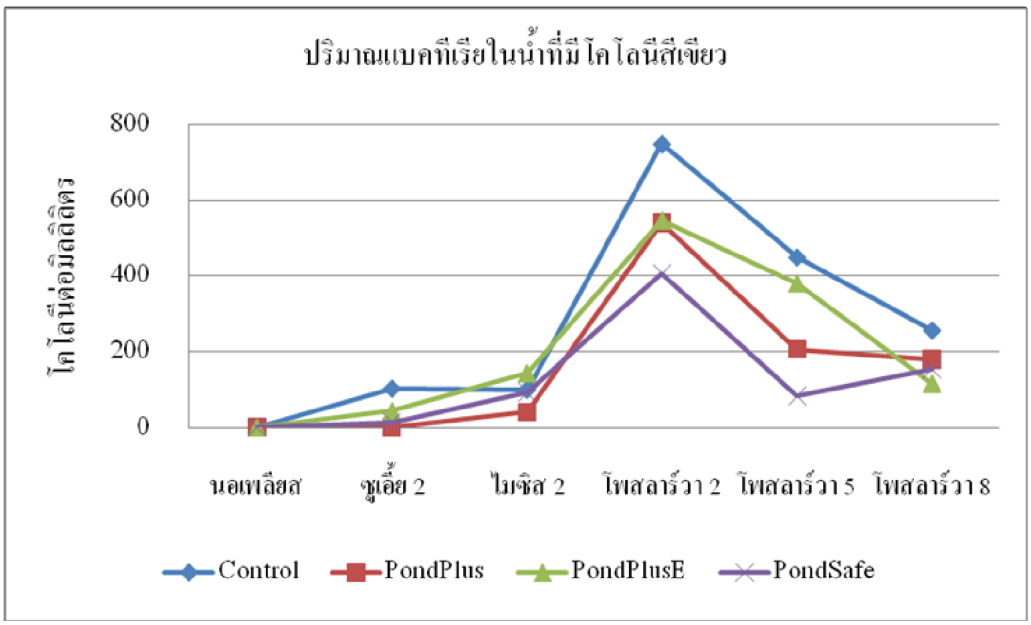
ตารางที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในช่วงระหว่างการเลี้ยง

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	*Vibrio* spp. (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	
		Yellow colony	**Green colony**
นอเพลียส	Control	0.00±0.00 [a]	0.00±0.00 [a]
	PondPlus	0.00±0.00 [a]	0.00±0.00 [a]
	PondPlusE	0.00±0.00 [a]	0.00±0.00 [a]
	PondSafe	0.00±0.00 [a]	0.00±0.00 [a]
ซูเอี้ย 2	Control	1.11×10^{2}±15.56 [a]	1.03×10^{2}±20.81 [b]
	PondPlus	1.06×0^{2}±15.27 [a]	0.00±0.00 [a]
	PondPlusE	8.33×10±15.27 [a]	4.33×10±5.77 [b]
	PondSafe	7.66×10±20.81 [a]	1.33×10±5.77 [a]
ไมซิส 2	Control	2.78×10^{3}±172.14 [d]	1.00×10^{2}±17.32 [b]
	PondPlus	2.24×10^{3}±135.27 [c]	4.00×10±10.00 [a]
	PondPlusE	1.85×10^{3}±60.27 [b]	1.43×10^{2}±11.54 [c]
	PondSafe	1.42×10^{3}±60.82 [a]	9.33×10±15.27 [b]
โพสลาร์วา 2	Control	1.19×10^{4}±1582.19 [c]	7.50×10^{2}±157.62 [b]
	PondPlus	6.09×10^{3}±241.73 [c]	5.40×10^{2}±96.43 [ab]
	PondPlusE	3.79×10^{3}±167.03 [b]	5.46×10^{2}±65.06 [ab]
	PondSafe	2.85×10^{3}±217.33 [a]	4.06×10^{2}±132.03 [a]
โพสลาร์วา 5	Control	5.61×10^{3}±780.08 [c]	4.50×10^{2}±88.88 [b]
	PondPlus	3.09×10^{3}±127.67 [b]	2.06×10^{2}±90.185 [a]
	PondPlusE	1.72×10^{3}±98.48 [a]	3.80×10^{2}±50.00 [b]
	PondSafe	1.18×10^{3}±130.51 [a]	8.33×10±11.54 [a]
โพสลาร์วา 8	Control	1.89×10^{3}±105.04 [c]	2.56×10^{2}±65.06 [b]
	PondPlus	1.20×10^{3}±356.79 [b]	1.80×10^{2}±26.45 [ab]
	PondPlusE	8.10×10^{2}±72.11 [a]	1.16×10^{2}±30.55 [a]
	PondSafe	1.17×10^{3}±80.82 [b]	1.53×10^{2}±35.11 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 8 ปริมาณแบคทีเรียในน้ำที่โคโลนีสีเหลือง



ภาพที่ 9 ปริมาณแบคทีเรียในน้ำที่โคโลนีสีเขียว

1.3 ผลต่อคุณสมบัติของน้ำ

1.3.1 พีเอช

ค่าพีเอชของน้ำตลอดระยะเวลาในการอนุบาลลูกกุ้งของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 8.16-8.70 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.40±0.20 ส่วนบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 8.20-8.80 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.41±0.21 บ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 8.26-8.70 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.40±0.17 และบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondSafe มีค่าอยู่ระหว่าง 8.26-8.53 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.40±0.11 ค่าพีเอชของน้ำของบ่อควบคุมและบ่อทดลองทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 5, ภาพที่ 10) ซึ่งค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คืออยู่ระหว่าง 7.5-8.5 และช่วงหลังจากการอนุบาลไปประมาณ 10 วัน บ่อควบคุมและบ่อทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแนวโน้มที่สูงขึ้นเนื่องจากในระหว่างการอนุบาลลูกกุ้งได้มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตลงไปเพื่อเพิ่มค่าความเป็นด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เนื่องจากในระหว่างการเจริญเติบโตและพัฒนาของลูกกุ้งจะมีการใช้แร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำ และการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตส่งผลทำให้พีเอชสูงขึ้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมตามปกติ ซึ่งในน้ำถ้ามีไบคาร์บอเนตอยู่มากส่งผลทำให้พีเอชของน้ำมีค่าเป็นกลางจนถึง 8.3 (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

1.3.2 ความเป็นด่างรวม

ค่าความเป็นด่างรวมของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 81.67-128.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 97.83±16.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 83.67-127.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 99.45±15.51 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 81.67-128.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 99.28±15.99 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondSafe มีค่าอยู่ระหว่าง 82.67-126.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 99.17±15.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างรวมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 5, ภาพที่ 11) ซึ่งค่าความเป็นด่างรวมเหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้ง คือมีค่าอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ซึ่งการอนุบาลลูกกุ้งได้มีการเติมวัสดุปูน

ที่มีไบคาร์บอเนตลงไป ทำให้ค่าความเป็นด่างรวมไม่ต่ำจนเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้พีเอชค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในระหว่างการอนุบาลลูกกุ้ง

1.3.3 ปริมาณแอมโมเนียรวม

ปริมาณแอมโมเนียรวมของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระ หว่าง 0.717-3.563 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.386±0.949 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.723-3.557 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.243±1.039 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.707-3.227 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.289±0.918 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondSafe มีค่าอยู่ระหว่าง 0.730-3.693 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.129±1.206 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อกุ้ง โดยเฉพาะในรูป NH_3 ซึ่งแอมโมเนียเกิดขึ้นมาจากสิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้งเองและกระบวนการเน่าสลายของเศษอาหารที่เหลือ แพลงก์ตอนที่ตาย เศษซากพืช ซากสัตว์และสารอินทรีย์อื่นๆ โดยจุลินทรีย์ แล้วปล่อยแอมโมเนียออกมาสู่แห ล่งน้ำโดยตรง (ชลอ และพรเลิศ, 2547) แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 5 โดยเริ่มมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่ออนุบาลลูกกุ้งไปแล้วประมาณ 3 วัน (ซูเอี้ย 2) เนื่องจากการให้อาหารสำเร็จรูปเสริมร่วมกับแพลงก์ตอนพืช ทำให้เริ่มมีการสะสมของเสียเพิ่มขึ้น และจะเห็นความแตกต่างชัดเจนเมื่ออนุบาลไปแล้ว 6 วัน (ไมซิส 2) (ภาพที่ 12)โดยค่าแอมโมเนียรวมของบ่อควบคุมมีค่าสูงกว่าบ่อทดลองทั้ง 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการอนุบาลลู กกุ้งขาวในช่วงระยะนี้จะเริ่มมีการเปลี่ยนอาหารจากแพลงก์ตอนพืชไปเป็นแพลงก์ตอนสัตว์และเสริมด้วยอาหารสำเร็จรูป ซึ่งในระยะนี้พบว่ามีลูกกุ้งตายลงเป็นจำนวนมากอาจจะเนื่องการปรับเปลี่ยนอาหารทำให้มีอาหารเหลืออยู่ในบ่อเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ค่าแอมโมเนียมีแนวโน้มสูงขึ้ น แต่บ่อทดลองที่เติมจุลินทรีย์ลงไปจะมีค่าต่ำกว่าบ่อควบคุมเพราะจุลินทรีย์ที่เติมลงไปสามารถไปช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ โดยเฉพาะ *Bacillus* sp. สามารถสร้างเอนไซม์ในการย่อยสารอินทรีย์ได้หลายชนิด (ปรีชา, 2541)

1.3.4 ปริมาณไนไตรท์

ปริมาณไนไตรท์ของบ่อควบคุมอยู่ระหว่าง 0.021-1.324 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.859±0.550 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlus

มีค่าอยู่ระหว่าง 0.018±1.514 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.912±0.603 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.020-1.589 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.952±0.621 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondSafe มีค่าอยู่ระหว่าง 0.020-1.418 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.741±0.524 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่ออนุบาลไปแล้ว 6 วัน (ไมซิส 2) และ 15 วัน (โพสลาร์วา 8) ปริมาณไนไตรท์ของบ่อควบคุมกับบ่อทดลองที่มีการเติมจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ PondSafe มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 5 โดยบ่อควบคุมมีค่าสูงกว่าบ่อที่เติมผลิต ภัณฑ์จุลินทรีย์ (ภาพที่ 13) เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติมลงไปมีคุณสมบัติเป็นไนตริไฟอิ้งแบคทีเรียและการอนุบาลลูกกุ้งมีการให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวารุณี (2549) ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์บาซิลลัสในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าปริมาณไนไตรท์ในบ่อที่เติมจุลินทรีย์ต่ำกว่าบ่อที่ไม่เติมจุลินทรีย์โดยตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งครั้งนี้ พบว่าปริมาณไนไตรท์ของบ่อทดลองและบ่อควบคุมมีปริมาณไนไตรท์อยู่ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน แต่เนื่องจากตลอดระยะเวลาการอนุบาลมี การให้อากาศตลอดเวลาและระดับความเค็มในการอนุบาลอยู่ในระดับสูงคือ 25 พีพีที ซึ่งทำให้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อลูกกุ้งมีค่าต่ำ

1.3.5 ปริมาณไนเตรท

ปริมาณไนเตรทของบ่อควบคุมอยู่ระหว่าง 0.010-4.044 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.891±1.315 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.012-3.824 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.700±1.280 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.011-3.896 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.890±1.284 มิลลิกรัมต่อลิตรและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondSafe มีค่าอยู่ระหว่าง 0.011-3.308 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.596±1.163 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรทเริ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่ออนุบาลไปแล้ว 3 วัน (ซูเอ๊ีย 2) และแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่ออนุบาลไปแล้ว 6 วัน (ไมซิส 2) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 14) เนื่องจากเริ่มมีการสะสมอาหารที่ให้มากขึ้น ซึ่งการทดลองมีการถ่ายเปลี่ยนน้ำทำให้ปริมาณแบคทีเรียและสารอินทรีย์ลดลง ทำให้ช่วงโพสลาร์วา 2 มีปริมาณไนเตรทลดลงและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างชัดเจนอีกในช่วงโพสลาร์วา 8 เนื่องจากเริ่มมีการสะสะของอาหารเพิ่มขึ้นและจุลินทรีย์ที่ใส่ลงไปสารมารถใช้ไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนได้

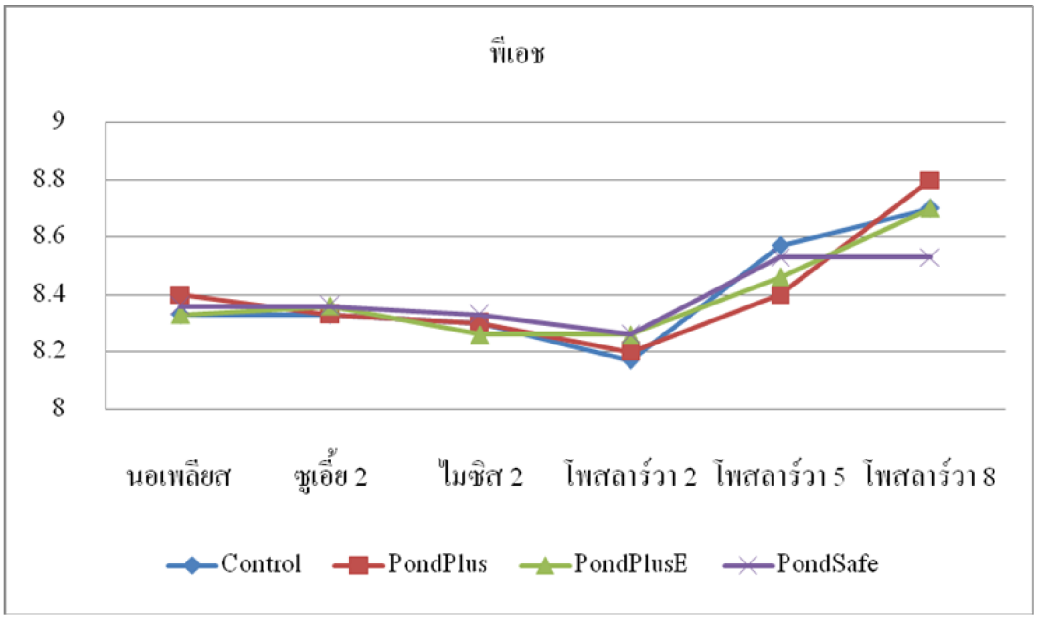
ตารางที่ 5 คุณสมบัติของน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	TAN (mg/L)	Nitrite-N (mg/L)	Nitrate-N (mg/L)	Alkalinity (mg/L)	pH
นอเพลียส	บ่อควบคุม	0.717 ± 0.03 [a]	0.021 ± 0.005 [a]	0.010 ± 0.001 [a]	81.67 ± 1.52 [a]	8.33 ± 0.05 [a]
	PondPlus	0.723 ± 0.02 [a]	0.018 ± 0.006 [a]	0.012 ± 0.000 [a]	83.67 ± 1.15 [a]	8.40 ± 0.00 [a]
	PondPlusE	0.707 ± 0.02 [a]	0.020 ± 0.006 [a]	0.011 ± 0.001 [a]	81.67 ± 1.52 [a]	8.33 ± 0.05 [a]
	PondSafe	0.730 ± 0.01 [a]	0.020 ± 0.004 [a]	0.011 ± 0.001 [a]	82.67 ± 2.30 [a]	8.36 ± 0.05 [a]
ซูเอี้ย 2	บ่อควบคุม	2.217 ± 0.42 [b]	0.324 ± 0.020 [a]	1.601 ± 0.106 [a]	87.67 ± 4.16 [a]	8.33 ± 0.05 [a]
	PondPlus	2.127 ± 0.50 [b]	0.312 ± 0.015 [a]	1.736 ± 0.128 [ab]	88.67 ± 7.50 [a]	8.33 ± 0.05 [a]
	PondPlusE	2.137 ± 0.16 [b]	0.342 ± 0.045 [a]	1.794 ± 0.053 [b]	91.33 ± 7.23 [a]	8.36 ± 0.05 [a]
	PondSafe	1.213 ± 0.37 [a]	0.273 ± 0.030 [a]	1.791 ± 0.075 [b]	87.33 ± 7.09 [a]	8.36 ± 0.05 [a]
ไมซิส 2	บ่อควบคุม	2.277 ± 0.06 [c]	1.299 ± 0.077 [b]	4.044 ± 0.082 [c]	95.00 ± 8.00 [a]	8.30 ± 0.00 [a]
	PondPlus	1.433 ± 0.28 [a]	1.151 ± 0.137 [ab]	3.824 ± 0.027 [b]	101.67 ± 8.08 [a]	8.30 ± 0.00 [a]
	PondPlusE	1.927 ± 0.13 [b]	1.293 ± 0.052 [b]	3.896 ± 0.108 [bc]	92.67 ± 7.02 [a]	8.26 ± 0.05 [a]
	PondSafe	1.276 ± 0.12 [a]	1.094 ± 0.044 [a]	3.308 ± 0.083 [a]	93.67 ± 8.08 [a]	8.33 ± 0.05 [a]
โพสลาวาร์ 2	บ่อควบคุม	2.76 ± 0.12 [a]	1.324 ± 0.078 [a]	2.194 ± 0.199 [a]	94.33 ± 2.30 [a]	8.16 ± 0.05 [a]
	PondPlus	2.633 ± 0.39 [a]	1.514 ± 0.017 [a]	2.253 ± 0.078 [a]	93.67 ± 4.72 [a]	8.20 ± 0.00 [a]
	PondPlusE	2.827 ± 0.18 [a]	1.589 ± 0.074 [a]	2.409 ± 0.055 [a]	98.33 ± 3.05 [a]	8.26 ± 0.05 [a]
	PondSafe	2.997 ± 0.25 [a]	1.418 ± 0.182 [a]	2.380 ± 0.07 [a]	97.00 ± 12.49 [a]	8.26 ± 0.05 [a]

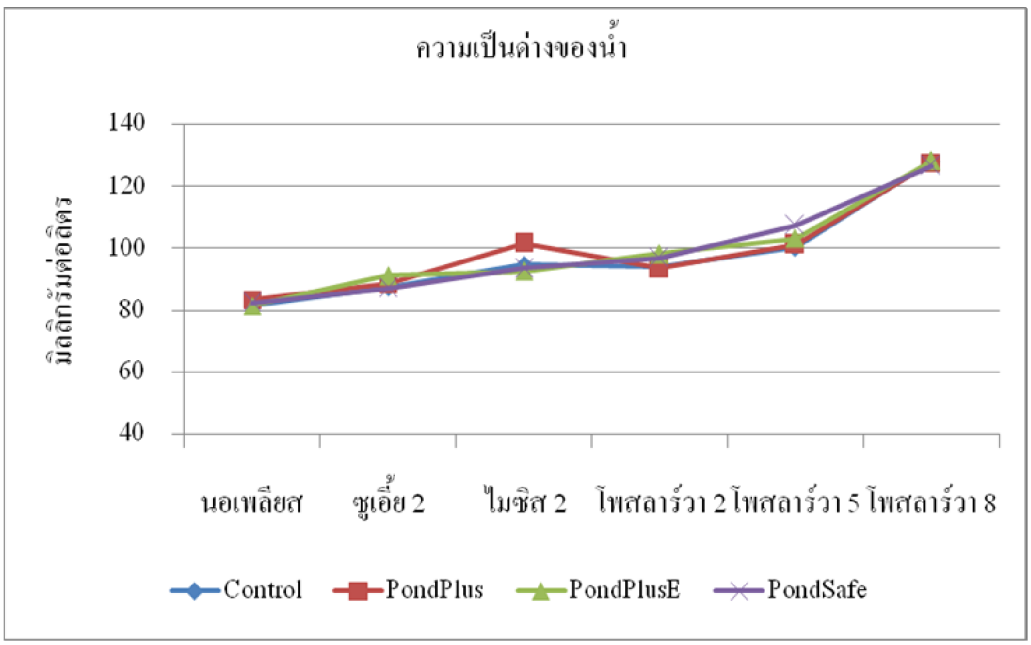
ตารางที่ 5 (ต่อ)

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	TAN (mg/L)	Nitrite-N (mg/L)	Nitrate-N (mg/L)	Alkalinity (mg/L)	pH
โพสลาวาร์ 5	บ่อควบคุม	2.78 ± 0.45[a]	1.043 ± 0.111[a]	1.388 ± 0.013[b]	100.33 ± 3.05[a]	8.56 ± 0.05[a]
	PondPlus	2.987 ± 0.14[a]	1.115 ± 0.166[a]	1.219 ± 0.037[a]	101.33 ± 7.37[a]	8.40 ± 0.00[a]
	PondPlusE	2.910 ± 0.18[a]	1.170 ± 0.041[a]	1.254 ± 0.024[a]	103.33 ± 3.21[a]	8.46 ± 0.05[a]
	PondSafe	2.867 ± 0.14[a]	0.955 ± 0.175[a]	1.208 ± 0.014[a]	107.67 ± 5.03[a]	8.53 ± 0.11[a]
โพสลาวาร์ 8	บ่อควบคุม	3.563 ± 0.14[ab]	1.142 ± 0.058[b]	2.110 ± 0.056[c]	128.00 ± 1.73[a]	8.70 ± 0.00[a]
	PondPlus	3.557 ± 0.39[ab]	1.360 ± 0.102[b]	1.156 ± 0.127[b]	127.67 ± 3.51[a]	8.80 ± 0.00[a]
	PondPlusE	3.227 ± 0.06[a]	1.297 ± 0.137[b]	1.975 ± 0.130[c]	128.33 ± 9.01[a]	8.70 ± 0.00[a]
	PondSafe	3.693 ± 0.13[b]	0.685 ± 0.170[a]	0.875 ± 0.090[a]	126.67 ± 12.66[a]	8.53 ± 0.01[a]

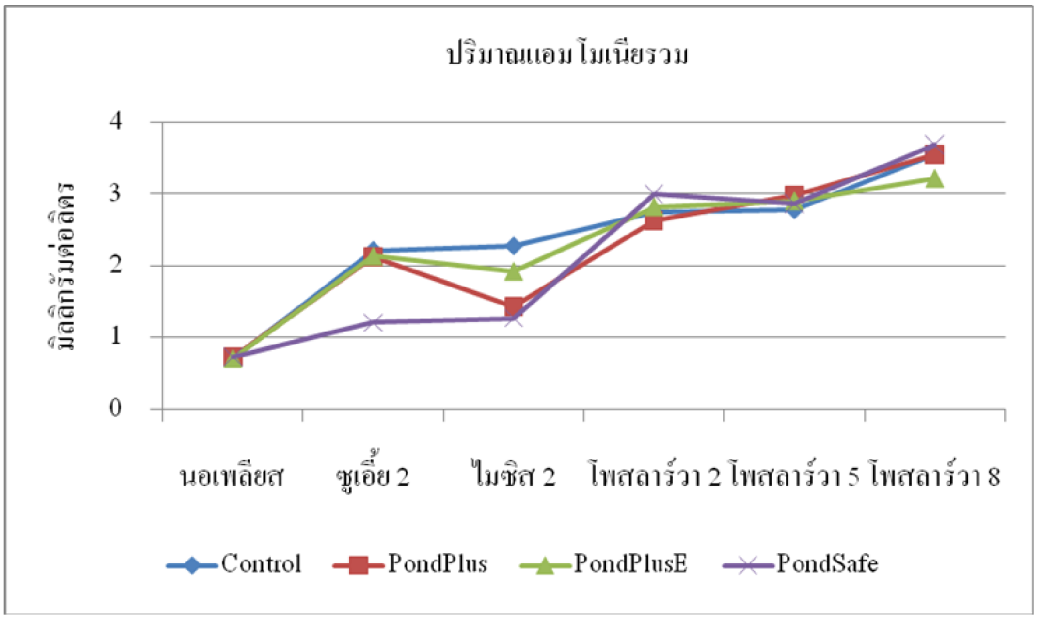
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



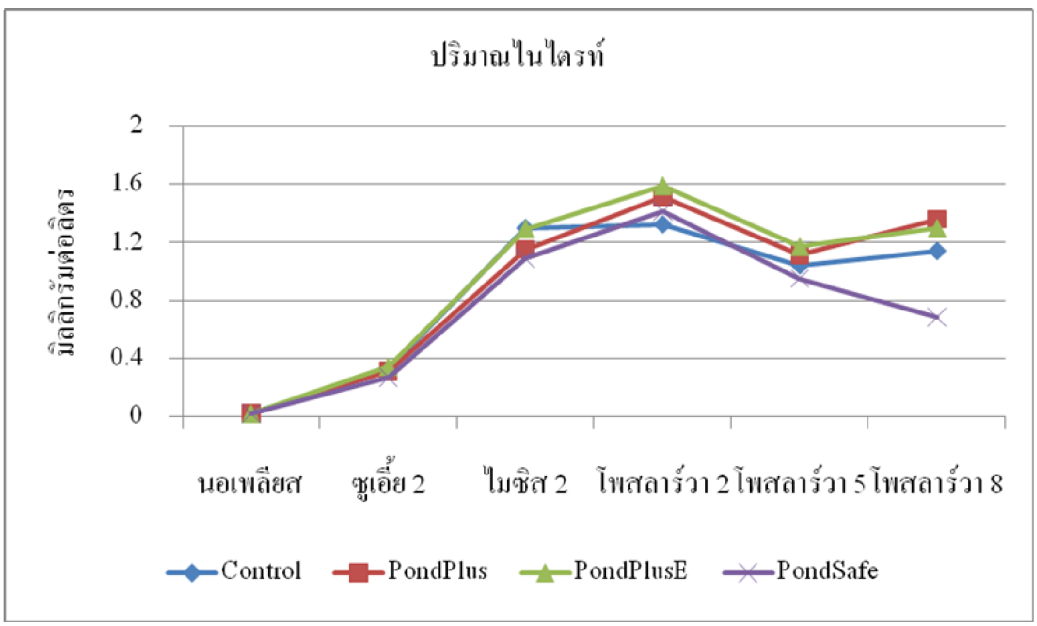
ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



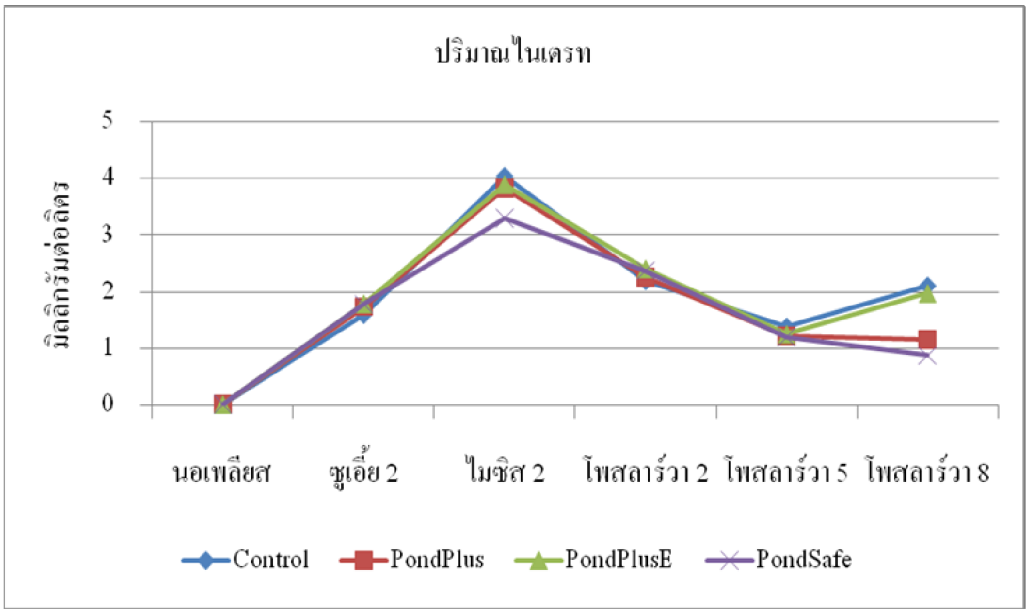
ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

2. ผลของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus* spp. PondPlus และ PondplusE ต่อการยับยั้งปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอและผลต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

2.1 ผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในน้ำ

ผลการศึกษาการยับยั้งปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอในน้ำของบ่อค วบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์บาซิลลัส PondPlus และ PondPlusE ในอายุกุ้ง 25-30, 55-60, 85-90 และ 115-120 วัน โดยนำมาเพาะเชื้อเมื่อใส่ผลิตภัณฑ์ไปแล้ว 0, 3, 5 และ 7 วัน พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียวิบริโอทั้งโคโลนีสีเหลืองและโคโลนีเสีเขียวเมื่อใส่จุลิ นทรีย์ไปแล้ว 3 วันของบ่อควบคุมและบ่อทดลองทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 6, 7, 8 และ 9) ซึ่งในช่วงท้ายของการเลี้ยงจะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนกว่าในช่วงเลี้ยงเดือนแรก ๆ (ภาพที่ 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ 22) เนื่องจากเริ่มมีการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อมากขึ้น ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพวกแบคทีเรียวิบริโอ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) Jayasree *et al*. (2006) กล่าวว่าชนิดของแบคทีเรียวิบริโอที่พบที่ก่อให้เกิดโรคในกุ้งมี 6 ชนิด คือ *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. vulnificus* และ *V. splendidus* เมื่อนำไปเลี้ยงบนอาหาร TCBS agar พบว่า *V. alginolyticus*, *V. anguillarum* และ *V. splendidus* เป็นแบคทีเรียที่ให้โคโลนีสีเหลือง ส่วน *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus* และ *V. vulnificus* เป็นแบคทีเรียที่ให้โคโลนีสีเขียว (Didem and Akin, 2006; Reid *et a*l., 2009) โดยบ่อที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ PondPlus และ PondPlusE สามารถที่จะยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียวิบริโอได้ดีกว่าบ่อที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากจุลินทรีย์บาซิลลัสสามารถผลิตสารเอนไซม์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด เพื่อย่อยผนังเซลล์ของแบคทีเรียวิบริโอได้ ซึ่ง Ziaei-Nejad (2006) ได้ศึกษากิจกรรมการย่อยของเอนไซม์ต่างๆ ที่ผลิตจากจุลินทรีย์บาซิลลัสในการเจริญเติบโตของกุ้งขาว พบว่ากุ้งที่ได้รับบาซิลลัสมีการเจริญเติบโตและกิจกรรมการย่อยของเอนไซม์ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับบาซิลลั ส นอกจากนี้บาซิลลัสยังมีความสามารถในการแก่งแย่งสารอาหารได้ดีกว่าแบคทีเรียวิบริโอ ทำให้แบคทีเรียวิบริโอไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลศึกษางของ มณจันทร์ และกมลพร (2543) รายงานว่า *Bacillus subtilis* และ *B. licheniformis* มีศักยภาพในการยับยั้ง *V. harveyi*

ตารางที่ 6 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน

วัน	โคโลนี	บ่อควบคุม	บ่อใส่ PondPlus	บ่อใส่ PondPlusE
0	เหลือง	100.00±20.00[a]	110.00±26.46[a]	140.00±40.00[a]
	เขียว	286.67±30.55[a]	250.00±70.00[a]	296.67±28.87[a]
3	เหลือง	293.33±40.42[c]	46.67±20.82[a]	146.67±50.33[b]
	เขียว	353.33±25.17[b]	46.67±5.77[a]	43.33±15.28[a]
5	เหลือง	306.67±49.33[c]	50.00±26.46[a]	176.67±25.17[b]
	เขียว	280.00±34.64[b]	126.67±32.15[a]	96.67±25.17[a]
7	เหลือง	216.67±32.15[b]	60.00±26.46[a]	240.00±40.00[b]
	เขียว	296.67±45.09[b]	176.67±25.17[a]	156.67±25.17[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน

วัน	โคโลนี	บ่อควบคุม	บ่อใส่ PondPlus	บ่อใส่ PondPlusE
0	เหลือง	190.00±40.00[a]	163.33±30.55[a]	190.00±26.46[a]
	เขียว	40.00±17.32[a]	50.00±20.00[a]	60.00±17.32[a]
3	เหลือง	1270.00±327.87[b]	616.67±32.15[a]	856.67±40.42[a]
	เขียว	126.67±32.15[a]	176.673±50.33[a]	136.67±15.28[a]
5	เหลือง	80.00±43.59[b]	126.67±30.55[a]	200.00±36.06[a]
	เขียว	250.00±50.00[b]	253.33±37.86[b]	120.00±26.46[a]
7	เหลือง	686.67±35.12[b]	270.00±34.64[a]	356.67±64.29[a]
	เขียว	250.00±26.46[a]	280.00±26.46[a]	303.33±30.55[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 8 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน

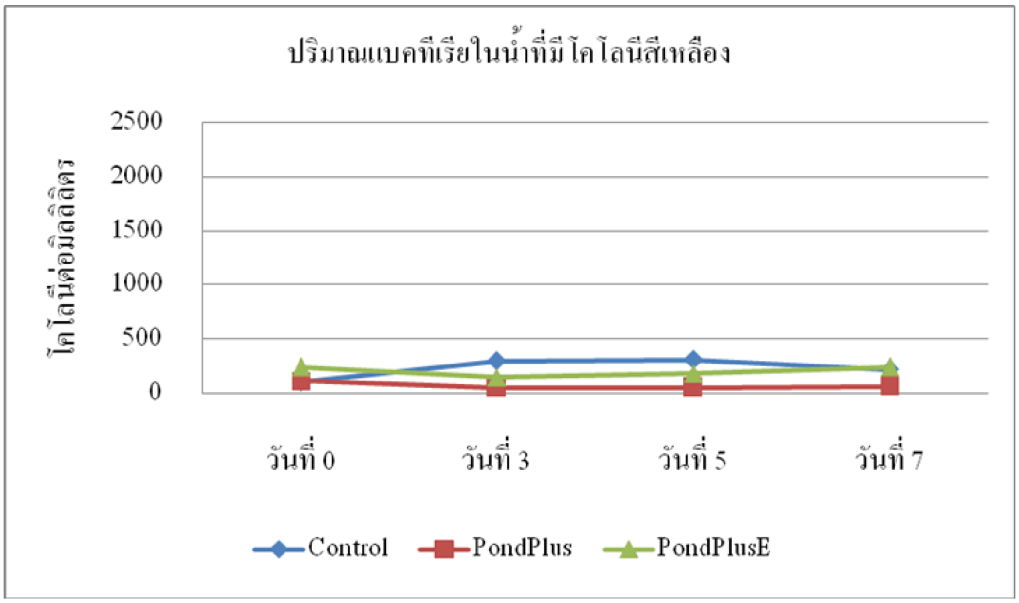
วัน	โคโลนี	บ่อควบคุม	บ่อใส่ PondPlus	บ่อใส่ PondPlusE
0	เหลือง	843.33±75.06 [a]	780.00±79.37 [a]	846.67±70.24 [a]
	เขียว	800.00±45.83 [a]	760.00±43.59 [a]	836.67±41.63 [a]
3	เหลือง	980.00±101.49 [a]	970.00±131.15 [a]	876.67±70.95 [a]
	เขียว	816.67±30.55 [b]	623.33±37.86 [a]	620.00±36.06 [a]
5	เหลือง	1043.33±87.37 [b]	540.00±60.83 [a]	523.33±55.08 [a]
	เขียว	716.67±70.24 [b]	226.67±35.12 [a]	280.00±26.46 [a]
7	เหลือง	2343.33±161.97 [c]	1470.00±134.54 [b]	940.00±75.50 [a]
	เขียว	760.00±62.45 [b]	343.33±11.55 [a]	316.67±57.74 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

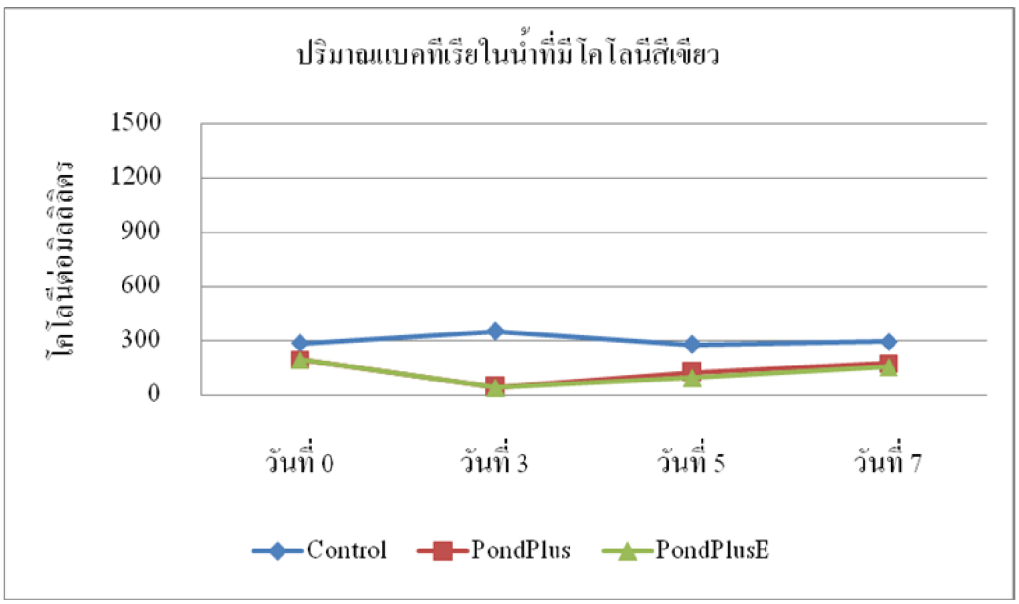
ตารางที่ 9 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ของบ่อควบคุมและบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน

วัน	โคโลนี	บ่อควบคุม	บ่อใส่ Pondplus	บ่อใส่ PondplusE
0	เหลือง	870.00±62.45 [a]	863.33±40.41 [a]	886.67±28.87 [a]
	เขียว	240.00±36.06 [a]	240.00±36.06 [a]	293.33±83.87 [a]
3	เหลือง	1233.33±90.19 [b]	820.00±43.59 [a]	820.00±52.92 [a]
	เขียว	400.00±20.00 [c]	0.00±0.00 [a]	253.33±28.87 [b]
5	เหลือง	1366.67±50.33 [b]	706.67±73.71 [a]	800.00±105.83 [a]
	เขียว	180.00±20.00 [b]	43.33±5.77 [a]	43.33±23.09 [a]
7	เหลือง	1186.67±50.33 [b]	796.67±80.21 [a]	823.33±58.60 [a]
	เขียว	186.67±41.63 [c]	26.67±5.77 [a]	93.33±11.55 [b]

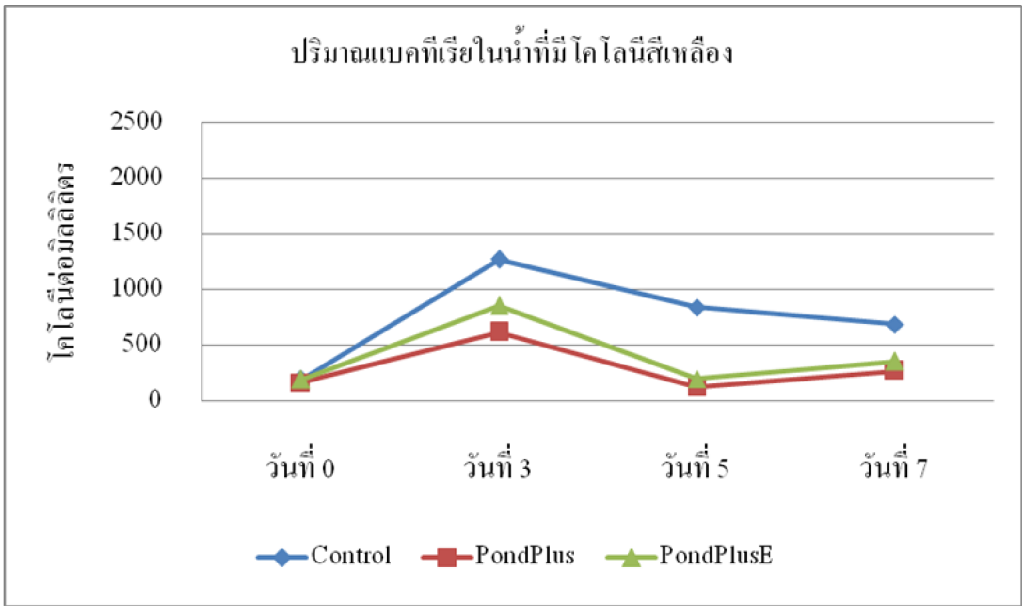
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



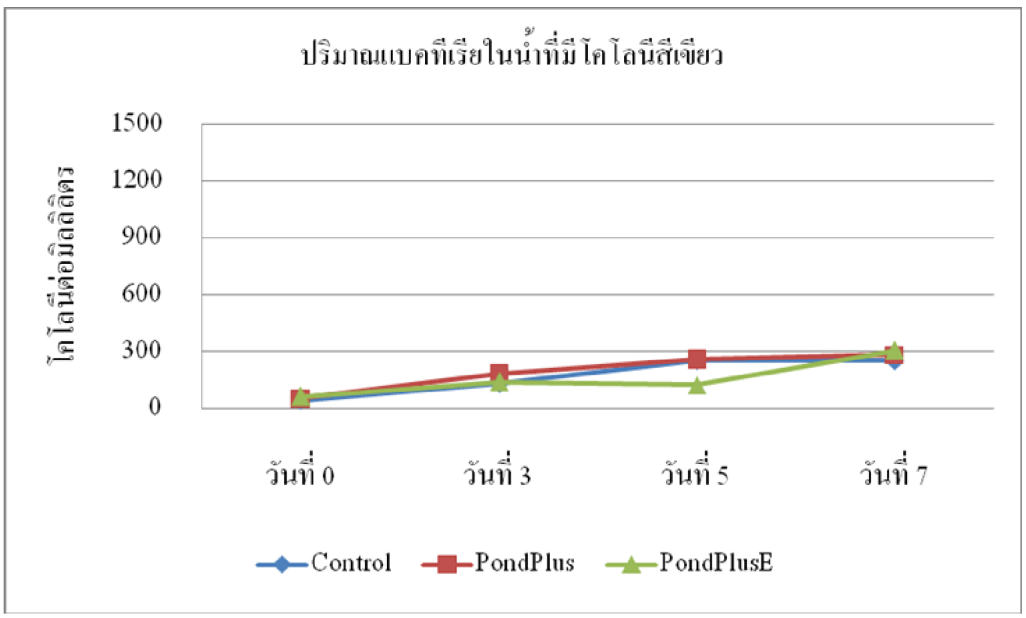
ภาพที่ 15 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 25-30 วัน



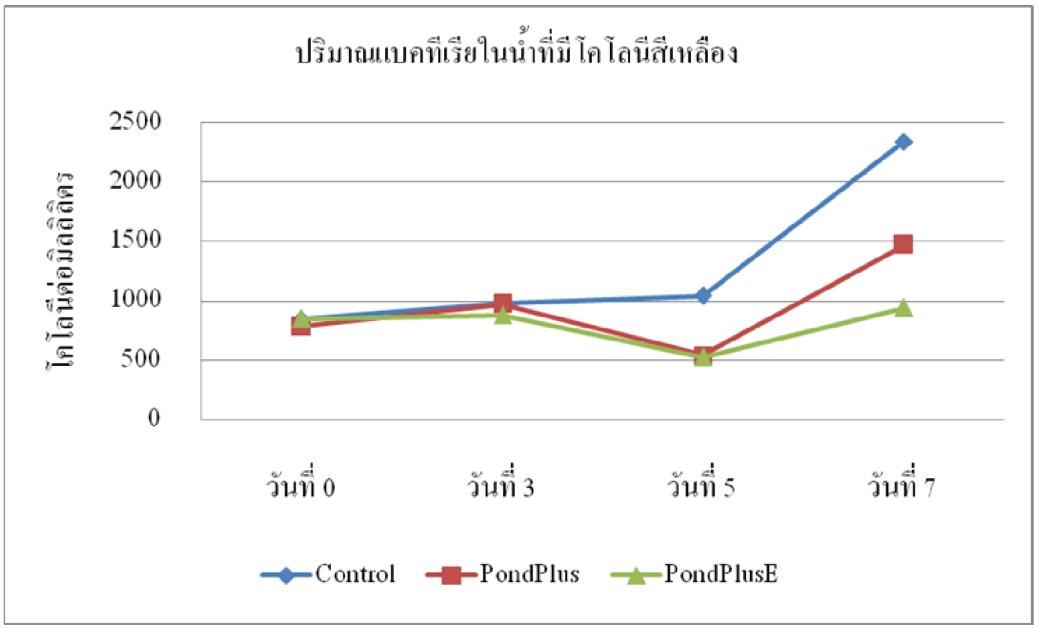
ภาพที่ 16 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 25-30 วัน



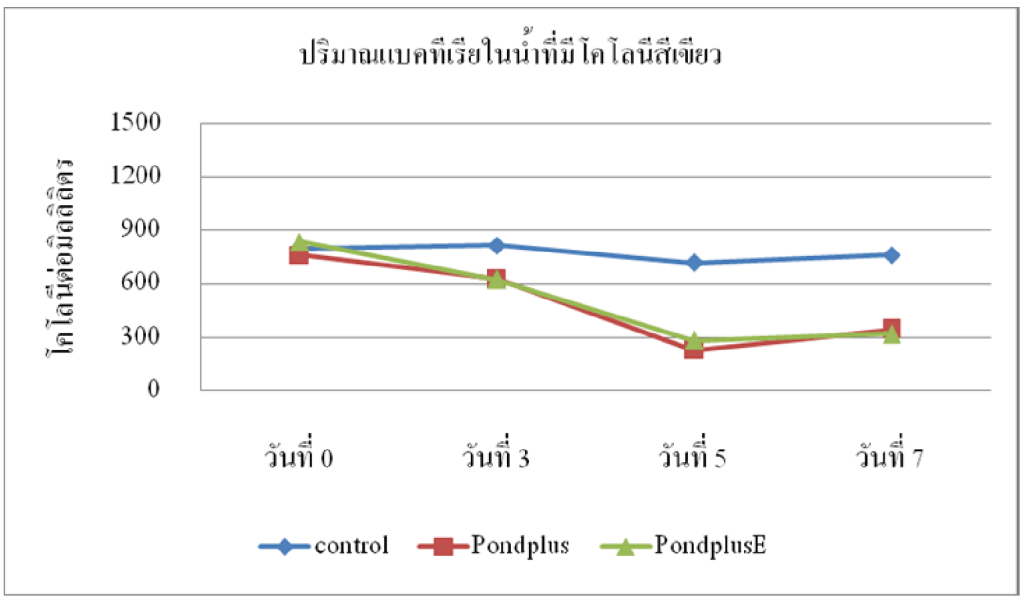
ภาพที่ 17 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 55-60 วัน



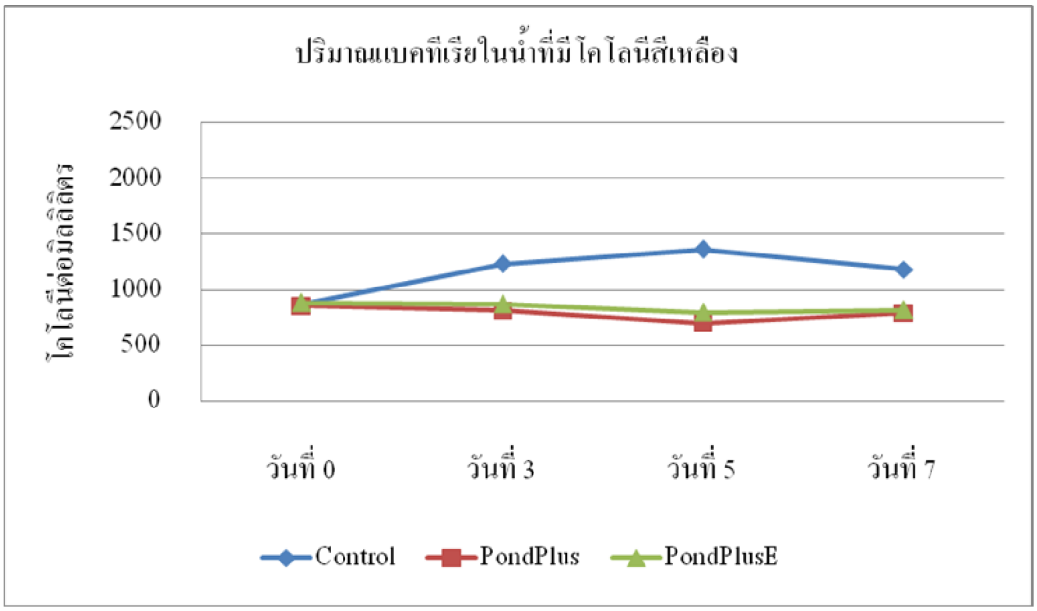
ภาพที่ 18 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวขอ งบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 55-60 วัน



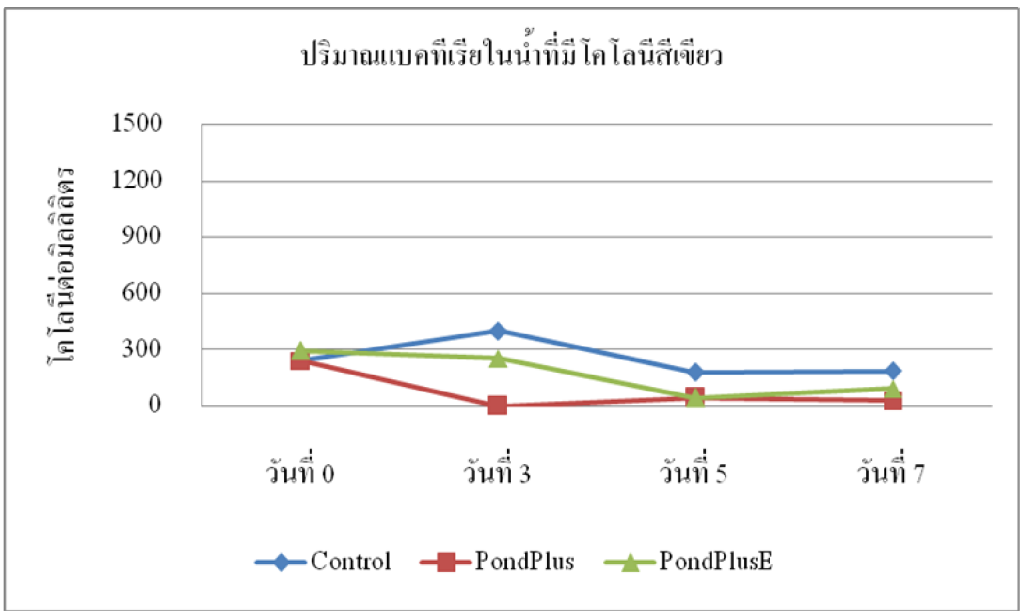
ภาพที่ 19 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 85-90 วัน



ภาพที่ 20 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 85-90 วัน



ภาพที่ 21 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเหลืองของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 115-120 วัน



ภาพที่ 22 ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอที่มีโคโลนีสีเขียวของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงอายุ 115-120 วัน

2.2 ผลต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

2.2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 7 วัน ในบ่อควบคุมที่กุ้งอายุ 25-30 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 5.13-6.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.42±0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 5.03-6.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.47±0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.13-6.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.52±0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 23) กุ้งอายุ 55-60 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 5.20-5.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.32±0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 5.13-5.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.32±0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.17-5.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.28±0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 24) กุ้งอายุ 85-90 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 5.50-5.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.57±0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรี ย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 5.43-5.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.53±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.47-5.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.49±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 25) กุ้งอายุ 115-120 วัน ในบ่อควบคุมมีค่า 5.33-5.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.40±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 5.33-5.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.41±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.40-5.47 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 5.43±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 13 และภาพที่ 26) เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ของทุกระยะการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และปริมาณออกซิเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งชลอ และพรเลิศ (2547) กล่าวว่าระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งต้องไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตลอดระยะเวลาการทดลองปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากมีการใช้เครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอและมีการวางตำแหน่งที่เหมาะสม

2.2.2 พีเอช

พีเอชของน้ำตลอดระยะเวลาทำการทดลองในกุ้งอายุ 25-30 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 8.57-8.67 และมีค่าเฉลี่ย 8.61±0.05 ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 8.57-8.70 และมีค่าเฉลี่ย 8.64±0.06 และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 8.60-8.70 และมีค่าเฉลี่ย 8.65±0.04 (ตารางที่ 10 และภาพที่ 27) เมื่อกุ้งอายุ 55-60 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 8.23-8.37 และมีค่าเฉลี่ย 8.34±0.07 ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 8.27-8.33 และมีค่าเฉลี่ย 8.31±0.03 และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 8.23-8.33 และมีค่าเฉลี่ย 8.29±0.04 (ตารางที่ 11 และภาพที่ 28) สำหรับกุ้งอายุ 85-90 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 8.40-8.50 และมีค่าเฉลี่ย 8.46±0.05 ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 8.47-8.53 และมีค่าเฉลี่ย 8.49±0.03 และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 8.43-8.50 และมีค่าเฉลี่ย 8.48±0.03 (ตารางที่ 12 และภาพที่ 29) กุ้งอายุ 115-120 วัน ในบ่อควบคุมมีค่า 8.37-8.47 และมีค่าเฉลี่ย 8.42±0.04 ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 8.33-8.43 และมีค่าเฉลี่ย 8.39±0.04 และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 8.37-8.43 และมีค่าเฉลี่ย 8.39±0.03 (ตารางที่ 13 และภาพที่ 30) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พีเอชในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดทุกระยะการเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอ ย่างมีสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และมีค่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนา ไม คืออยู่ระหว่าง 7.0-9.0 (Brock and Main, 1994)

2.2.3 ค่าความเป็นด่างรวม

ความเป็นด่างรวมตลอดระยะเวลาทำการทดลองในกุ้งอายุ 25-30 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 109.33-138.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 123.33±12.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 110.00-139.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 120.33±13.69 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 103.00-133.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 118.75±12.9 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 31) กุ้งอายุ 55-60 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 146.67-164.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 152.99±8.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 147.33-164.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 156.67±7.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติม

ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 146.67-170.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 154.84±10.57 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 32) กุ้งอายุ 85-90 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 178.67-232.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 204.17±22.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 184.67-224.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 205.56±16.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 188.67-224.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 200.00±16.17 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 33) กุ้งอายุ 115-120 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 151.33-153.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 151.33±1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 148.67-155.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 151.17±3.19 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 150.00-160.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 155.17±4.44 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 13 และภาพที่ 34) โดยค่าความป็นด่างตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่ามากกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง (ชลอ, 2543; ชลอและพรเลิศ, 2547) ซึ่งค่าความเป็นด่างของบ่อควบคุมและบ่อทดลองผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) น้ำที่มีความเป็นด่างสูงจะมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ดี ทำให้พีเอชไม่เปลี่ยนแปลงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก หรือมีการเน่าสลายของสารอินทรีย์มาก (ยนต์, 2539)

2.2.4 ปริมาณแอมโมเนียรวม

ปริมาณแอมโมเนียรวมตลอดระยะการทดลองของกุ้งอายุ 25-30 วัน พบว่าในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.578-0.756 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.658±0.074 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.563-0.667 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.615±0.044 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.620-0.653 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.637±0.013มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 35) กุ้งอายุ 55-60 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.789-1.947 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.316±0.477 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.900-1.944 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.295±0.451 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.833-1.813 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.250±0.410 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 36) กุ้งอายุ 85-90 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.100-1.800 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.387±0.306 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อ

ทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 1.089-1.743 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.352±0.292 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 1.144-1.690 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.323±0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 37) กุ้งอายุ 115-120 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.100-1.803มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.294±0.340 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์ จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 1.078-1.810 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.283±0.352 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 1.056-1.756 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.267±0.330 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 13 และภาพที่ 38) จากการทดลองปริมาณแอมโมเนียจะมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากเริ่มมีการสะสมสารอินทรีย์และสิ่งขับถ่ายของกุ้งมากขึ้น เกิดการเน่าสลายแล้วปล่อยแอมโมเนียออกมา ซึ่งในบ่อควบคุมและบ่อทดลองผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามบ่อทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มีปริมาณแอมโมเนียรวมต่ำกว่าบ่อควบคุม เนื่องจาก Bacillus เหล่านี้มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ที่แตกต่างกัน เช่น โปรติเอส อไมเลส ไลเปส สารเหล่านี้สามารถที่จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้ได้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วารุณี (2549) ที่รายงานว่าปริมาณแอมโมเนียรวมของบ่อที่เติมจุลินทรีย์ *Bacillus* sp. มีค่าต่ำกว่าบ่อที่ไม่ได้เติมจุลินทรีย์

2.2.5 ปริมาณไนไตรท์

ปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาทำการทดลองในกุ้งอายุ 25-30 วัน พบว่าในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.069-0.089 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.082±0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.083-0.087 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.084±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุ ลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.082-0.086 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.085±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 39) กุ้งอายุ 55-60 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.087-0.098 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.091±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.087-0.092 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.090±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.088-0.090 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.089±0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 40) กุ้งอายุ 85-90 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.830-1.956 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.878±0.055 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 1.858-1.959 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย

1.889±0.047 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 1.771-1.893 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.832±0.050 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 41) กุ้งอายุ 115-120 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.944-1.993 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.964±0.021 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 1.860-1.958 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.911±0.052 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 1.826-1.962 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.875±0.060 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ของบ่อควบคุมและบ่อทดลองผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ามาตรฐานซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ยงยุทธ และ คณิต, 2537) เนื่องจากปริมาณแอมโมเนียรวมที่สูง ซึ่งเกิดจากของเสียสิ่งขับถ่ายจากกุ้งและอาหารที่เหลือในบ่อที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่กุ้งในระยะช่วง 115-120 วัน พบว่าเมื่อใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ไปแล้ว 3 และ 5 วัน บ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ มีค่าน้อยกว่าบ่อที่ไม่ได้เติมจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 42) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสรรเสริญ และ ทวี (2539) ได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* ในบ่อเลี้ยงกุ้งพบว่าปริมาณแอมโมเนียและไนไตร์ทในบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ต่ำกว่าบ่อที่ไม่เติมจุลินทรีย์ ซึ่งในช่วงท้ายของการเลี้ยงพบว่าปริมาณไนไตรท์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับแอมโมเนีย เนื่องจากปริมาณแอมโมเนียจะถูกแบคทีเรีย *Nitrosomonas* เปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ในกรณีที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอและเหมาะสม (Boyd, 1989)

2.2.6 ปริมาณไนเตรท

ปริมาณไนเตรทตลอดระยะเวลาทำการทดลองในกุ้งอายุ 25-30 วัน พบว่าในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.633-0.702 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.679±0.031 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.629-0.694 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.664±0.028 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.624-0.671 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.642±0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 43) กุ้งอายุ 55-60 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.697-1.057 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.861±0.169 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.645-1.120 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.888±0.231 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.641-1.131 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย

0.893±0.237 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 44) กุ้งอายุ 85-90 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.064-1.723 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.325±0.291 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 1.041-1.719 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.294±0.301 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลิ นทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 1.062-1.809 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.342±0.333 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 45) กุ้งอายุ 115-120 วัน ในบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.226-1.317 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.282±0.039 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus มีค่าอยู่ระหว่าง 0.919-1.320 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.033±0.192 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlusE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.851-1.300 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 1.058±0.221 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองตลอดระยะ 7 วัน พบว่าปริมาณไนเตรทของบ่อควบคุมในช่วงอายุ 25-30 วัน, 55-60 วัน 85-90 วัน และ 115-120 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด แต่ส่วนใหญ่ปริมาณไนเตรทของบ่อควบคุมจะมีค่ามากกว่าบ่อทดลอง และจะเห็นเด่นชัดในช่วงอายุ 115-120 วัน ในบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ไปแล้ว 3 และ 5 วัน มีค่าน้อยกว่าบ่อที่ไม่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 46) เนื่องจากช่วงท้ายของการเลี้ยงในบ่อจะมีการสะสมของอาหารและสารอินทรีย์ มากขึ้น ในสภาพที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอแอมโมเนียที่เกิดจากการ ย่อยสลายสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์ และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็นไนเตรทสะสมอยู่ในบ่อ (ยนต์ , 2530) ซึ่งจุลินทรีย์ Bacillus สามารถที่ใช้ออกซิเจนจากไนเตรทเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซ ด์ น้ำ และก๊าซไนโตรเจนได้ (Boyd, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ จันทรสิงห์ (2544) พบว่ากุ้งในชุดทดลองที่เติมแบคทีเรีย *Bacillus S11*, *B. subtilis* และ *B. firmus* ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตของน้ำ และปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินต่ำกว่าตล อดการทดลอง

2.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

ผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 7 วัน พบว่าทุกช่วงเวลาในการศึกษาหลังจากใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดไปแล้ว 3 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในบ่อทดลองมีค่าลดลงและต่ำกว่าบ่อที่ไม่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์อย่ างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และจะเริ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ไปแล้ว 5 วัน (ภาพที่ 47, 48, 49 และ 50) ทั้งนี้เนื่องมาจากจุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถแย่งอาหารจากแพลงก์ตอนได้ จึง

ทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนลดลง ซึ่งในช่วงระยะแร กของการเลี้ยงปริมาณอาหารในบ่อยังมีค่อนข้างน้อยและ จุลินทรีย์ต้องใช้อาหารบางส่วน จึงทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนมีน้อยและเพิ่มขึ้นช้า แต่ในช่วงเวลาที่การเลี้ยงนานมากขึ้นจะเห็นว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอจะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการสะสมอาหารในบ่อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในทางปฏิ บัติถ้าต้องการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอน สามารถที่จะเติมจุลินทรีย์ในระยะเวลาทุก ๆ 3-5 วัน เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่จะเป็นอาหารต่อแพลงก์ตอน ทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนอยู่ในระดับที่เหมาะสมซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำพารามิเตอร์อื่นๆ ด้วย

ตารางที่ 10 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน

พารามิเตอร์	บ่อ	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	5.13-6.10	5.42±0.46[a]
	เติม PondPlus	5.03-6.27	5.47±0.55[a]
	เติม PondPlusE	5.13-6.13	5.52±0.43[a]
พีเอช	ควบคุม	8.57-8.67	8.61±0.05[a]
	เติม PondPlus	8.57-8.70	8.64±0.06[a]
	เติม PondPlusE	8.60-8.70	8.65±0.04[a]
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	109.33-138.67	123.33±12.77[a]
	เติม PondPlus	110.00-139.33	120.33±13.69[a]
	เติม PondPlusE	103.00-133.33	118.75±12.59[a]
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	0.578-0.756	0.658±0.074[a]
	เติม PondPlus	0.563-0.667	0.615±0.044[a]
	เติม PondPlusE	0.620-0.653	0.637±0.013[a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	0.069-0.089	0.082±0.009[a]
	เติม PondPlus	0.083-0.087	0.084±0.002[a]
	เติม PondPlusE	0.082-0.086	0.085±0.002[a]
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	0.633-0.702	0.679±0.031[a]
	เติม PondPlus	0.629-0.694	0.664±0.028[a]
	เติม PondPlusE	0.624-0.671	0.642±0.022[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 11 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน

พารามิเตอร์	บ่อ	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	5.20-5.40	5.32±0.09 [a]
	เติม PondPlus	5.13-5.40	5.32±0.13 [a]
	เติม PondPlusE	5.17-5.40	5.28±0.10 [a]
พีเอช	ควบคุม	8.23-8.37	8.34±0.07 [a]
	เติม PondPlus	8.27-8.33	8.31±0.03 [a]
	เติม PondPlusE	8.23-8.33	8.29±0.04 [a]
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	146.67-164.60	152.99±8.16 [a]
	เติม PondPlus	147.33-164.00	156.67±7.52 [a]
	เติม PondPlusE	146.67-170.00	154.84±10.57 [a]
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	0.789-1.947	1.315±0.477 [a]
	เติม PondPlus	0.900-1.944	1.295±0.451 [a]
	เติม PondPlusE	0.833-1.813	1.250±0.410 [a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	0.087-0.098	0.091±0.005 [a]
	เติม PondPlus	0.087-0.092	0.090±0.002 [a]
	เติม PondPlusE	0.088-0.090	0.089±0.001 [a]
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	0.861-0.169	0.861±0.169 [a]
	เติม PondPlus	0.888-0.231	0.888±0.231 [a]
	เติม PondPlusE	0.893-0.237	0.893±0.237 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน

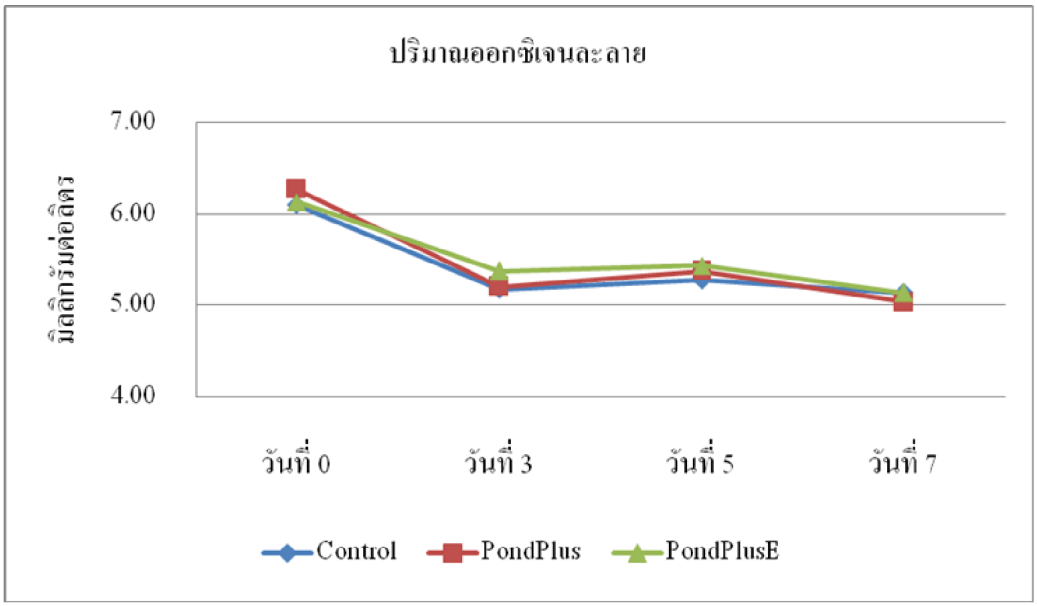
พารามิเตอร์	บ่อ	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	5.50-5.67	5.57±0.07 [a]
	เติม PondPlus	5.43-5.60	5.53±0.08 [a]
	เติม PondPlusE	5.47-5.50	5.49±0.02 [a]
พีเอช (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	8.40-8.50	8.46±0.05 [a]
	เติม PondPlus	8.47-8.53	8.49±0.03 [a]
	เติม PondPlusE	8.43-8.50	8.48±0.03 [a]
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	178.67-232.67	204.17±22. [a]
	เติม PondPlus	184.67-224.67	200.34±17.11 [a]
	เติม PondPlusE	188.67-224.00	200.00±16.17 [a]
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	1.100-1.800	1.387±0.306 [a]
	เติม PondPlus	1.089-1.743	1.352±0.292 [a]
	เติม PondPlusE	1.144-1.690	1.323±0.250 [a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	1.830-1.956	1.878±0.055 [a]
	เติม PondPlus	1.858-1.959	1.889±0.047 [a]
	เติม PondPlusE	1.771-1.893	1.832±0.050 [a]
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	1.064-1.723	1.325±0.291 [a]
	เติม PondPlus	1.041-1.719	1.294±0.301 [a]
	เติม PondPlusE	1.062-1.809	1.342±0.333 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

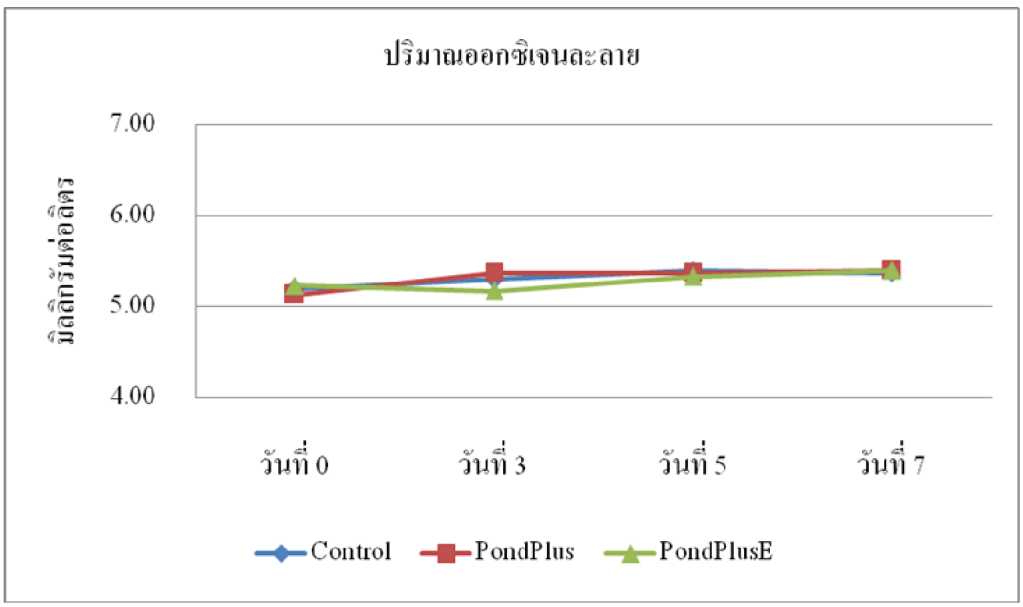
ตารางที่ 13 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน

พารามิเตอร์	บ่อ	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ควบคุม	5.33-5.43	5.40±0.05 [a]
	เติม PondPlus	5.33-5.43	5.41±0.05 [a]
	เติม PondPlusE	5.40-5.47	5.43±0.03 [a]
พีเอช	ควบคุม	8.37-8.47	8.42±0.04 [a]
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	เติม PondPlus	8.33-8.43	8.39±0.04 [a]
	เติม PondPlusE	8.37-8.43	8.39±0.03 [a]
ความเป็นด่าง	ควบคุม	151.33-153.33	151.83±1.00 [a]
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	เติม PondPlus	148.67-155.33	151.17±3.19 [a]
	เติม PondPlusE	150.00-160.67	155.17±4.44 [a]
แอมโมเนียรวม	ควบคุม	1.100-1.803	1.294±0.340 [a]
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	เติม PondPlus	1.078-1.810	1.283±0.352 [a]
	เติม PondPlusE	1.056-1.756	1.267±0.330 [a]
ไนไตรท์	ควบคุม	1.944-1.993	1.964±0.021 [b]
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	เติม PondPlus	1.860-1.958	1.911±0.052 [ab]
	เติม PondPlusE	1.826-1.962	1.875±0.060 [a]
ไนเตรท	ควบคุม	1.226-1.317	1.282±0.039 [a]
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	เติม PondPlus	0.919-1.320	1.033±0.192 [a]
	เติม PondPlusE	0.851-1.300	1.058±0.221 [a]

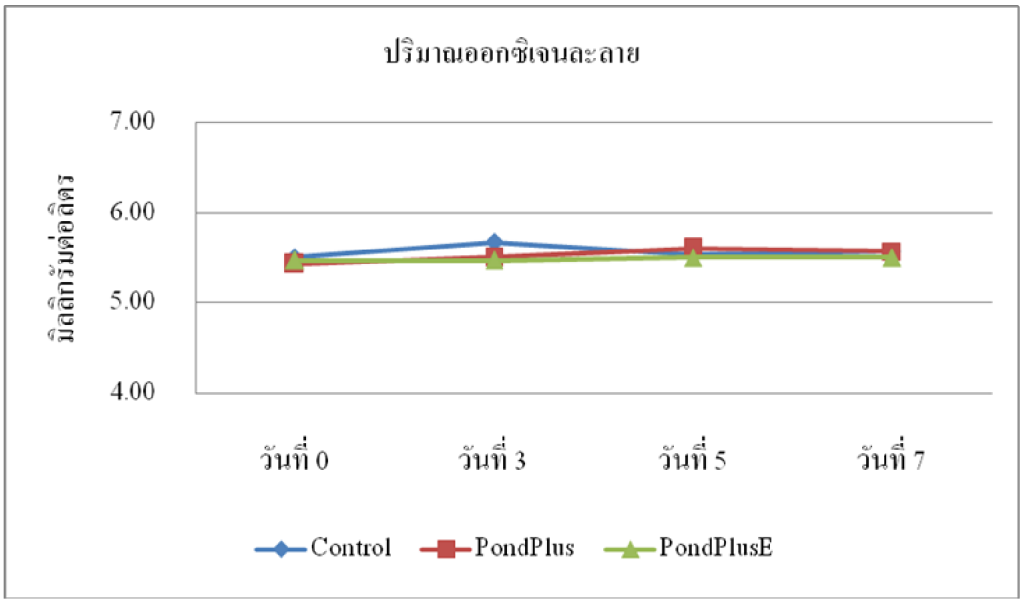
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



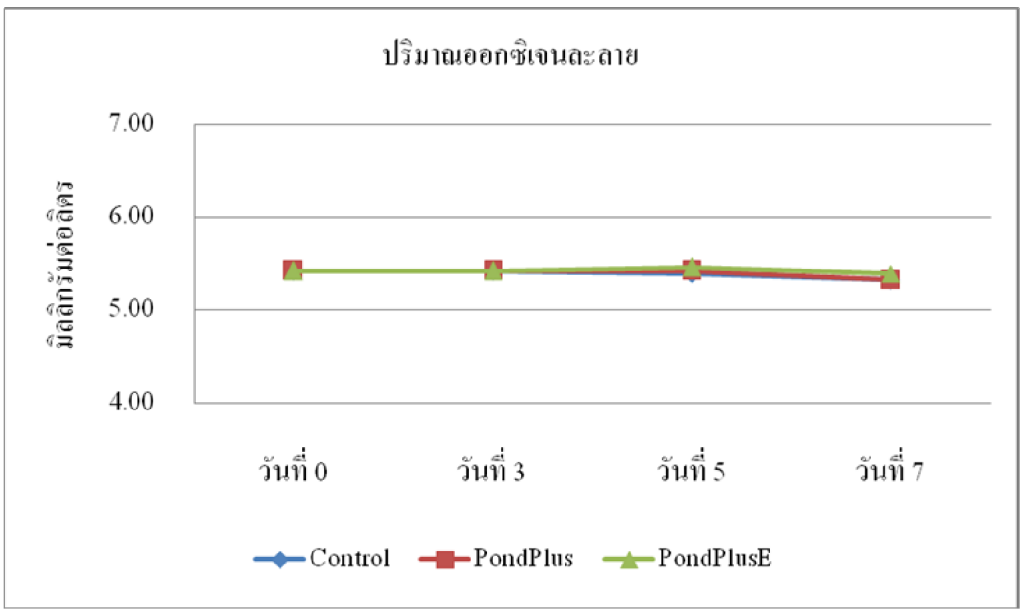
ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



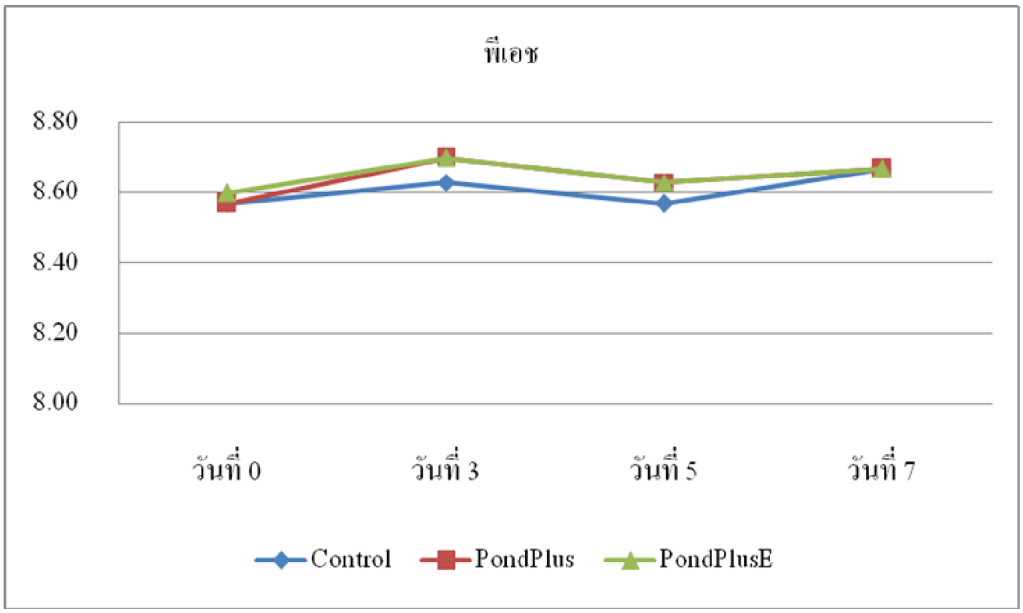
ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



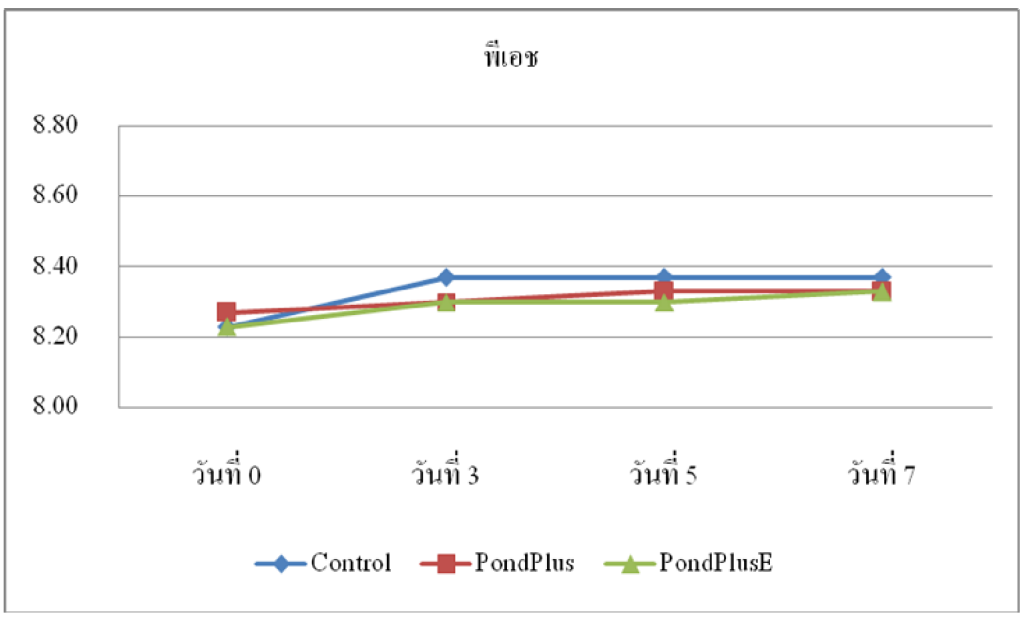
ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน



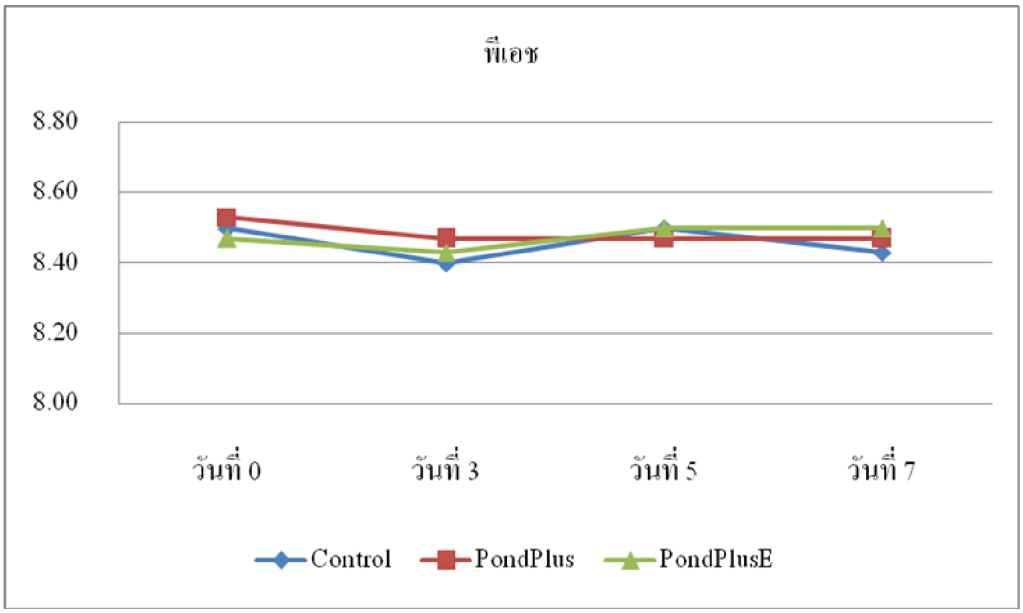
ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน



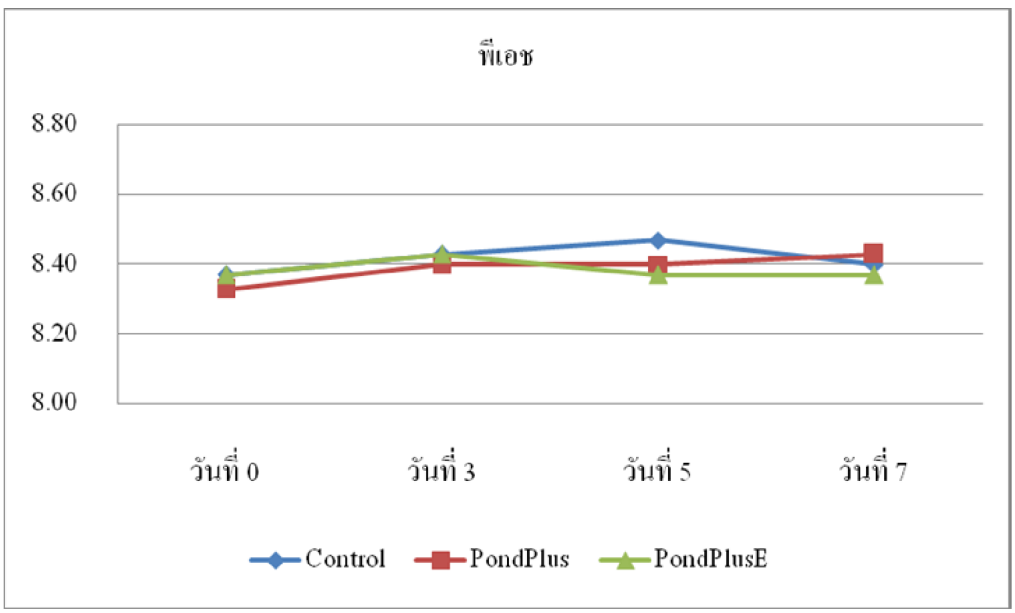
ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



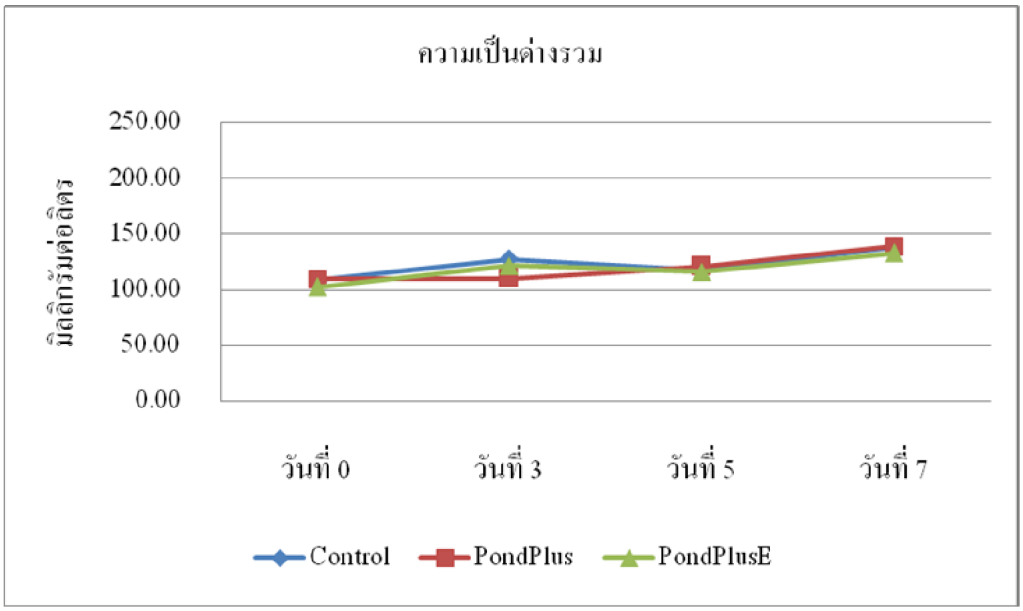
ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



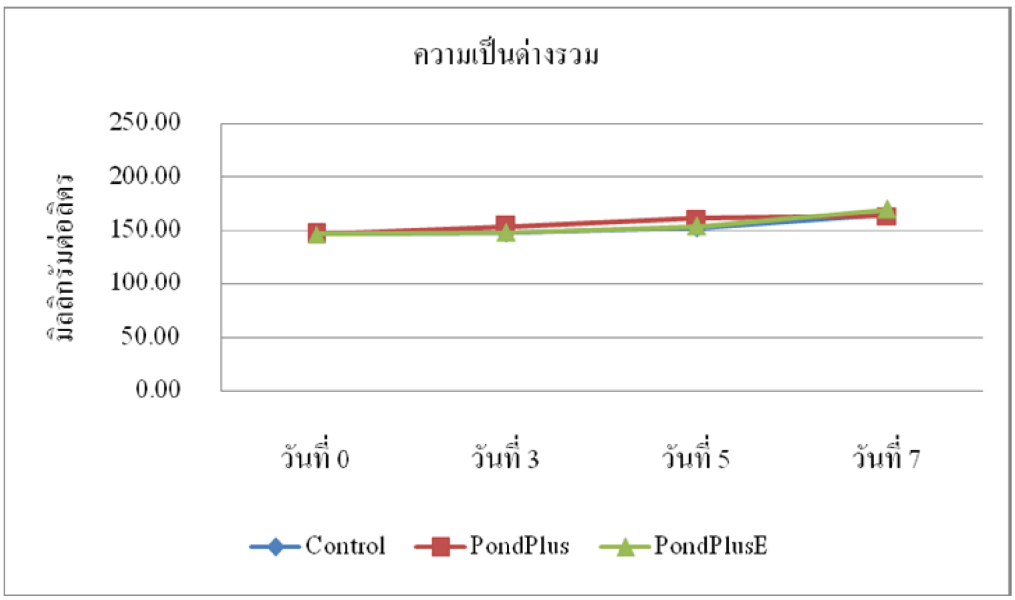
ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน



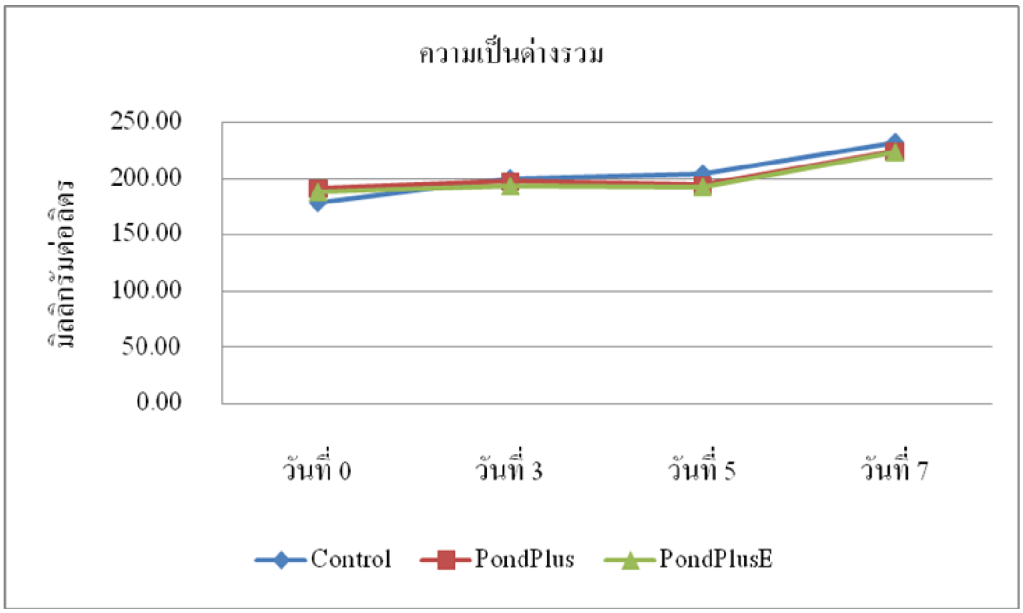
ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยปริมาณพีเอชในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน



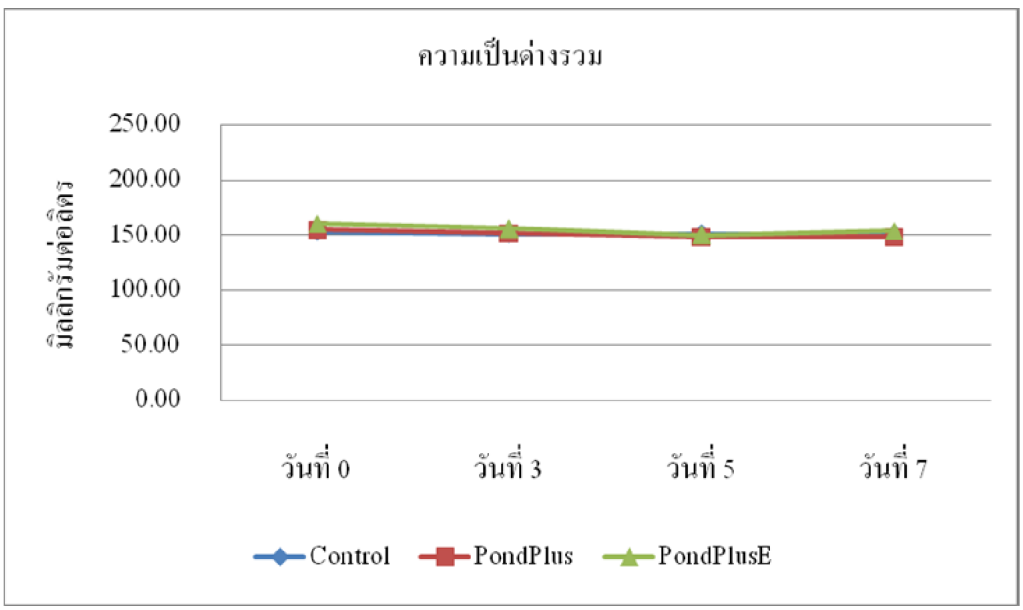
ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



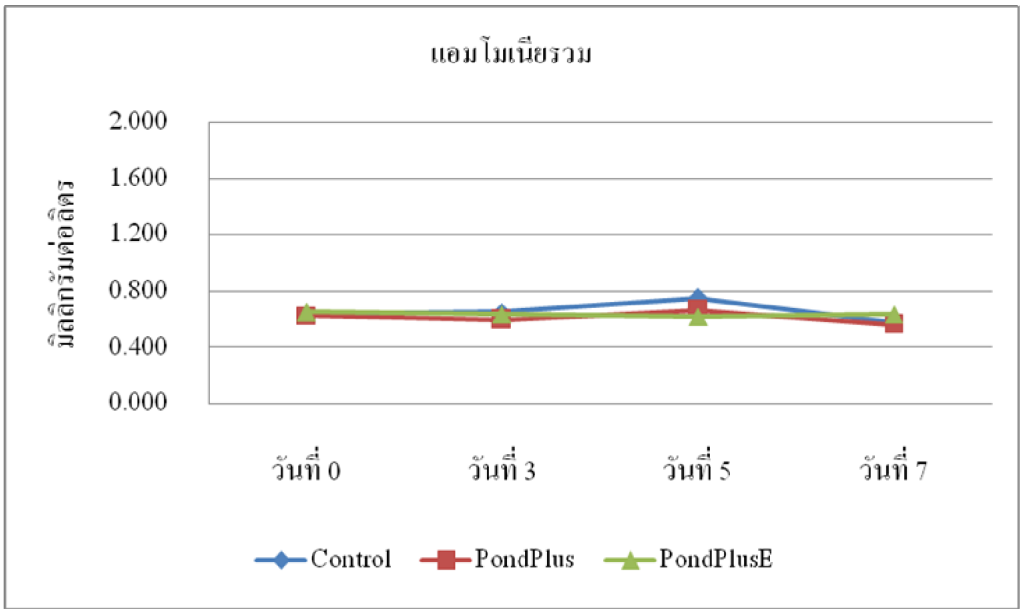
ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



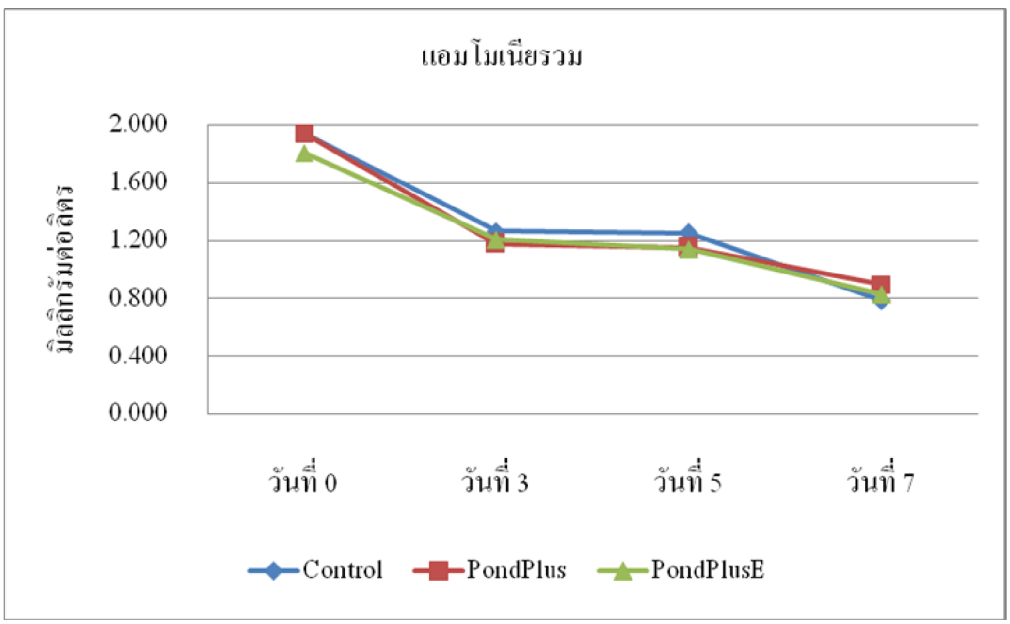
ภาพที่ 33 ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน



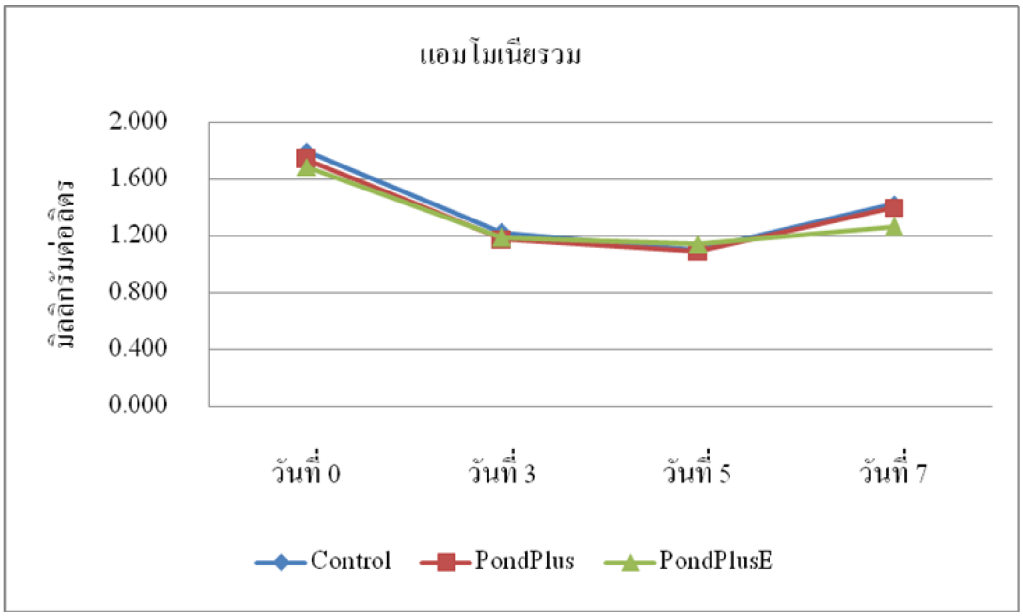
ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน



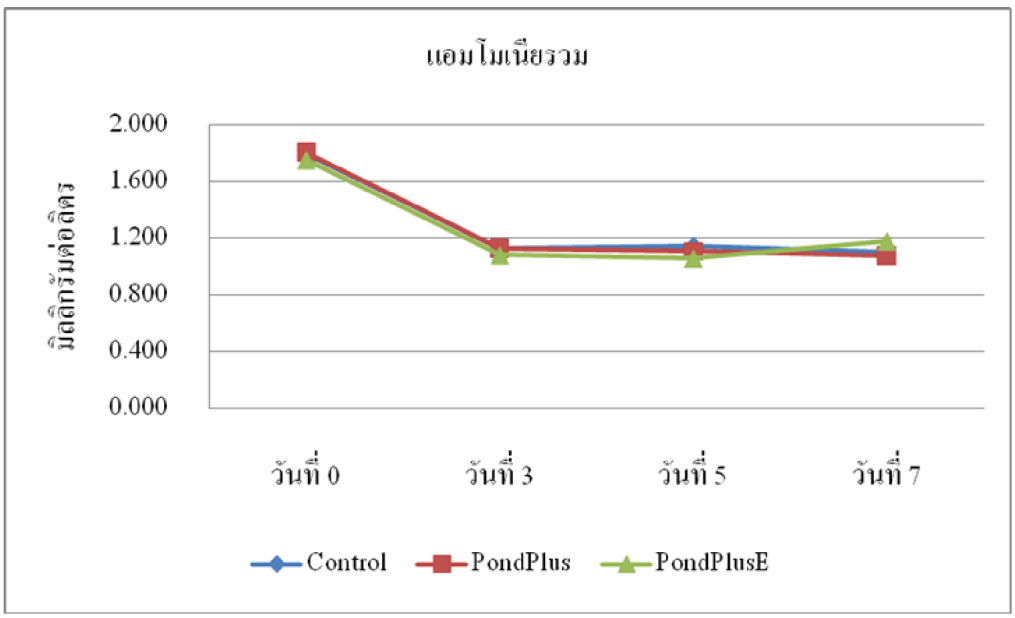
ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



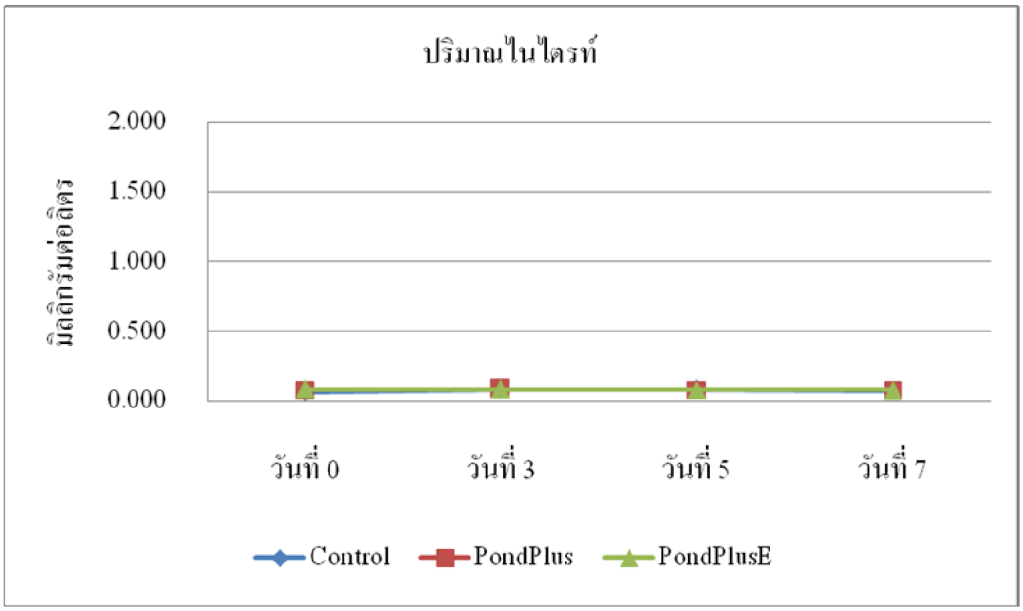
ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



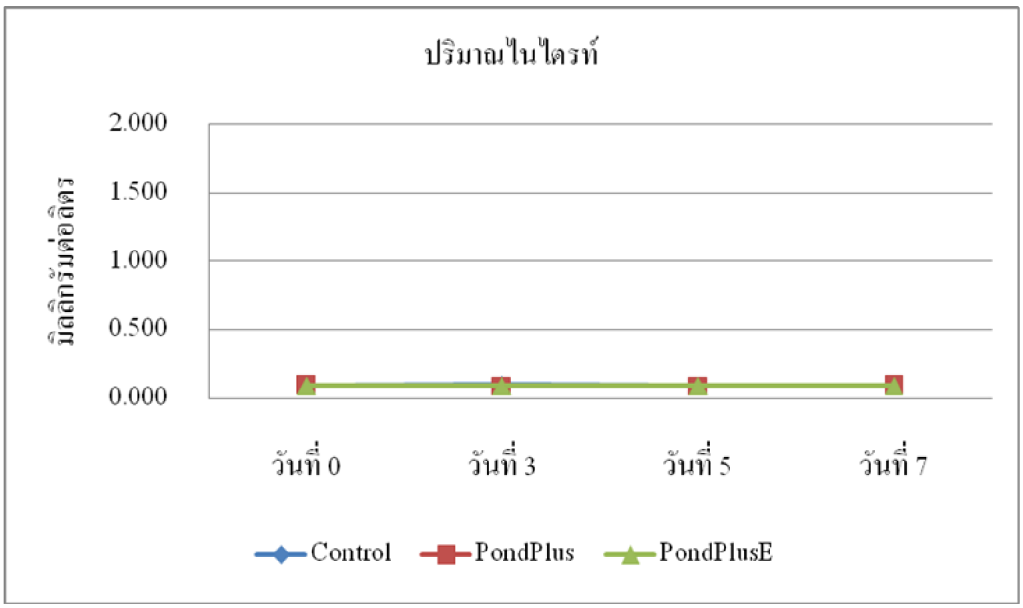
ภาพที่ 37 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน



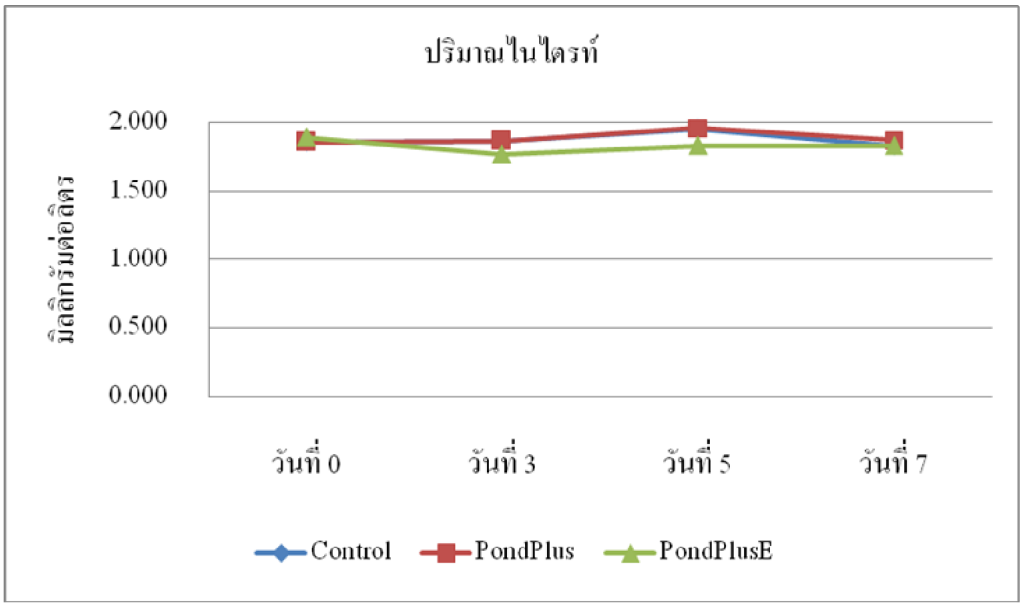
ภาพที่ 38 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน



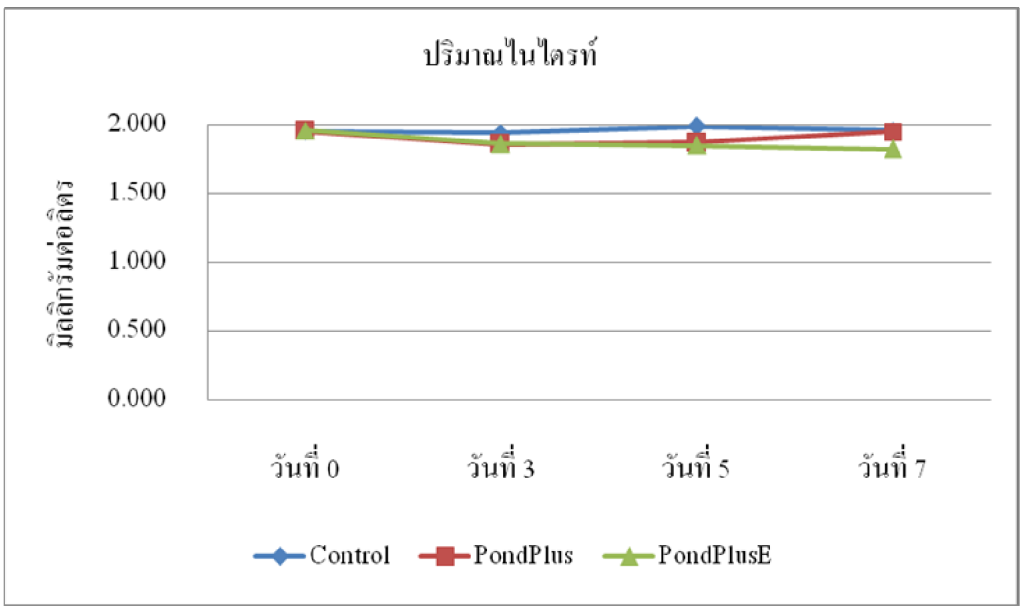
ภาพที่ 39 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



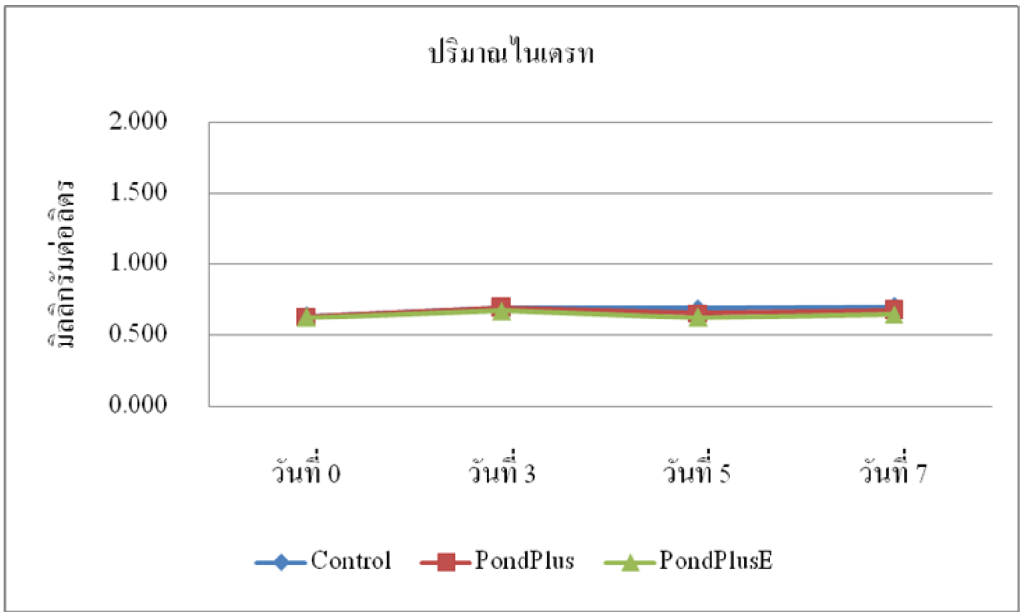
ภาพที่ 40 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



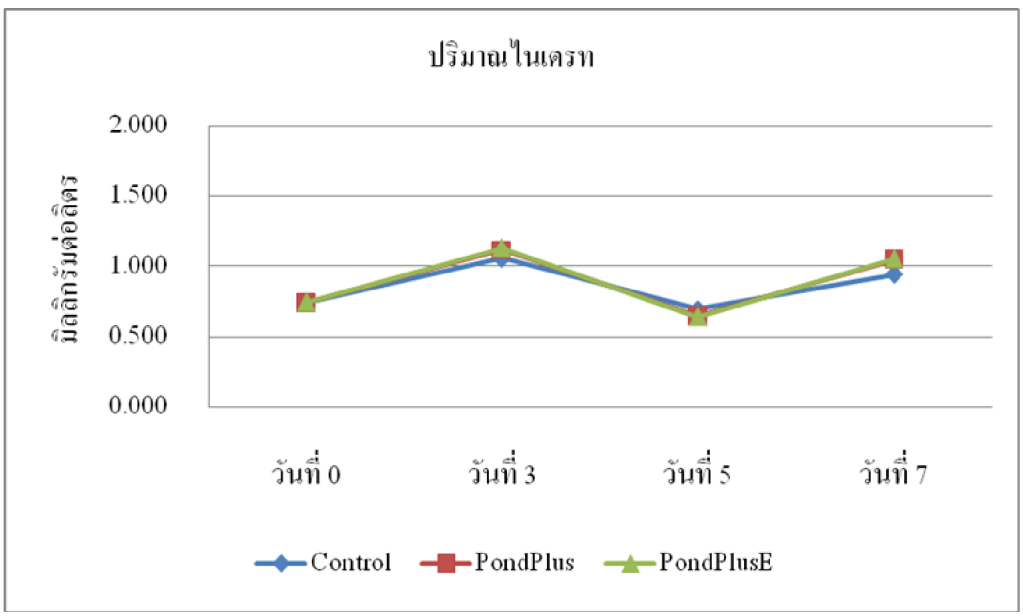
ภาพที่ 41 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน



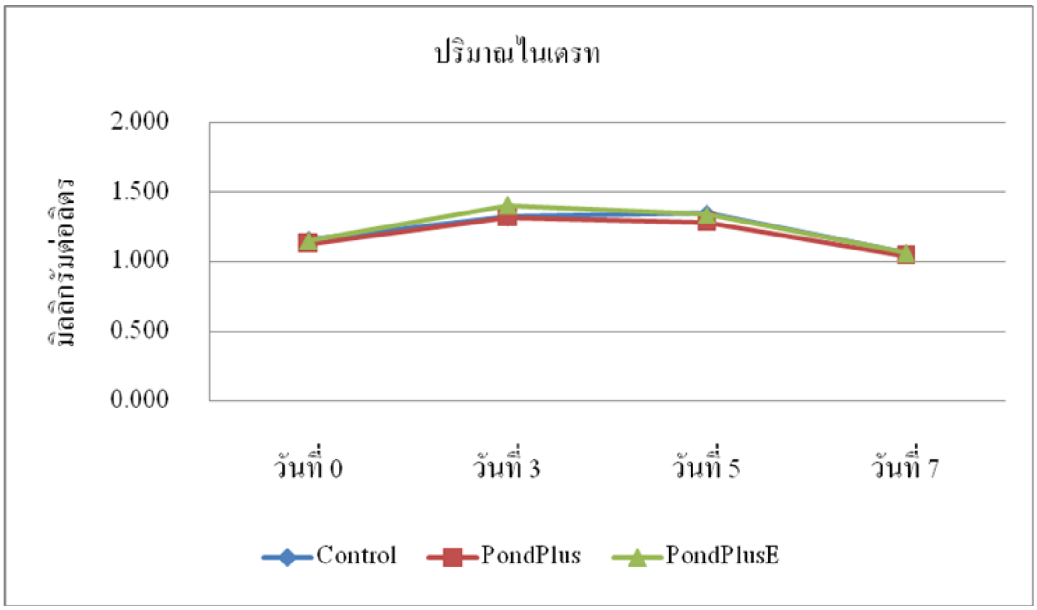
ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน



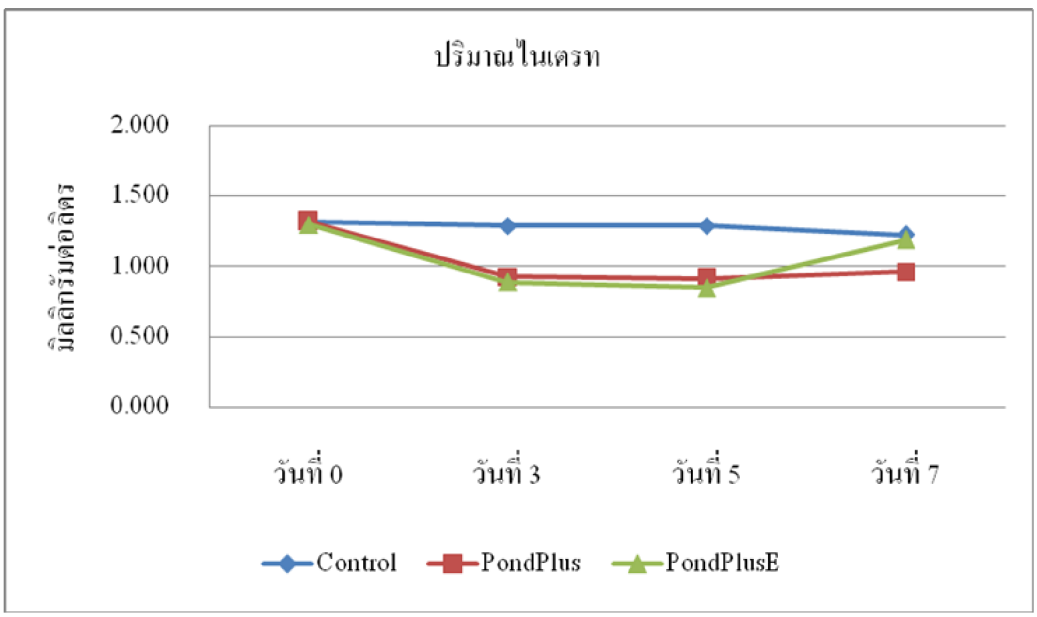
ภาพที่ 43 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



ภาพที่ 44 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



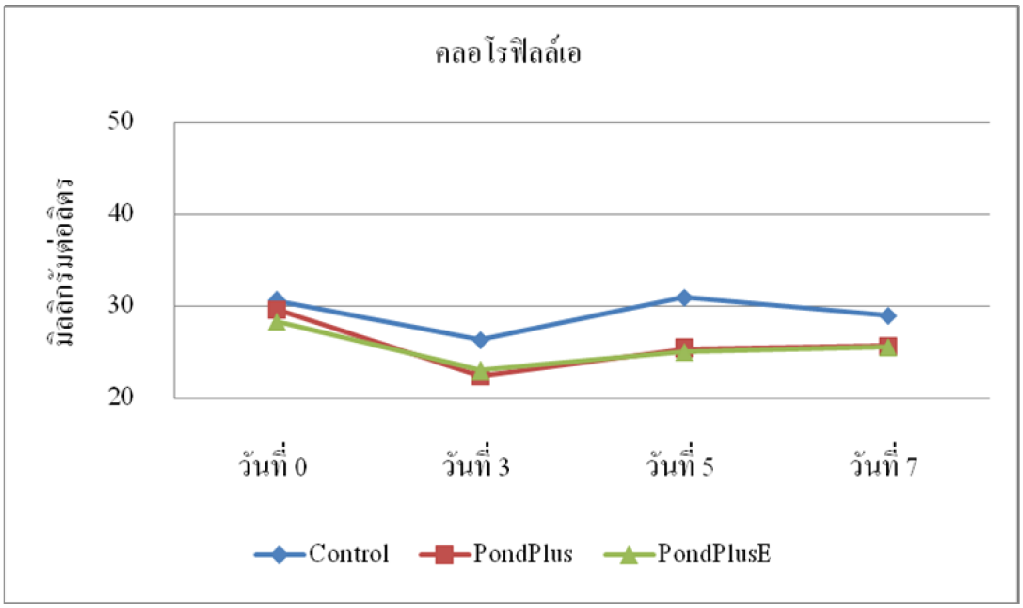
ภาพที่ 45 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-90 วัน



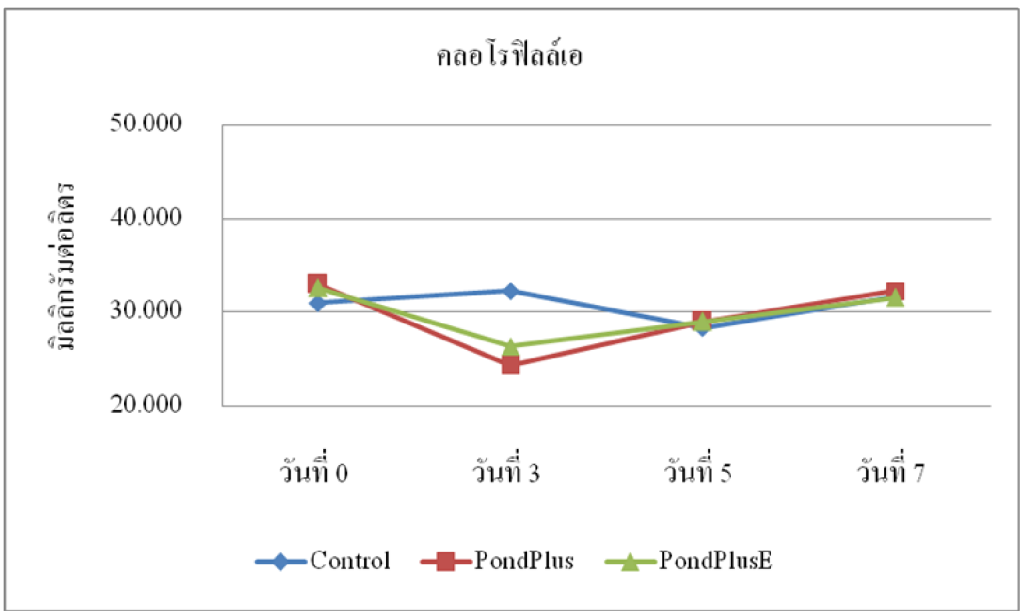
ภาพที่ 46 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน

ตารางที่ 14 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในอายุกุ้ง 25-30, 55-60, 85-90 และ 115-120 วัน

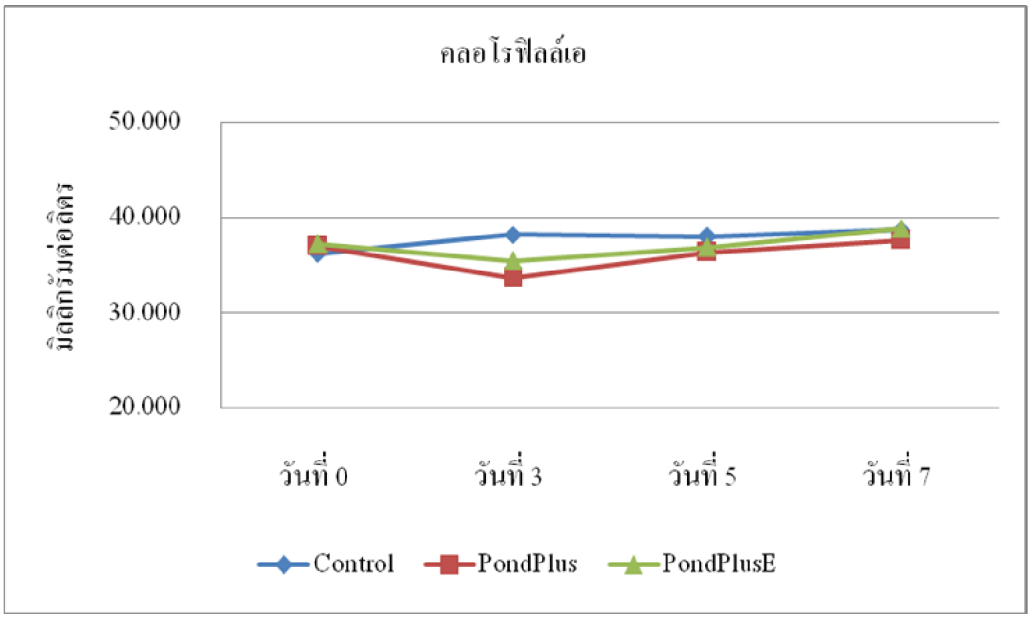
อายุกุ้ง	วัน	บ่อควบคุม	บ่อใส่ PondPlus	บ่อใส่ PondPlusE
25-30	0	30.643±1.143 [a]	29.667±1.975 [a]	28.347±3.019 [a]
	3	26.370±1.143 [a]	22.417±1.137 [b]	23.073±1.137 [b]
	5	30.987±2.281 [a]	25.423±1.504 [b]	25.083±1.172 [b]
	7	29.040±1.170 [a]	25.710±1.980 [a]	25.587±1.980 [a]
55-60	0	30.983±1.137 [a]	32.960±1.143 [a]	32.593±0.960 [a]
	3	32.300±1.143 [a]	24.383±1.149 [b]	26.370±1.143 [b]
	5	28.350±1.143 [a]	29.010±1.143 [a]	28.970±1.500 [a]
	7	31.643±1.975 [a]	32.300±1.143 [a]	31.593±1.755 [a]
85-90	0	36.260±1.143 [a]	37.030±1.143 [a]	37.300±0.960 [a]
	3	38.227±1.155 [a]	33.733±1.975 [b]	35.520±1.985 [ab]
	5	38.067±2.105 [a]	36.370±1.143 [a]	36.920±1.143 [a]
	7	38.740±1.015 [a]	37.667±1.015 [a]	38.900±1.143 [a]
115-120	0	31.643±1.975 [a]	32.300±1.143 [a]	31.970±0.566 [a]
	3	32.300±1.143 [a]	27.400±1.552 [b]	30.983±1.137 [a]
	5	32.393±0.548 [a]	29.730±1.000 [a]	32.303±2.281 [a]
	7	33.043±1.521 [a]	33.620±1.980 [a]	34.940±1.143 [a]



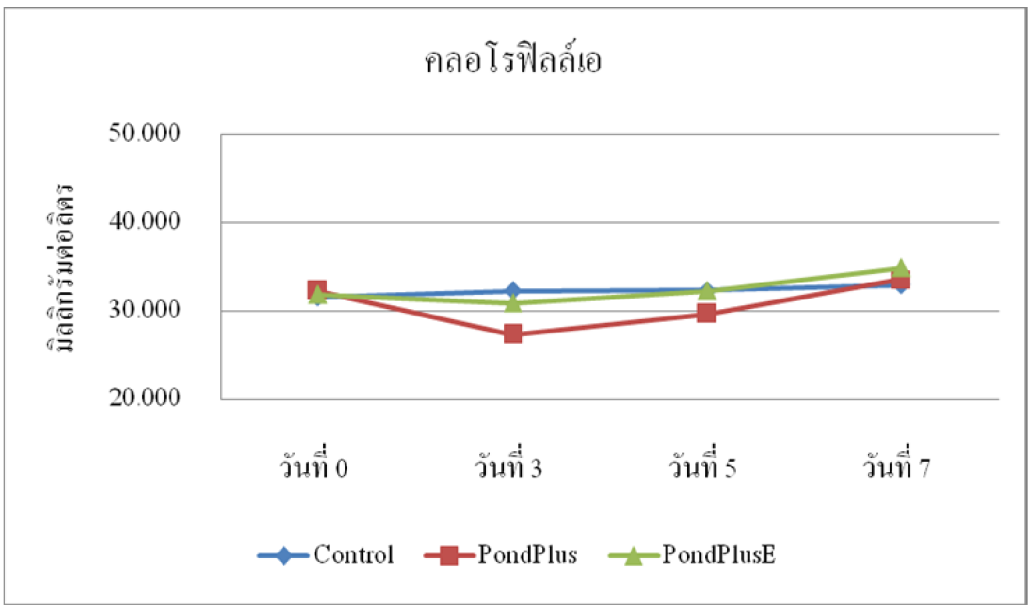
ภาพที่ 47 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 25-30 วัน



ภาพที่ 48 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 55-60 วัน



ภาพที่ 49 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 85-60 วัน



ภาพที่ 50 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ PondPlus และ PondPlusE ในช่วงกุ้งอายุ 115-120 วัน

สรุปผล

1. การใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* spp. 3 ผลิตภัณฑ์ (PondPlus, PondPlusE และ PondSafe) ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนาไม พบว่าอัตราการรอดตายของลูกกุ้งในกลุ่มที่มีการเติมจุลินทรีย์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ PondSafe และ PondPlusE

2. ปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในกลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์พบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉพาะในกลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์ PondSafe

3. คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทในบ่อที่มีการเติมจุลินทรีย์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4. การใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* spp. ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ (PondPlus และ PondPlusE) ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนาไม พบว่ากลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มสามารถลดปริมาณแบคทีเรียวิบริโอในน้ำได้

5. คุณสมบัติของน้ำทั้ง 4 ช่วงอายุกุ้งในบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์และบ่อควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งแวนนาไม และพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอของบ่อที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าลดลงในวันที่ 3

ข้อเสนอแนะ

1. การอนุบาลและการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ควรให้ความสำคัญในการจัดการด้านการให้อาหารและการควบคุม คุณภาพน้ำที่ดี เพื่อป้องกันการสะสมของเสียที่พื้นบ่อ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนไตรท์ในน้ำสูงขึ้น ส่วนการใช้จุลินทรีย์ในระหว่างการเลี้ยงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่ต้องการวิธีการเลี้ยงการจัดการ โดยไม่มีการใช้ยาต้านจุลชีพและสารเคมีในระหว่างการเลี้ยง

2. ควรมีการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ที่พื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไม ตลอดระยะเวลาการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ที่พื้นบ่อระหว่างบ่อเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไมที่เติมจุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* sp. และบ่อเลี้ยงที่ไม่เติมจุลินทรีย์ เพื่อยืนยันว่าจุลินทรีย์นั้นสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์

3. ควรมีการศึกษาชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไมในบ่อที่เติมและไม่เติมจุลินทรีย์ เพื่อยืนยันว่า จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* sp. ที่พบมาจากการเติมลงไปหรือมีอยู่ตามธรรมชาติ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง. 2542. **คู่มือจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งในกลุ่มประเทศอาเซียน (Manual of ASEAN Good Shrimp Management Practice).** สถาบันวิจัยและการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล , กรมประมง.

_____. 2546. **ระเบียบและการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตามมาตรฐาน จี เอ พี พ.ศ. 2546**. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กุลวรา แสงรุ่งเรือง. 2534. การศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่เปลี่ยนแปลงในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ . **เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 14/2534**, ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

จันทสิงห์ ดวงบ้านเช่า. 2544. **การใช้แบคทีเรียเพื่อการจัดคุณภาพน้ำและปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ชลิต โนระดี. 2535. **ผลของแบคทีเรียต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อกุ้งกุลาดำที่มีพื้นเป็นดินเหนียว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2528. **โรคปลา.** ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2531. โรคเสี้ยนดำในกุ้งกุลาดำ. **วารสารการประมง** 41 (6): 517-522

_____. 2535. **คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2543. **กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. โรงพิมพ์เจริญรัฐการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชเนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมห ามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ. 2547. บริษัทเมจิคพับบลิเคชั่นจำกัด.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ์. 2531. **ระบบน้ำและของเสียในบ่อกุ้ง.** ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์, อารี วิบูลย์พงศ์, พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ, กุศล ทองงาม, อัครพงศ์ อั้นทอง และ นฤมล เชาวน์วิทยางกูร. 2543. **ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อเศรษฐกิจไทย.** ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่ม ผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธนาทิพย์ แหลมคม, ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2537. การศึกษาประสิทธิภาพของออกโซลินิคแอซิดในการป้องกันโรควิบริโอซิสในกุ้งกุลาดำ , น. 511-516. *ใน* **รายงานสัมมนาวิชาการ ประจำปี 2537**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณณพินิจ. 2535. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิตยา ยิ้มเจริญ. 2549. **การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวุฒิ หวังชัย. 2534. **การสะสมและการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินพื้นบ่อกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงแบบหนาแน่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2531. **เทคนิคการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. สำนักพิมพ์ประชาชนการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ปัทมาภรณ์ เหล่าเกียรติโสภณ. 2547. **การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน คุณภาพน้ำ และองค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหารในกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*, Boone) ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงศ์เชษฐ์ พิชิตกุล. 2543. **เอกสารประกอบการสอน การวิเคราะห์น้ำ**. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

พยุง ภัทรกุลชัย. 2532. **สมบัติดินและความต้องการปูนของดินในบริเวณนากุ้งและป่าชายเลน จังหวัดตราด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรเลิศ จันทร์รัชชกูล, เจ เอฟ เทอร์นบอล และ ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2537. **คู่มือการเลี้ยงและการป้องกันโรคกุ้ง กุลาดำ**. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำ กรมประมง เกษตรกลางบางเขน จตุจักร, กรุงเทพฯ.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2544. การ**จัดการสารประกอบไนโตรเจนและออกซิเจนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งระบบปิด**. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย กรมประมง, สงขลา.

แฟรดาซ์ มาเหล็ม. 2537. **การศึกษาปริมาณบีโอดี คุณภาพน้ำ และคุณภาพดินบางประการจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่มีอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

มณจันทร์ เมฆธน และ กมลพร มาแสวง. 2543. ศักยภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์บางชนิดในการยับยั้งแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* ที่ทำให้เกิดโรคเรืองแสง. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38**. จตุจักร, กรุงเทพฯ.

มะลิ บุญยรัตผลิน. 2531. **อาหารและการให้อาหารกุ้งกุลาดำ.** สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มาลินี วิชชาวุธ และ สมยศ สิทธิดชคพันธ์. 2548. การนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวตามระเบียบกรมประมง. **วารสารการประมง** 58 (2): 170-171.

มินตรา ศีลอุดม, นนทวิทย์ อารีย์ชน และ ประพันธุ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ. 2550. ประสิทธิภาพของแบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp. ที่แยกได้จากลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei,* Boone) ในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio harvey**i.*** ***ใน*** **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46**.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับวิจัยทางการประมง**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และ คณิต ไชยาคำ. 2537. ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ. **เอกสารวิชาการ**ฉบับที่7/2537 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 39 น.

ยนต์ มุสิก. 2530. **กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลา II**. เอกสารประกอบการสอนวิชาเพาะเลี้ยงสัตวน้ำ. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ยนต์ มุสิก และพรพันธ์ ยุทธรักษานุกูล. 2534. อัตราการตกตะกอน คุณสมบัติของตะกอนและดินพื้นบ่อในบ่อพักน้ำและบ่อเลี้ยง ในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบหนาแน่นบริเวณก้นอ่าวไทย**. วารสารวิทยาศาสตร์การประมง 1(1)** : 47-55.

ยนต์ มุสิก. 2539. **คุณภาพน้ำและกำลังผลิตของบ่อปลา.** ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนาภรณ์ ศรีวิบูลย์ และ พัฒนา ภูลเปี่ยม. 2537. รายงานการวิจัย, **ดรรชนีทางแบคทีเรียของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ลิลา เรืองแป้น, วารินทร์ ธนาสมหวัง และ กุลวรา แสงรุ่งเรือง. 2540ก. แบคทีเรียในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อระบบพัฒนา. **วารสารสัตว์น้ำ** 8(91): 141-148.

ลิลา เรืองแป้น, วารินทร์ ธนามหวัง และ กุลวรา แสงรุ่งเรือง. 2540ข. แบคทีเรียในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในระบบพัฒนา, น. 3-10. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35**, 3-5 กุมภาพันธ์ 2540.

ลิลา เรืองแป้น. 2540ค. **ความรู้เกี่ยวกับแบคทีเรียและโรคกุ้ง**, น. 91-96. ใน ศุภชัย นิลวานิช (ผู้รวบรวม). กุ้งกุลาดำทางเลือก-ทางรอด. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

วรรณพร ฮุ้ยสกุล. 2550. **ผลของโปรไบโอติก (*Lactobacillus* spp.) ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณิภา เพี้ยงภักตร์. 2539. **การใช้แบคทีเรียเสริมในอาหารกุ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรวิทย์ ชีวาพร. 2531. คุณภาพน้ำ-ดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, น 171-182. *ใน* **การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ชลบุรี.

วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล. 2547. **การหาชนิดของแบคทีเรียในลำไส้ของกุ้งกุลาดำที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นโปร ไบโอติกในกุ้งกุลาดำและเพื่อควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบ่อกุ้ง. รายงาน** ผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปีงบประมาณ 2547. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารินทร์ ธนาสมหวัง, ทวีชัย สุไพรวันย์ และ สมประสงค์ ขันถม. 2537. **แบคทีเรียฟลอราของลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2537. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

วารุณี แซ่เอี๊ย. 2549. **ผลของการใช้จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* sp. ต่อคุณภาพน้ำและผลผลิตกุ้งกุลาดำในกาเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตรา ลีละศุภกุล และ สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ. 2541. **การศึกษาเบื้องต้นการใช้จุลินทรีย์ที่มีศักยภาพเพื่อการบำบัดน้ำและควบคุมในการเพาะเลี้ยงกุ้ง**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภทกำหนดหัวข้อประจำปี 2541.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศุภชัย ประพัสศร. 2538. **แบคทีเรียในดินบ่อกุ้งกุลาดำและการดื้อยาของเชื้อ *Vibrio* spp. ต่อยาต้านจลชีพ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เศรษฐเกียรติ กระจ่างวงษ์, สุพจน์ วัฒนพงศ์ชาติ และ ธนพงศ์ อินทรธนู. 2533. **การศึกษาแบคทีเรียในอวัยวะภายในของพ่อ-แม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ**. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2533. คณะสัตวแพทย์ศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สมพร ธนวิริยกุล. 2535. **การคัดเลือกแบคทีเรียเฮตเทอโรโทรปจากธรรมชาติและความสามารถในการย่อยสลายอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมาน กูจิ. 2538. **การศึกษาปรสิทธิภาพของสารเคมีและแบคทีเรียที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรรเสริญ ช่อเจี้ยง และ ทวี โรจนสารัมภกิจ. 2539. การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดินโดยใช้จุลินทรีย์ (*Bacillus subtilis*). **เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2539.** สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สว่าง ไหวพริบ. 2532. **โรคกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* Fabricius ในบ่อเลี้ยง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สิทธิ บุญยรัตผลิน, วนัดดา คมเวช, พุทธ ส่องแสงจินดา, เจนจิตต์ คงกำเนิด วินัย กระจายวงศ์. 2532. **โรคกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลม.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2532 สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สินธิ แดงสกุล และ ลิลา เรืองแป้น. 2541. ประสิทธิภาพของโปรไบโอติกที่ผลิตจาก *Bacillus* เพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. **วารสารการประมง** 51(5): 446-456.

สุบงกช กำเนิดมณี. 2540. **การศึกษาประสิทธิภาพของยานอร์ฟล็อกซาซี นิโคติเนทในการป้องกันโรควิบริโอซีสในกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรชัย สมเจตน์เลิศเจริญ. 2536. **การศึกษาชนิดของวิบริโอและการตกค้างของยาออกโซลินิกแอซิดในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ ประวิทย์วิไลกุล. 2547. **การเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) ในบ่อดินและบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททีลีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรัญญา พลพรพิสิฐ. 2536. โรคในกุ้งกุลาดำ. **วารสารสัตว์น้ำ** 5 (51): 64-71.

Anderson, I. G., M. N. Shamsudin, M. Shariff and G. Nash. 1988. Bacterial septicemia in juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*, cultured in Maleysian brackish water ponds. **AsianFish. Sci.** 2: 93-108.

Anonymous. 1971. *Vibrio parahaemolyticus*: A real food borne disease problem, p. 16-22. *In* **FDA Papers**, September 1971.

Austin, B. 1993. Bacterial Fish Pathogens Diseases in Farmed and Wild Fish. 2nd ed., Ellis Horwood, London.

Austin, B. and D.A. Austin. 1987. **Control of Bacterial Fish Disease**. Eills Horwood, Chichester.

Baumann, P., L. Baumann and M. Mandell. 1971. Taxonomy of marine bacteria: the genus Benekea. **J. Bacteriol.** 107: 268-294.

Belas, M. R. and R. R. Colwell. 1982. Scanning electron microscope observation of the swarming phenomenon of *Vibrio parahaemolyticus*. **J. Bacteriol**. 150: 956-959.

Beuchat, L. R. 1974. Combined effect of water activity solute and temperature on the growth of *Vibrio parahaemolyticus*. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 27: 1075-1081.

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

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

Boyd, C.E. 1989b. **Water Quality Management and Aeration i n Shrimp Farming Series and Allied Aquaculture Department,** Auburn University, Auburn.

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

_____ and C. S. Tucker. 1998. **Pond Aquaculture Water Quality M anagement.** Kluwer academic publishers. USA.

Brock, J.A. and K. Main. 1994. **A Guide to the Common Problems and Disease of Cultured *Penaeus vannamei***. Published by the Oceanic Institute, Makapuu Point, Honolulu, Hawaii, USA.

Buchanan, R.E. and N.E. Gibbons. 1974. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology** . 8th ed., The Williams and Wilkins Co., Baltimore. 1 .

Burford, M.A., P.J. Thompson, R.P. McIntosh, R.H. Bauman and D.C. Pearson. 2003. Nutrientand microbial dynamics in high -intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture** 219: 393-411.

Chanratchakool, P. 1992. **Studies on Biology, Pathogenicity and P rophylaxis of Vibriosis in Juvenile Tiger Shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius)**. Ph.D. thesis, Univ., Stirling, Stirling.

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

Cowan, S. T. 1975. **Covan and Steel's Manual for Identification of Media Bacteria.** Cambridge Univ. Press, London.

Colwell , R.R. and R.Y.Morita. 1974. **Effect of Ocean Environment on Microbial Activities** . University Park Press, Baltimore. 587 p.

Didem, D. and C. Akin. 2006. Identification of Vibrio anguillarum by PCR (rpoN Gene) Associated with Vibriosis in Marine Fish in Turkey. **Turk. J. Vet Anim. Sci**. 30: 305-310

Egusa, S. 1992. **Infectious Disease of Fish**. Oxonian Press, New Delhi, India.

Fieber, L. A. and P. L. Lutz. 1982. Calcium requirement for molting in *Macrobranchium rosenbergii*. **J. World Maricul. Soc**. 13: 21-27.

Frerichs, G.N. and S.D. Millar. 1993. **Manual for the Isolation and Identification of Fish Bacteria Pathogens**. Pisces Press, Stirling.

Gomez-Gil, Bruno., L. Tron-Mayen, A. Rogue, J. F. Turnbull, V. Inglis and A.L. Guerr-Flores. 1998. Species of *Vibrio* isolated from hepatopancreas, haemolymph and digestive tract of a population of healthy juvenile *Penaeus vannamei*. **Aquaculture** 163: 1-9.

Gullian, M., F. Thompson and J. Rodriguez. 2004. Selection of probiotic bacteria and study of their immunostimulatory effect in *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture** 233: 1-14.

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

Holthuis, L.B. 1980b. Shrimp and prawns of the world: An annotated catalogue of species of interest to fisheries. **FAO Fisheries Synopsis** 125: 152-271.

Inglis, V., R.J. Roberts and N.R. Bromage. 1993. **Bacterial Diseases of Fish.** Institute of Aquaculture. The University Press, Cambridge.

Ivanova, E.P. ,V.V. Mikhailov and L.V. Andreev. 1992. Marine bacillas and some approaches to their identification. **MikroBiol. Zh.** 54(1): 27-33.

Ishimaru, K., M. Akagawa-Matsushita and K. Muroga. 1995. *Vibrio penaeicida* a pathogen of kuruma prawns (*Penaues japonicus*). **J. Syst. Bacteriol.** 45: 134-138.

Jayasree, L., P. Janakiram and R. Madhavi. 2006. Characterization of *Vibrio* spp. associated with diseased shrimp from culture ponds of Andhra Pradesh (India) . **J. World Aquac. Soc**. 37(4): 523-532.

Johnson, P. T. 1983. Disease caused by viruses, rikettsiae, bacteria and fungi, pp. 1 -78. *In* A. J. Provenzana, Jr. (ed.). **The Biology of Crustacea. Vol. 6**. Academic Press, New York.

Keeney, D.R. 1970. Nitrates in plants and waters. **J. Milk. Food. Technol**. 33: 425-432.

Landgraf, M., K. B. P. Leme and M. L. Garcia -Moreno. 1996. Occurrence of emerging pathogenic *Vibrio* spp. in seafood consumed in Sao Paula city, Brazil. **Revistar de Microbillogoa** 27 (2): 126-130.

Lightner, D.V. 1977. Shrimp diseases, pp. 10-77. *In* C. J. Sindermann, ed. **Disease Diagnosis and Control in North American Marine Aquaculture, Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol 6.** Elsevier, New York.

Lightner, D.V. 1996. **A Handbook of Pathology and Diagnostic Procedures for Disease of Penaeid Shrimp**. World Aquaculture Society.

Limsuwan, C. 1993. Disease of black tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius) in Thailand, pp. 1-23. *ln* D.M. Akiyama (ed.). **Tech. Bull. Am. Soybean Assoc.**

Mohney, L.L. 1994. An epizootic of vibriosis in Ecuadorian pond reared *Penaeus vannamei* ,Boone (Crustacea: Decapoda). **J. World Aquac. Soc.** 25: 116-125.

Mohney, L.L., D.V. Lightner and T.A. Bell. 1991. An epizootic due to *Vibrio* spp. in pond – reared *Penaeus vannamei* in Ecuador. **Book of Abstracts, World Aquaculture Meeting.** Puerto Rico.

Moriarty, D.J.W., 1996. **Microbial biotechnology**: a key ingredient for sustainable aquaculture. Infofish Int. 4, 29– 33.

Moriarty, D.J.W., 1998. Control of luminous Vibrio sp ecies in penaeid aquaculture ponds. **Aquaculture** 164, 351– 358.

Moss, S. M., B. R. LeaMaster and J. N. Sweeney. 2000. Relation abundance and species composition of gram negative, aerobic bacteria associated with the gut of juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in oligotrophic well water and eutrophic pond water. **J. World Aquac. Soc.** 31: 255-263.

Nash, G., C. Nithimathachock, C. Tungmandi, A. Arkarjamorn, P. Prathanpipat and P. Ruamthaveesub. 1992. Vibriosis and its control in pond-reared *Penaeus monodon* in Thailand, pp. 143-155. *In* M., Shariff, **Diseases in Asian Aquaculture**. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila.

Pedersen, K., I. Dalsgaard and J. L. Larsen. 1997. *Vibrio damsel* associated with disease fish in Denmark. **Appl. Environ. Microbiol.** 63 (9): 3711 – 3715.

Phianphak, W., S. Piyatirativarakul, P . Menasveta and S. Rengpipat. 1997. Use of probiotic in *Penaeus monodon*. Abstract of poster session, **2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference 1997**. Phuket, Thailand. 116 p.

_____, S. Rengpipat, S. Piyatiratitivorakul and P. Menasveta. 1999. Probiotic use of *Lactobacillus* spp. for black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. **J. Sci. Res. Chula. Univ.** 24(1): 41-51.

Queiroz, J.F. and C.E. Boyd. 1998. Effect of bacterial inoculum in channel catfish ponds. **J. World Aquac. Soc**. 29: 67-73.

Raymont, J.E.G. 1963. **Phytoplankton and Productivity in the Ocean** . Department of Oceanography in the University of Southamton. Printed in Great Britain by Wheaton&CO., Exter.

Reid H. I., J. W. Treasurer, B. Adam and T. H. Birkbeck . 2009. Analysis of bacterial populations in the gut of developing cod larvae and identification of *Vibrio logei*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio splendidus* as pathogens of cod larvae. **Aquaculture** 288: 36-43

Renault, T., P. Haffner, C. Malfondet and M. Weppe. 1994. *Vibrio damsel* as a pathogenic agent causing mortalities in cultured sea bass (*Lates calcalifer*). **Bull. Eur. Asso. Fish Pathol.** 14 (4): 117 – 119.

Rengpipat S. 2000. Immunity enhancement in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) by a probiont bacterium (*Bacillus S11*). **Aquaculture** 191: 271-288.

Rengpipat S., S. Rukpratanporn, S. Piyatiratitivorakul, P. Menasveta. 1998. Probiotic in aquaculture: A case study of probiotic for larvae of the black tiger s hrimp (*Penaeus monodon*). pp. 177-181. *In* T. W. Flegel (ed.) **Advance in Shrimp Biotechnology**. National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Bangkok.

Rosenberry, B. 1998. World Shrimp Farming 1998. p 164. *In* **Shrimp News International.** San Diego, CA., USA.

Rosenberry, B. 2001. Shrimp Farming 2001. *In* Shrimp News International, San Diago. McIntosh, R. P. 2000. Changing paradigms in shrimp farming. Part V. Establishm ent of heterotrophic bacterial communities. **Glob. Aquac. Advocate.** 3(6): 52-54.

Ruangpan, L. 1995. **Studies on Marine *Vibrio* Isolated from Cultured Shrimp (*Penaeus monodon*) In Thailand**. Ph.D. Thesis. Kagoshima University, Japan.

_____. and S. Prapadsorn. 1996. Bacterial flora in the sediments o f black tiger shrimp ponds, p. 348. *In* R. L. Creswell (ed.). **Book of Abstract of World Aquaculture '96.** January 29- February 2, 1996. Bangkok, Thailand.

_____. and T. Kitao. 1991. *Vibrio* bacteria isolated from black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius. **J. Fish Dis.** 14: 383-388.

_____, R. Tabkaew and K. Sangrunggruang. 1995. Bacterial flora of ponds with different stocking densities of black tiger shrimp, *Penaeus monodon*, p. 141-149. *In* **Diseases in Asian Aquaculture II**. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.

Sakasaki, R. 1968. Halophilic *Vibrio* infection. **Jpn. J. Med. Sci. Biol.** 21(5): 313-324.

Schmetterer, G., C.P. Wolk and J. Elhai. 1986. Expression of luciferase from *Vibrio harveyi* and *Vibrio fischeri* in filamentous cyanobacteria. **J. Bacteriol**. 167(1): 411-414.

Shinoda, S. and K. Okamoto. 1977. Formation and function of *Vibrio parahaemolyticus* lateral flagella. **J. Bacteriol**. 129: 266-271.

Simidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbiological Studies of Tokyo Bay. **Microb. Eco.** 3: 173-191.

Tacon, A.G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. p. 69. *In* **The World Bank, Network of Aquaculture Centres in Asia - Pacific [NACA], World Wildlife Fund [WWF] and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment.** Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium.

Twedt, R.H. 1969. Morphological cultural biochemical and serological comparison of Japanese strains of *Vibrio parahaemolyticus* with related culture isolated in the United States. **J. Bacteriol.** 98: 511-518.

van Rijn, J. and A. Nussinovitch . 1997. An empirical model for predicting degradation of organic matter in fish culture systems based on short -term observations. **Aquaculture** 154: 173-179.

_____, N. Fonarev and B. Berkowitz. 1995. Anaerobic treatment of fish culture effluents: digestion of fish feed and release of volatile fatty acids. **Aquaculture** 33: 9-20.

Wetzel, R. G. 1975. **Limnology**. W. B. Saunders Co., Philadelphia.

Xu-xia, Z., W. Yan-bo, L. Wei-fen . 2009. Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. **Aquaculture** 287: 349-353.

Ziegler, M.M. and T.O. Baldwin. 1981. Biochemical bacteria bioluminescence. Curr. Top. Bioenerg. *Citeds by* G. Schmetterer, P. Wolk. And J. Elhai. 1986. Expression of luciferases from *Vibrio fischeri* in filamentous Cyanobacteria. **J. Bacteriol**. 167(1): 411-414.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
นอเพลียส	ควบคุม	8.3	8.4	8.3	8.33 ± 0.05
	PondPlus	8.4	8.4	8.4	8.40 ± 0.00
	PondPlusE	8.4	8.3	8.3	8.33 ± 0.05
	PondSafe	8.4	8.3	8.4	8.36 ± 0.05
ซูเอี้ย 2	ควบคุม	8.4	8.3	8.3	8.33 ± 0.05
	PondPlus	8.4	8.3	8.3	8.33 ± 0.05
	PondPlusE	8.4	8.3	8.4	8.36 ± 0.05
	PondSafe	8.3	8.4	8.4	8.36 ± 0.05
ไมซิส 2	ควบคุม	8.3	8.3	8.3	8.30 ± 0.00
	PondPlus	8.3	8.3	8.3	8.30 ± 0.00
	PondPlusE	8.3	8.3	8.2	8.26 ± 0.05
	PondSafe	8.3	8.3	8.3	8.33 ± 0.05
โพสลาวาร์ 2	ควบคุม	8.2	8.2	8.1	8.16 ± 0.05
	PondPlus	8.2	8.2	8.2	8.20 ± 0.00
	PondPlusE	8.3	8.2	8.3	8.26 ± 0.05
	PondSafe	8.3	8.3	8.2	8.26 ± 0.05
โพสลาวาร์ 5	ควบคุม	8.6	8.5	8.6	8.56 ± 0.05
	PondPlus	8.4	8.4	8.4	8.40 ± 0.00
	PondPlusE	8.5	8.5	8.4	8.46 ± 0.05
	PondSafe	8.6	8.6	8.4	8.53 ± 0.11
โพสลาวาร์ 8	ควบคุม	8.7	8.7	8.7	8.70 ± 0.00
	PondPlus	8.8	8.8	8.8	8.80 ± 0.00
	PondPlusE	8.7	8.7	8.7	8.70 ± 0.00
	PondSafe	8.6	8.6	8.4	8.53 ± 0.01

ตารางผนวกที่ 2 ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
นอเพลียส	ควบคุม	82	83	80	81.67 ± 1.52
	PondPlus	83	85	83	83.67 ± 1.15
	PondPlusE	80	82	83	81.67 ± 1.52
	PondSafe	84	84	80	82.67 ± 2.30
ซูเอี้ย 2	ควบคุม	83	95	96	87.67 ± 4.16
	PondPlus	89	83	91	88.67 ± 7.50
	PondPlusE	89	96	81	91.33 ± 7.23
	PondSafe	95	81	86	87.33 ± 7.09
ไมซิส 2	ควบคุม	95	103	87	95.00 ± 8.00
	PondPlus	103	93	109	101.67 ± 8.08
	PondPlusE	100	86	92	92.67 ± 7.02
	PondSafe	89	89	103	93.67 ± 8.08
โพสลาวาร์ 2	ควบคุม	93	93	97	94.33 ± 2.30
	PondPlus	99	90	92	93.67 ± 4.72
	PondPlusE	99	101	95	98.33 ± 3.05
	PondSafe	101	107	83	97.00 ± 12.49
โพสลาวาร์ 5	ควบคุม	97	103	101	100.33 ± 3.05
	PondPlus	93	104	107	101.33 ± 7.37
	PondPlusE	101	102	107	103.33 ± 3.21
	PondSafe	113	103	107	107.67 ± 5.03
โพสลาวาร์ 8	ควบคุม	129	126	129	128.00 ± 1.73
	PondPlus	128	131	124	127.67 ± 3.51
	PondPlusE	129	137	119	128.33 ± 9.01
	PondSafe	122	117	141	126.67 ±12.66

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
นอเพลียส	ควบคุม	0.75	0.69	0.71	0.717 ± 0.03
	PondPlus	0.72	0.74	0.71	0.723 ± 0.02
	PondPlusE	0.70	0.69	0.73	0.707 ± 0.02
	PondSafe	0.72	0.74	0.73	0.730 ± 0.01
ซูเอี้ย 2	ควบคุม	1.96	1.99	2.70	2.217 ± 0.42
	PondPlus	2.28	2.53	1.57	2.127 ± 0.50
	PondPlusE	2.16	1.97	2.28	2.137 ± 0.16
	PondSafe	1.58	1.22	0.84	1.213 ± 0.37
ไมซิส 2	ควบคุม	2.21	2.33	2.29	2.277 ± 0.06
	PondPlus	1.49	1.13	1.68	1.433 ± 0.28
	PondPlusE	2.06	1.81	1.91	1.927 ± 0.13
	PondSafe	1.41	1.16	1.26	1.276 ± 0.12
โพสลาวาร์ 2	ควบคุม	2.84	2.82	2.62	2.76 ± 0.12
	PondPlus	2.60	3.04	2.26	2.633 ± 0.39
	PondPlusE	2.72	3.04	2.72	2.827 ± 0.18
	PondSafe	2.97	3.00	3.02	2.997 ± 0.25
โพสลาวาร์ 5	ควบคุม	2.27	2.94	3.13	2.78 ± 0.45
	PondPlus	3.07	3.07	2.82	2.987 ± 0.14
	PondPlusE	3.08	2.93	2.72	2.910 ± 0.18
	PondSafe	2.99	2.89	2.72	2.867 ± 0.14
โพสลาวาร์ 8	ควบคุม	3.44	3.53	3.72	3.563 ± 0.14
	PondPlus	3.12	3.86	3.69	3.557 ± 0.39
	PondPlusE	3.22	3.29	3.17	3.227 ± 0.06
	PondSafe	3.82	3.70	3.56	3.693 ± 0.13

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
นอเพลียส	ควบคุม	0.027	0.016	0.021	0.021 ± 0.005
	PondPlus	0.013	0.025	0.018	0.018 ± 0.006
	PondPlusE	0.025	0.024	0.013	0.020 ± 0.006
	PondSafe	0.022	0.015	0.023	0.020 ± 0.004
ซูเอี้ย 2	ควบคุม	0.342	0.329	0.301	0.324 ± 0.020
	PondPlus	0.329	0.310	0.298	0.312 ± 0.015
	PondPlusE	0.336	0.391	0.301	0.342 ± 0.045
	PondSafe	0.305	0.245	0.269	0.273 ± 0.030
ไมซิส 2	ควบคุม	1.383	1.284	1.230	1.299 ± 0.077
	PondPlus	1.176	1.275	1.004	1.151 ± 0.137
	PondPlusE	1.284	1.247	1.350	1.293 ± 0.052
	PondSafe	1.050	1.096	1.138	1.094 ± 0.044
โพสลาวาร์ 2	ควบคุม	1.268	1.414	1.292	1.324 ± 0.078
	PondPlus	1.503	1.505	1.534	1.514 ± 0.017
	PondPlusE	1.664	1.587	1.516	1.589 ± 0.074
	PondSafe	1.392	1.250	1.612	1.418 ± 0.182
โพสลาวาร์ 5	ควบคุม	1.035	1.159	0.937	1.043 ± 0.111
	PondPlus	0.980	1.301	1.066	1.115 ± 0.166
	PondPlusE	1.173	1.210	1.128	1.170 ± 0.041
	PondSafe	0.894	0.819	1.153	0.955 ± 0.175
โพสลาวาร์ 8	ควบคุม	1.130	1.206	1.090	1.142 ± 0.058
	PondPlus	1.464	1.359	1.259	1.360 ± 0.102
	PondPlusE	1.360	1.139	1.392	1.297 ± 0.137
	PondSafe	0.684	0.516	0.856	0.685 ± 0.170

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ระยะกุ้ง	ผลิตภัณฑ์	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
นอเพลียส	ควบคุม	0.011	0.012	0.009	0.010 ± 0.001
	PondPlus	0.013	0.013	0.012	0.012 ± 0.000
	PondPlusE	0.012	0.010	0.011	0.011 ± 0.001
	PondSafe	0.012	0.012	0.010	0.011 ± 0.001
ซูเอี้ย 2	ควบคุม	1.547	1.532	1.724	1.601 ± 0.106
	PondPlus	1.877	1.626	1.705	1.736 ± 0.128
	PondPlusE	1.743	1.850	1.789	1.794 ± 0.053
	PondSafe	1.877	1.736	1.761	1.791 ± 0.075
ไมซิส 2	ควบคุม	3.982	4.013	4.138	4.044 ± 0.082
	PondPlus	3.824	3.797	3.852	3.824 ± 0.027
	PondPlusE	3.782	3.998	3.908	3.896 ± 0.108
	PondSafe	3.379	3.329	3.216	3.308 ± 0.083
โพสลาวาร์ 2	ควบคุม	2.342	1.967	2.273	2.194 ± 0.199
	PondPlus	2.261	2.328	2.172	2.253 ± 0.078
	PondPlusE	2.474	2.381	2.374	2.409 ± 0.055
	PondSafe	2.463	2.355	2.324	2.380 ± 0.070
โพสลาวาร์ 5	ควบคุม	1.396	1.395	1.373	1.388 ± 0.013
	PondPlus	1.176	1.244	1.237	1.219 ± 0.037
	PondPlusE	1.240	1.240	1.283	1.254 ± 0.024
	PondSafe	1.221	1.192	1.211	1.208 ± 0.014
โพสลาวาร์ 8	ควบคุม	2.142	2.045	2.145	2.110 ± 0.056
	PondPlus	1.228	1.009	1.231	1.156 ± 0.127
	PondPlusE	1.968	2.109	1.849	1.975 ± 0.130
	PondSafe	0.962	0.884	0.781	0.875 ± 0.090

ตารางผนวกที่ 6 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 25-30 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด

วันที่	บ่อทดลอง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	พีเอช	ความเป็นด่าง	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท
วันที่ 0	บ่อควบคุม	6.10±0.26	8.57±0.06	109.33±8.08	0.640±0.082	0.069±0.011	0.633±0.034
	PondPlus	6.27±0.12	8.57±0.06	110.00±2.00	0.630±0.100	0.083±0.013	0.629±0.024
	PondPlusE	6.13±0.15	8.60±0.00	103.00±3.05	0.653±0.059	0.086±0.008	0.625±0.020
วันที่ 3	บ่อควบคุม	5.17±0.12	8.63±0.06	128.00±3.46	0.656±0.069	0.089±0.008	0.692±0.050
	PondPlus	5.20±0.20	8.70±0.10	110.67±12.86	0.600±0.120	0.087±0.006	0.694±0.018
	PondPlusE	5.37±0.12	8.70±0.10	122.00±12.17	0.637±0.070	0.086±0.005	0.671±0.039
วันที่ 5	บ่อควบคุม	5.27±0.12	8.57±0.06	117.33±1.16	0.756±0.107	0.089±0.006	0.688±0.029
	PondPlus	5.37±0.06	8.63±0.06	121.33±2.31	0.667±0.133	0.083±0.006	0.656±0.031
	PondPlusE	5.43±0.06	8.63±0.06	116.67±4.17	0.620±0.115	0.085±0.006	0.624±0.046
วันที่ 7	บ่อควบคุม	5.13±0.06	8.67±0.06	138.67±6.11	0.578±0.102	0.081±0.006	0.702±0.078
	PondPlus	5.03±0.06	8.67±0.06	139.33±6.11	0.563±0.153	0.084±0.005	0.676±0.013
	PondPlusE	5.13±0.12	8.67±0.06	133.33±2.31	0.637±0.100	0.082±0.005	0.648±0.037

ตารางผนวกที่ 7 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 55-60 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด

วันที่	บ่อทดลอง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	พีเอช	ความเป็นด่าง	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท
วันที่ 0	บ่อควบคุม	5.20±0.10	8.23±0.12	146.67±7.02	1.947±0.157	0.092±0.005	0.744±0.031
	PondPlus	5.13±0.15	8.27±0.06	147.33±4.62	1.944±0.102	0.091±0.008	0.739±0.028
	PondPlusE	5.23±0.06	8.23±0.06	146.67±3.05	1.813±0.075	0.089±0.008	0.745±0.023
วันที่ 3	บ่อควบคุม	5.30±0.10	8.37±0.06	148.00±2.00	1.267±0.100	0.098±0.001	1.057±0.125
	PondPlus	5.37±0.12	8.30±0.10	154.00±9.17	1.178±0.102	0.089±0.003	1.120±0.039
	PondPlusE	5.17±0.15	8.30±0.00	148.67±1.16	1.211±0.051	0.090±0.006	1.131±0.083
วันที่ 5	บ่อควบคุม	5.40±0.00	8.37±0.06	152.67±8.33	1.256±0.019	0.087±0.009	0.697±0.093
	PondPlus	5.37±0.06	8.33±0.06	161.33±5.77	1.156±0.117	0.087±0.007	0.645±0.045
	PondPlusE	5.33±0.06	8.30±0.10	154.00±4.00	1.144±0.102	0.088±0.006	0.641±0.042
วันที่ 7	บ่อควบคุม	5.37±0.12	8.37±0.06	164.67±6.43	0.789±0.117	0.088±0.007	0.945±0.019
	PondPlus	5.40±0.10	8.33±0.06	164.00±8.72	0.900±0.208	0.092±0.004	1.047±0.090
	PondPlusE	5.40±0.00	8.33±0.06	170.00±2.00	0.833±0.123	0.089±0.004	1.054±0.229

ตารางผนวกที่ 8 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 85-90 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด

วันที่	บ่อทดลอง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	พีเอช	ความเป็นด่าง	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท
วันที่ 0	บ่อควบคุม	5.50±0.17	8.50±0.10	178.67±6.11	1.800±0.100	1.857±0.053	1.160±0.025
	PondPlus	5.43±0.12	8.53±0.06	184.67±2.31	1.743±0.023	1.858±0.033	1.131±0.027
	PondPlusE	5.47±0.06	8.47±0.06	188.67±6.43	1.690±0.072	1.893±0.067	1.152±0.125
วันที่ 3	บ่อควบคุม	5.67±0.15	8.40±0.10	200.67±6.43	1.223±0.129	1.868±0.007	1.723±0.140
	PondPlus	5.50±0.10	8.47±0.12	197.33±4.17	1.177±0.050	1.866±0.042	1.719±0.106
	PondPlusE	5.47±0.06	8.43±0.06	194.00±2.00	1.189±0.102	1.771±0.065	1.809±0.118
วันที่ 5	บ่อควบคุม	5.53±0.06	8.50±0.10	204.67±8.08	1.100±0.089	1.956±0.007	1.352±0.057
	PondPlus	5.60±0.10	8.47±0.06	194.67±2.31	1.089±0.084	1.959±0.015	1.286±0.097
	PondPlusE	5.50±0.00	8.50±0.10	193.33±8.08	1.144±0.084	1.832±0.072	1.343±0.077
วันที่ 7	บ่อควบคุม	5.57±0.06	8.43±0.06	232.67±4.16	1.423±0.095	1.830±0.007	1.064±0.024
	PondPlus	5.57±0.12	8.47±0.06	224.67±9.24	1.400±0.088	1.871±0.051	1.041±0.045
	PondPlusE	5.50±0.10	8.50±0.10	224.00±6.93	1.267±0.088	1.831±0.003	1.062±0.054

ตารางผนวกที่ 9 คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ 115-120 วันของบ่อควบคุมที่ไม่เติมและบ่อทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด

วันที่	บ่อทดลอง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	พีเอช	ความเป็นด่าง	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท
วันที่ 0	บ่อควบคุม	5.33±0.06[a]	8.37±0.06[a]	150.00±8.00	1.803±0.095	1.958±0.005	1.317±0.036
	PondPlus	5.43±0.06[a]	8.33±0.06[a]	155.33±6.43	1.810±0.035	1.958±0.011	1.320±0.049
	PondPlusE	5.40±0.10[a]	8.37±0.06[a]	158.00±8.00	1.756±0.150	1.962±0.006	1.300±0.031
วันที่ 3	บ่อควบคุม	5.33±0.12[a]	8.43±0.06[a]	151.33±4.16	1.127±0.045	1.944±0.011	1.292±0.090
	PondPlus	5.43±0.06[a]	8.40±0.00[a]	152.00±6.00	1.133±0.033	1.860±0.050	0.929±0.108
	PondPlusE	5.43±0.12[a]	8.43±0.06[a]	159.00±3.06	1.078±0.084	1.862±0.034	0.891±0.140
วันที่ 5	บ่อควบคุม	5.33±0.06[a]	8.47±0.06[a]	148.00±9.17	1.144±0.168	1.993±0.067	1.293±0.079
	PondPlus	5.43±0.06[a]	8.40±0.10[a]	142.00±2.00	1.110±0.072	1.871±0.047	0.919±0.081
	PondPlusE	5.47±0.12[a]	8.37±0.06[a]	153.33±6.11	1.056±0.069	1.849±0.020	0.851±0.086
วันที่ 7	บ่อควบคุม	5.33±0.06[a]	8.40±0.10[a]	148.00±9.17	1.100±0.145	1.962±0.043	1.226±0.183
	PondPlus	5.33±0.06[a]	8.43±0.06[a]	144.67±4.62	1.078±0.084	1.953±0.006	0.963±0.181
	PondPlusE	5.40±0.10[a]	8.37±0.06[a]	154.00±5.29	1.177±0.139	1.826±0.005	1.191±0.063

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวมนฑกานต์ สมบูรณ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	28 กันยายน 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-