ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

23113

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ประสิทธิภาพของแบคทีเรียโปรไบโอติกต่อการลดสารประกอบไนโตรเจน ในสภาวะที่มีการให้และไม่ให้ออกซิเจน

Efficiency of bacteria probiotic to degrade nitrogen compound in aerobic and anaerobic aeration

T099445

โดย

นางสาวอธิตา อาทิตย์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วพ
0149
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99445
วัน.เดือน.ปี 15 JUN 2550

b. 11x01625
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ประสิทธิภาพของแบคทีเรียโปรไบโอติกต่อการลดสารประกอบไนโตรเจน ในสภาวะที่มีการให้และไม่ให้ออกซิเจน

Efficiency of bacteria probiotic to degrade nitrogen compound in aerobic and anaerobic aeration

ชื่อนักศึกษา นางสาวอธิตา อาทิตย์

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่ 17 เดือน พ.ค. พ.ศ. 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของแบคทีเรียโปรไบโอติกต่อการลดสารประกอบไนโตรเจน ในสภาวะที่มีการให้และไม่ให้ออกซิเจน

Efficiency of bacteria probiotic to degrade nitrogen compound in aerobic and anaerobic aeration

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียโปรไบโอติกกลุ่มบาซิลลัส ต่อการลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนและไม่ให้ออกซิเจน โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรีย ชุดละ 3 ซ้ำ โดยใส่สารละลายแอมโมเนียมไนเตรท ทั้งในชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรีย จากนั้นใส่แบคทีเรียลงไปในชุดที่ใส่แบคทีเรียถังละ 4.5 กรัม วิเคราะห์คุณภาพน้ำเริ่มต้นก่อนการใส่แบคทีเรียและทุกๆ 6 วัน ตลอดการทดลอง วันที่ 6 ,12 ,18 และ 24 พบว่าในทั้ง 2 สภาวะ ชุดการลองที่ใส่แบคทีเรียสามารถลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำได้ โดยทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้ และทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง จาก 36.13±2.60 mg N/l เป็น 35.30±3.20 mg N/l ในสภาวะที่มีออกซิเจน และจาก 33.40±0.77 mg N/l เป็น 8.58±1.46 mg N/l ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ในขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง และชุดการลองที่มีการใส่แบคทีเรียในทั้ง 2 สภาวะสามารถลด COD ได้ จาก144.45±6.75 mg O_2/l เป็น 84.00±24.36 mg O_2/l ในสภาวะที่มีออกซิเจน และ110.58±5.92 mg O_2/l เป็น 17.04±0.10 mg O_2/l ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน โดยชุดการลองที่ใส่แบคทีเรียในทั้ง 2 สภาวะมี COD ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และชุดการลองที่ใส่แบคทีเรียในทั้ง 2 สภาวะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง และมากกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนชุดการลองที่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงตลอดการทดลอง และต่ำกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่สภาวะที่ให้ออกซิเจนไม่แตกต่างกัน แสดงว่าแบคทีเรียโปรไบโอติกสามารถลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำได้ และในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนทำงานได้เร็วกว่าสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ดิฉันขอขอบคุณ ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ เป็นอย่างสูงที่คอยช่วยเหลือแนะนำข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับปัญหาพิเศษเรื่องนี้ ช่วยคิดและแก้ปัญหาในทุกๆ เรื่อง ขอบคุณ ผศ.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพน้ำ คุณบุปผา จงพัฒน์ และคุณนภพล เผ่ามนัส ในการช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ในการทดลองและวิธีการในการทดลองเรื่องต่างๆ และนายเทียมพงศ์ ชมสุวรรณ ที่ช่วยกันวิเคราะห์คุณภาพน้ำและช่วยทำการทดลองมาโดยตลอด และขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจให้จนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวอธิตา อาทิตย์

พฤษภาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการทดลองและวิจารณ์	14
สรุปและข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	32

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพน้ำตลอดการทดลองในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน	19
2	คุณภาพน้ำตลอดการทดลองในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน	26
3	คุณภาพน้ำเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน	29
4	คุณภาพน้ำเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน	29

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความเป็นด่างในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	32
2	COD ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	32
3	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	32
4	ความเป็นกรด-ด่าง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	33
5	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	33
6	อุณหภูมิ ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	33
7	แอมโมเนีย ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	34
8	ไนไตรท์ ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	34
9	ไนเตรท ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	34
10	ปริมาณไนโตรเจนรวม ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	35
11	ความเป็นด่างในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	35
12	COD ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	35
13	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	36
14	ความเป็นกรด-ด่าง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	36
15	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	36
16	อุณหภูมิ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	37
17	แอมโมเนีย ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	37
18	ไนไตรท์ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	37
19	ไนเตรท ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	38
20	ปริมาณไนโตรเจนรวม ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความเป็นด่างในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	14
2	COD ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	15
3	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	15
4	แอมโมเนีย ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	16
5	ไนไตรท์ ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	16
6	ไนเตรท ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	17
7	ปริมาณไนโตรเจนรวม ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	18
8	ความเป็นด่างในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	21
9	COD ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	22
10	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	22
11	แอมโมเนีย ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	23
12	ไนไตรท์ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	23
13	ไนเตรท ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	24
14	ปริมาณไนโตรเจนรวม ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป มักประสบปัญหาจากการเกิดโรคและคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม ก่อให้เกิดความเสียหายกับการเพาะเลี้ยง จึงต้องหาทางป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหาย ในอดีตจะใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาแต่ก็ได้ได้ผลดีในช่วงแรก ๆ เท่านั้นเมื่อใช้ไประยะหนึ่งก็จะเกิดการดื้อยาขึ้น ทำให้ต้องมีการเพิ่มความเข้มข้นให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเปลืองต้นทุน และเกิดการสะสมตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงต้องมีการหาวิธีการอื่นมาทดแทน โดยเน้นในด้านความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นั่นคือ การใช้โปรไบโอติก

โปรไบโอติกคือจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เมื่อผู้บริโภคบริโภคเข้าไปแล้ว สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และช่วยปรับสมดุลในลำไส้ของผู้บริโภค ทำให้มีสุขภาพที่ดี โปรไบโอติกที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไปได้แก่ พวกแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ที่พบในนมเปรี้ยว ซึ่งเป็นแบคทีเรียพวกที่ผลิตกรดแลคติกได้ และอีกหลายชนิดเช่นในกลุ่มบาซิลลัส เตรปโตคอคคัส ฯลฯ ในทางการประมงจึงมีแนวคิดเรื่องการใช้โปรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อทำให้สัตว์น้ำมีสุขภาพดีขึ้นเป็นการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ใช้โปรไบโอติกเป็นตัวควบคุมเชื้อโรคในน้ำไม่ให้แพร่กระจาย และช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยเป็นตัวฟื้นฟูทางชีวภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียโปรไบโอติกในกลุ่มบาซิลลัส ต่อการลดสารประกอบไนโตรเจนในสภาวะที่มีการเติมและไม่เติมออกซิเจน
2. เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในกลุ่มบาซิลลัสในทั้ง 2 สภาวะ ทั้งสภาวะที่มีการเติมออกซิเจนและสภาวะที่ไม่มีการเติมออกซิเจน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบประสิทธิภาพของแบคทีเรียโปรไบโอติกในกลุ่มบาซิลลัส ต่อคุณภาพน้ำด้านต่างๆ โดยเฉพาะต่อสารประกอบไนโตรเจน
2. เป็นแนวทางในการนำแบคทีเรียโปรไบโอติกในกลุ่มบาซิลลัส ไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป มักประสบปัญหาจากการเกิดโรคและคุณภาพน้ำที่ไม่ดี ทำให้ต้องหาทางป้องกันและควบคุมไม่ให้เกิดความเสียหาย โดยมากในอดีตจะใช้วิธีการใช้ยาหรือสารปฏิชีวนะ ซึ่งจะได้ผลดีในช่วงแรกๆ ของการใช้เท่านั้น เมื่อใช้ไประยะหนึ่งก็จะใช้ไม่ได้ผลทำให้มีการเพิ่มปริมาณยาให้มากขึ้น จึงเกิดการดื้อยาขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตและก่อให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามก็ต้องมีการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคอยู่เพียงแต่ต้องใช้ในการรักษาโรคเท่านั้น ไม่ได้ใช้สำหรับการป้องกันโรคหรือช่วยเสริมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการอื่นเพื่อทดแทนการใช้ยานั่นคือการใช้โปรไบโอติก (Probiotic)

ความหมายของโปรไบโอติก

โปรไบโอติก โดยทั่วไปจะใช้แสดงถึงแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพของสิ่งมีชีวิต Lilley and Stillwell (1965) ได้ให้คำบรรยายของโปรไบโอติกไว้ว่า เป็นสารที่หลั่งออกมาจากจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของอีกชนิด และผู้เชี่ยวชาญของ FAO และ WHO ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นจุลินทรีย์หรือกลุ่มของจุลินทรีย์ซึ่งเมื่อคนหรือสัตว์บริโภคเข้าไปแล้วสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และก่อให้เกิดประโยชน์กับผู้บริโภคนั้นๆ (FAO/WHO, 2001) โดยเป็นตัวควบคุมให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร (Fuller, 1989) ดังนั้นความหมายหลักๆ ของโปรไบโอติกคือ เป็นจุลินทรีย์มีชีวิตที่เสริมลงไปในอาหารเพื่อทำให้มีผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้น

จากคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้ต่อมามีการนำโปรไบโอติกมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมุ่งเน้นในเรื่องของความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีการทดลองใช้โปรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายๆชนิด ซึ่งพบว่า โปรไบโอติกจะไปทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค ปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น เพิ่มระบบภูมิคุ้มกันโรคให้กับสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น โดยการใช้โปรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นอาจใช้ในรูปของอาหารเสริม หรือใส่ลงไปในน้ำโดยตรงก็ได้

ผลของการใช้โปรไบโอติกต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.ผลของโปรไบโอติกต่อสัตว์น้ำ

การใช้โปรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นจะส่งผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงในด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 ผลของโปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

Yanbo and Zivong (2006) ทำการทดลองใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงปลาไน (*Cyprinus carpio*) โดยการใส่โปรไบโอติกลงไปในอาหารของปลาไน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ กลุ่มที่เติม lyophilize photosynthetic bacteria cell (PSB) กลุ่มที่เติม lyophilize *Bacillus* sp.(B) กลุ่มที่เติม lyophilize photosynthetic bacteria cell (PSB) ผสมกับ lyophilize *Bacillus* sp.(B) และชุดควบคุม (ไม่เติมโปรไบโอติก) พบว่ากลุ่มที่มีการใส่โปรไบโอติกมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุดท้าย , น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่โปรไบโอติก ($p<0.05$) โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มที่เติม PSB ผสมกับ B จะสูงกว่ากลุ่มที่เติม PSB กลุ่มที่เติม B และชุดควบคุม แต่อัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อระหว่างกลุ่มที่เติมโปรไบโอติกนั้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

Ziaei-nejad et al. (2006) ทำการทดลองใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งขาว (*Fenneropenaeu sindicus*) โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่1ใช้กุ้งขาวระยะ $Nauplius_{1-2}$ถึง $Zoea_3$ ใส่โปรไบโอติกลงไปในน้ำโดยตรง พบว่า น้ำหนักสุทธิ(C=0.14 มิลลิกรัม และ P=0.17 มิลลิกรัม) และความยาวทั้งหมดของลำตัว (C=2.0 มิลลิเมตร และ P_w=2.1 มิลลิเมตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ชุดการทดลองที่ 2 ใช้กุ้งขาวในระยะ $Mysis_1$ ถึง PL_{14} โดยในถังเลี้ยงจะใส่โปรไบโอติกลงไปในน้ำโดยตรง หรือเพิ่มลงไปในอาหารกุ้งโดยการผสมกับอาร์ทีเมียพบว่าน้ำหนักสุทธิและความยาวของลำตัวในชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติกลงไปกับอาร์ทีเมียมากกว่าชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ชุดการทดลองที่ 3 ใช้กุ้งขาวระยะ PL_{30}ถึง PL_{120} เลี้ยงในบ่อดินและใส่โปรไบโอติกลงไปในน้ำ พบว่าความยาวรวมของลำตัวและความยาวของส่วนหัวระหว่างชุดควบคุม และชุดการทดลองที่เพิ่มโปรไบโอติกลงไปไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยในกลุ่ม PP มีผลผลิตสุดท้าย, อัตราการแรกเนื้อ และอัตราเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่า ($p<0.05$) ในชุดควบคุม ส่วนกลุ่ม P จะไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างชุดการทดลอง และชุดควบคุม (ไม่มีการเติมโปรไบโอติก)

1.2 ผลของโปรไบโอติกต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยของสัตว์น้ำ

Yanbo and Zivong (2006) ทำการทดลองใช้ แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงปลาไน (*Cyprinus carpio*) โดยการเพิ่มโปรไบโอติกลงไปในอาหารของปลาไน วิธีการเช่นเดียวกับ Yanbo and Zivong (2006) ในข้อ 1.1 พบว่าในทุกกลุ่มที่เติมโปรไบโอติกมีค่าเฉลี่ยกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยแตกต่างกับชุดควบคุม ($p<0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ protease และเอนไซม์ amylase ของกลุ่มที่เติม PSB ผสมกับ B สูงกว่าในกลุ่มที่เติม PSB, กลุ่มที่เติม B อย่างเดียว และชุดควบคุม ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ lipase พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทุกกลุ่มที่ใส่โปรไบโอติก

1.3 ผลของโปรไบโอติกต่ออัตราการรอดตายของสัตว์น้ำ

จากการทดลองของวารุณี และคณะ โดยการใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ระยะโพสลาร์วา 15 ด้วยการเติมแบคทีเรียลงไปในบ่อเลี้ยง ซึ่งแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเป็นบ่อควบคุม (ไม่มีการเติมแบคทีเรียในระหว่างการเลี้ยง) จำนวน 2 บ่อ และบ่อทดลอง (มีการเติมแบคทีเรียในระหว่างการเลี้ยง) จำนวน 2 บ่อ โดยมีอัตราการใส่แบคทีเรียคือ หลังจากปล่อยกุ้ง 10 วัน ใส่แบคทีเรียบ่อละ 5 ซอง วันที่ 20 ใส่แบคทีเรียอีก 5 ซอง วันที่ 27 ใส่แบคทีเรียอีก 5 ซอง หลังจากนั้นใส่สัปดาห์ละ 2 ซอง จนกระทั่งทำการจับกุ้ง พบว่าในบ่อทดลองที่มีการใช้แบคทีเรียระหว่างการเลี้ยง มีอัตราการรอดตายของกุ้งสูงกว่าในบ่อควบคุมที่ไม่มีการใช้แบคทีเรียในระหว่างการเลี้ยง

2. ผลของโปรไบโอติกต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Gatesoupe (1999) ได้กล่าวถึงการศึกษาของ Porubcan ในปี 1991 ในการทดลองใช้แบคทีเรีย 2 ชนิดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในการเลี้ยง *Penaeus monodon* คือ 1.ตัวกรองชีวภาพแบบลอยน้ำที่มี nitrifying bacteria พบว่าสามารถลดแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำที่ทำการเลี้ยงได้ และ 2.การใส่ *Bacillus* spp. ตรงบริเวณเครื่องให้อากาศของบ่อ สามารถลด COD ได้ ทำให้มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อทำให้สัตว์น้ำมีสุขภาพที่ดีขึ้น ซึ่งส่วนมากจะประกอบด้วย nitrifying bacteria และ *Bacillus* spp. โดยทั้งสองชนิดจะมีความแตกต่างกันมาก ซึ่ง nitrifying bacteria จะมี ecological niches แบบสมบูรณ์ทำให้ไม่สามารถอยู่ในลำไส้ของสัตว์น้ำได้ แต่ *Bacillus* spp. จะมีประสิทธิภาพเมื่อผ่านลำไส้ ทำให้ส่วนมากเลือกมาใช้ในการทดลอง

จากการทดลองของ McIntosh (2000) ซึ่งทดลองใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้ง *Litopenaeus vannamei* ระยะ juvenile โดยเลี้ยงกุ้งขาวตั้งไว้กลางแจ้งและไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ใส่แบคทีเรียลงไป 6 ถังและไม่ใส่ 6 ถัง ในถังที่ใส่แบคทีเรียจะเติม 5 ครั้งต่อสัปดาห์ พบว่าปัจจัยที่กำหนดคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงกุ้งที่ใส่แบคทีเรีย และไม่ใส่แบคทีเรียที่มีการตรวจสอบข้อมูลคุณภาพน้ำต่อวันและต่อสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1และตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำแต่ละวันของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียและไม่ใส่แบคทีเรีย

Parameter	Treatment	Minimum	Maximum	Mean[a,b] (S.D).
a.m.-Dissolved oxygen (mg/l)	Untreated	3.70	9.83	6.72 (0.80)
	+BS	4.37	9.85	6.68 (0.78)
a.m.-pH	Untreated	7.12	10.60	7.12 (0.26)
	+BS	7.07	10.93	7.93 (0.27)
a.m.-Temperature (°C)	Untreated	19.10	29.90	27.34 (1.89)
	+BS	19.40	30.10	27.43 (1.89)
p.m.-Dissolved oxygen (mg/l)	Untreated	4.30	9.46	6.85 (0.71)
	+BS	4.67	9.54	6.77 (0.72)
p.m.-pH	Untreated	6.94	9.04	8.05 (0.27)
	+BS	7.56	9.24	8.05 (0.26)
p.m.-Temperature (°C)	Untreated	17.00	31.30	28.63 (2.13)
	+BS	20.30	34.40	28.78 (2.11)
Salinity (ppt)	Untreated	8.00	20.00	15.00 (2.28)
	+BS	8.00	19.00	14.41 (2.37)
Secchi (cm)	Untreated	4.00	50.00	13.58 (6.77)
	+BS	5.00	55.00	14.10 (7.99)

ทดสอบความแตกต่างด้วย ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียและไม่ใส่แบคทีเรีย

Parameter	Treatment	Minimum	Maximum	Mean[a,b] (S.D.)
Total ammonia-N (mg/l)	Untreated	0.00	3.85	0.36 (0.72)
	+ BS	0.00	4.69	0.42 (0.89)
Nitrite-N (mg/l)	Untreated	0.00	6.20	0.47 (0.92)
	+ BS	0.00	4.20	0.61 (0.92)
Nitrate-N (mg/l)	Untreated	0.00	1.30	0.14 (0.29)
	+ BS	0.00	1.60	0.10 (0.25)
Reactive phosphorus (mg/l)	Untreated	0.00	8.39	2.03 (2.11)
	+ BS	0.00	8.59	2.45 (2.52)
Total phosphorus (mg/l)	Untreated	0.05	28.60	4.73 (4.76)
	+ BS	0.15	14.20	4.78 (4.22)
COD (mg/l)	Untreated	321.00	1010.00	510.00 (131.00)
	+ BS	244.00	767.00	470.00 (110.00)
$cBOD_5$ (mg/l)	Untreated	0.38	23.64	7.12 (4.82)
	+ BS	0.18	21.60	6.55 (4.30)
TSS (mg/l)	Untreated	9.00	648.00	257.00 (187.00)
	+ BS	17.00	1097.00	264.00 (212.00)
VSS (mg/l)	Untreated	0.00	200.00	80.00 (49.00)
	+ BS	1.00	217.00	86.00 (48.00)

ทดสอบความแตกต่างด้วย ANOVA

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำในสัปดาห์ที่ 14 ของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียและไม่ใส่แบคทีเรีย

Parameter	Treatment	Minimum	Maximum	Mean[a,b] (S.D.)
Total ammonia-N (mg/l)	Untreated	0.00	0.01	0.00 (0.00)
	+ BS	0.00	0.17	0.04 (0.07)
Nitrite-N (mg/l)	Untreated	0.20	0.75	0.38 (0.17)
	+ BS	0.16	0.63	0.33 (0.18)
Nitrate-N (mg/l)	Untreated	0.00	0.80	0.13 (0.33)
	+ BS	0.00	0.00	0.00 (0.00)
Reactive phosphorus (mg/l)	Untreated	0.41	8.39	5.15 (2.64)
	+ BS	3.69	8.59	6.24 (2.42)
Total phosphorus (mg/l)	Untreated	9.00	13.30	11.12 (1.80)
	+ BS	9.10	14.20	11.35 (2.08)
COD (mg/l)	Untreated	365.00	485.00	421.67 (49.19)
	+ BS	322.00	458.00	387.33 (51.37)
$cBOD_5$ (mg/l)	Untreated	3.69	9.09	6.53 (2.47)
	+ BS	4.47	8.37	6.56 (1.55)
TSS (mg/l)	Untreated	276.70	643.30	449.45 (127.42)
	+ BS	246.70	780.00	406.12 (196.17)
VSS (mg/l)	Untreated	16.70	123.30	77.22 (40.93)
	+ BS	26.70	136.70	71.68 (35.70)
Secchi (cm)	Untreated	8.00	16.00	10.89 (2.52)
	+ BS	6.00	19.00	12.39 (3.88)

ทดสอบความแตกต่างด้วย ANOVA

และคุณภาพน้ำในสัปดาห์ที่ 14 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียและกลุ่มที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรีย และอัตราส่วนของ BOD ต่อ COD มีค่าน้อยเนื่องจากแบคทีเรียมีการใช้สารอินทรีย์ในน้ำไปมาก แต่จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนของ BOD ต่อ COD ในตะกอนมีค่าสูง เพราะในตะกอนอาจอยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้การดึงสารอินทรีย์ไปใช้ของสิ่งมีชีวิตถูกขัดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

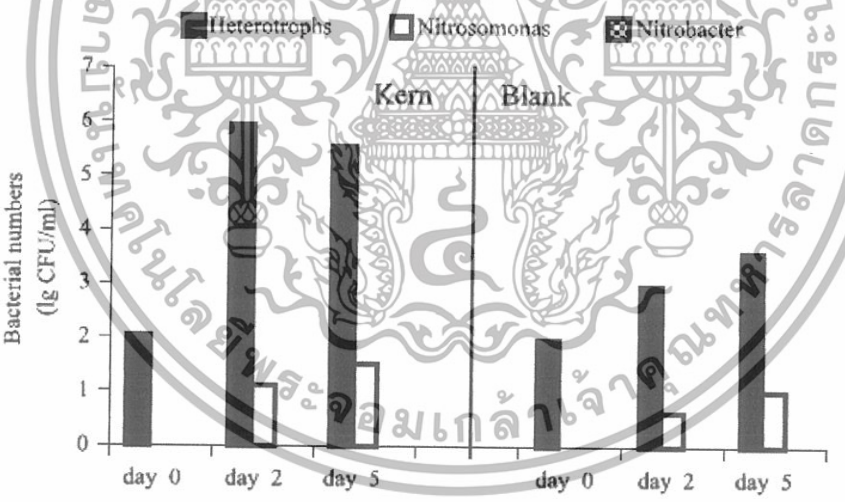
และภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน สารประกอบอินทรีย์บางชนิดจะถูกจุลินทรีย์ดึงบางส่วนไปสร้างเป็นแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ คีโตน และอื่นๆ จากการทดลองนี้การเติมแบคทีเรียลงไปไม่ได้เพิ่มการดึงสารอินทรีย์ไปใช้มากขึ้น โดยพบว่าผลที่เกิดขึ้นทั้งในน้ำและตะกอนเกิดจากแบคทีเรียที่มีอยู่เดิม

วารุณี และคณะ ทดลองใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ระยะโพสลาร์วา 15 ด้วยการเติมแบคทีเรียลงไปในบ่อเลี้ยง ซึ่งแบ่งออกเป็นบ่อควบคุม (ไม่มีการเติมแบคทีเรียในระหว่างการเลี้ยง) จำนวน 2 บ่อ และบ่อทดลอง (มีการเติมแบคทีเรียในระหว่างการเลี้ยง) จำนวน 2 บ่อ โดยมีอัตราการใส่แบคทีเรียคือ หลังจากปล่อยกุ้ง 10 วัน ใส่แบคทีเรียบ่อละ 5 ซอง วันที่ 20 ใส่แบคทีเรียอีก 5 ซอง วันที่ 27 ใส่แบคทีเรียอีก 5 ซอง หลังจากนั้นใส่สัปดาห์ละ 2 ซอง จนกระทั่งจับกุ้ง พบว่าในบ่อทดลองที่มีการใช้แบคทีเรียมีปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยน้อยกว่าบ่อควบคุมที่ไม่มีการใช้แบคทีเรีย

Liu and Han (2004) ทดลองการใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เป็นตัวฟื้นคืนทางชีวภาพ (bioremediation) ในการปรับปรุงน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดย *Bacillus subtilis* จะปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกลไกการดึงสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำและลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวม โดยทำการทดลอง 2 การทดลองคือการทดลองแรกเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของการใส่แบคทีเรียต่อกระบวนการลดสารละลายอินทรีย์ และการดูดซึมแอมโมเนียในน้ำเสียไปใช้ของแบคทีเรียและการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการเติมสารอาหารลงไปต่อประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการลด COD และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมของการทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ทำการทดลองในถังพลาสติกขนาด 30 ลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 6 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ทำการทดลองในห้องมืดเพื่อหลีกเลี่ยงผลจากแพลงค์ตอนพืชที่ทำให้แอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้น นำน้ำจากถังเลี้ยงลูกกุ้งมากรองและฆ่าเชื้อด้วยแสง UV ควบคุมอุณหภูมิที่ 24-26 องศาเซลเซียส ความเค็ม 20-22 ppt COD 21.4-25.2 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 7.85-8.21 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวม 1.11-1.23 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ไนไตรท์ 0.006 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ไนเตรท 0.2 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัส 0.021 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร และปริมาณ heterotrophic bacteria 85-122 CFU/ml และ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมหลังจากเติมแอมโมเนียมคลอไรด์ลงไป เท่ากับ 4.97-5.23 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร จากนั้นแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดคือชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรียแต่จะมีปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้น 106 CFU/ml คิดเป็นแบคทีเรียที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และกลุ่มที่ใส่แบคทีเรีย ชุดละ 3 ซ้ำ โดยชุดที่ใส่แบคทีเรียจะใส่แบคทีเรีย *B.subtilis* วันละ 1 ก้อน เพื่อทำการทดสอบกระบวนการลดสารละลายอินทรีย์ และการดูดซึมแอมโมเนียในน้ำเสียไปใช้ของแบคทีเรียโดยไม่มีการเติมสารอาหาร เก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ทุกวัน โดยวิเคราะห์ค่า COD ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวม ไนไตรท์ ไนเตรท และเก็บตัวอย่างแบคทีเรียในวันที่ 0 2 และ 5 ของการทดลอง ประสิทธิภาพในการลด COD ในวันที่ 0-2 และประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย

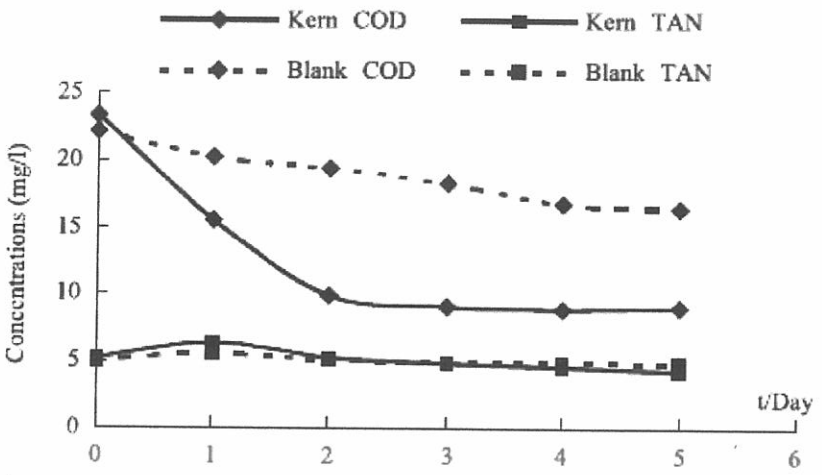
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนรวมในวันที่ 2-5 ของการทดลองพบว่าในกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณของ heterotrophic bacteria เพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และลดลงในวันที่ 5 แต่ในกลุ่มควบคุมมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมี *Nitrobacter* sp.และ *Nitrosomonas* sp. น้อยมากแสดงว่า nitrifying bacteria ไม่ได้มีผลต่อการลดลงของแอมโมเนียในการทดลอง ผลที่ได้จึงเกิดจาก heterotrophic bacteria ในการลด COD และแอมโมเนียในการทดลองนี้ (ภาพที่ 1) และ กลุ่มที่ใส่แบคทีเรียมีค่า COD ลดลงตั้งแต่วันที่ 2 ของการทดลองในขณะที่กลุ่มควบคุมมีการลดลงเล็กน้อยเท่านั้นในระยะเวลา 5 วันของการทดลองโดยหลังจากวันที่ 3 ของการทดลองค่า COD ของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากอาจมีโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์อยู่น้อยในน้ำตัวอย่าง ประสิทธิภาพในการลด COD ของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียกับกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ากลุ่มที่ใส่แบคทีเรียมี ประสิทธิภาพในการลด COD สูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมทั้ง 2 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง แต่ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 2) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่แบคทีเรีย *B.subtilis* มีความสามารถในการคืนสภาพของน้ำมากกว่าแบคทีเรียตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียเฉลี่ยของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรีย (Kern) และกลุ่มควบคุม (Blank)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของ COD และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมของกลุ่มที่ใส่แบคทีเรีย (Kern) และกลุ่มควบคุม (Blank)

ซึ่งจากผลการทดลองในกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียนั้นสามารถสรุปกระบวนการของ *B.subtilis* ได้ 2 ขั้นตอนคือ 1.การลดสารละลายอินทรีย์ในน้ำ และ 2.การลดอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายในน้ำ(DIN) โดยในช่วงแรกแบคทีเรียจะย่อยสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนในการเจริญเติบโต ทำให้มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่วันที่ 2 ของการทดลองซึ่งเกิดจากกระบวนการ catabolism ของแบคทีเรีย และปริมาณแบคทีเรียมีชีวิตที่เพิ่มขึ้น และค่า DON หรือสารละลายอินทรีย์ไนโตรเจนมีเพียงพอสำหรับความต้องการโดย DON เกิดจากสิ่งขับถ่ายหรือเศษอาหารในบ่อกุ้งพบว่าจะไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ โดยเกิดปฏิกิริยาเคมีดังสมการ

$$DOC + DON \xrightarrow{Bacillus} C_5H_7NO_2 + CO_2 + H_2O$$

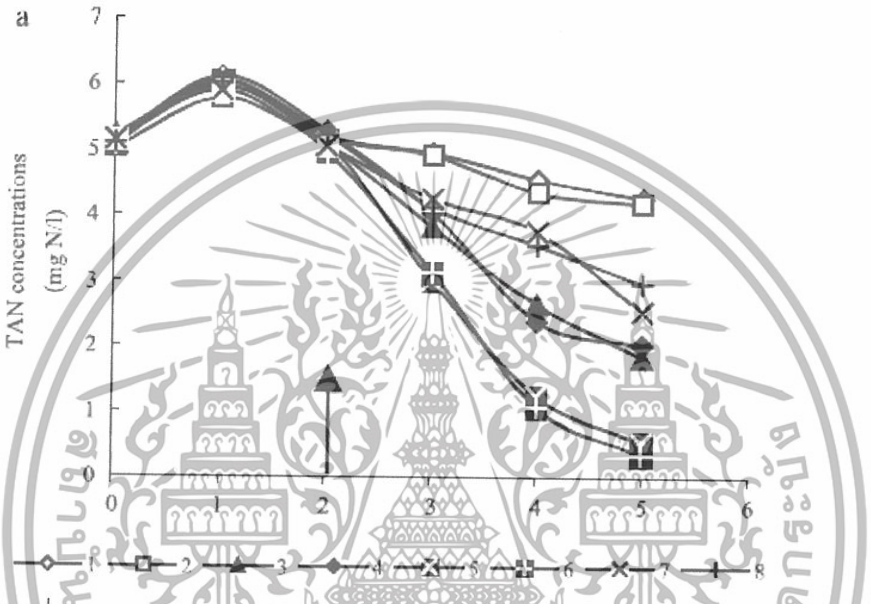
ดังนั้นเมื่อ DON ลดลงแบคทีเรียก็จะใช้แอมโมเนียแทน

ในช่วงที่ 2 คือแอมโมเนียถูกใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนเมื่อสารละลายอินทรีย์ไนโตรเจนมีจำกัดหรือลดลง แต่จากการทดลอง ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมมีน้อยเนื่องจากแบคทีเรียอยู่ในระยะพักหรือเริ่มตาย(stationary or decline phase) เพราะปริมาณสารอาหารที่ถูกจำกัด แต่ถ้าแบคทีเรียนั้นอยู่ในระยะการเจริญเติบโตหรือกำลังเพิ่มปริมาณ สารอาหารก็จะถูกใช้ไปมากในการสร้างแบคทีเรียเพิ่ม ทำให้กระบวนการลดแอมโมเนียมีมากขึ้นเพราะแอมโมเนียถูกใช้ไปในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณแบคทีเรียให้มีสูงขึ้น

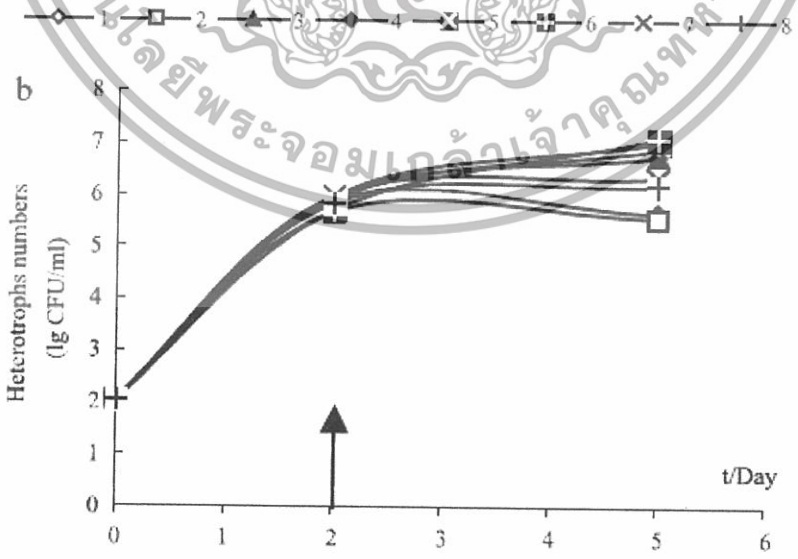
และการทดลองที่ 2 เป็นการเพิ่มสารอาหารลงไปเพื่อกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียโดยใส่สารอาหารเมื่อจำนวนของแบคทีเรียมีมากที่สุดและการใช้สารละลายอินทรีย์มีมากที่สุดคือในวันที่ 2 ของการทดลองโดยใส่สารอาหาร 4 ชนิดคือ กลูโคส โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต วิตามินผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ micro-element solution สูตรของ Zhang et al. (1998) และวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับการทดลองแรกพบว่าความเข้มข้นของ TAN เพิ่มขึ้นในวันแรกและลดลงหลังจาก 4 วันโดยพบว่าการใส่กลูโคสและฟอสเฟตมีผลทำให้มีประสิทธิภาพในการลด TAN สูงที่สุด ขณะที่การเติมวิตามินผสม และ micro-element solution ไม่เกิดผล (ภาพที่ 3) และการลด TAN มีความสัมพันธ์โดยตรงกับกิจกรรมของ *Bacillus* sp.ซึ่งแบคทีเรียมีชีวิตในกลุ่มที่ใส่กลูโคสและฟอสเฟตมีมากขึ้น ทำให้มีการลด TAN ได้มากขึ้นด้วย (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 TAN เฉลี่ยของการแต่ละชุดการทดลองโดยมีการใส่สารอาหารต่างกัน



ภาพที่ 4 จำนวนแบคทีเรียในแต่ละกลุ่มทดลองซึ่งมีการใส่สารอาหารต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการที่สารอาหารเพิ่มจะเพิ่ม bioremediation ได้ สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการนั้นจะเหมือนกับองค์ประกอบในเซลล์ โดยต้องการสารอาหาร 5 ชนิดคือ แหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส inorganic salt และสารกระตุ้นการเจริญเติบโต แต่ในการทดลองไม่ต้องใส่ไนโตรเจนเพราะต้องการให้แบคทีเรียลดไนโตรเจนในน้ำเสีย ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจึงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ DOC และไนโตรเจน จากการทดลองที่ 2 นี้ พบว่ากลุ่มที่ใส่กลูโคสและฟอสเฟตมีผลทำให้มีประสิทธิภาพในการลด TAN สูงที่สุด ขณะที่การเติมวิตามินผสม และ micro-element solution ไม่เกิดผลเนื่องจากคาร์บอนและฟอสฟอรัสขาดแคลนพร้อมๆกับที่ไนโตรเจนลดลงหลังจากการลดลงของสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ ดังนั้นการเติมคาร์บอนและฟอสฟอรัสลงไปจึงทำให้แบคทีเรียทำงานได้มากขึ้น ซึ่งกลไกของ bioremediation เมื่อเติมสารอาหารลงไปเป็นดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + NH_4^+ + PO_4^{3-} \xrightarrow{Bacillus} C_5H_7NO_2 + CO_2 + H_2O$$

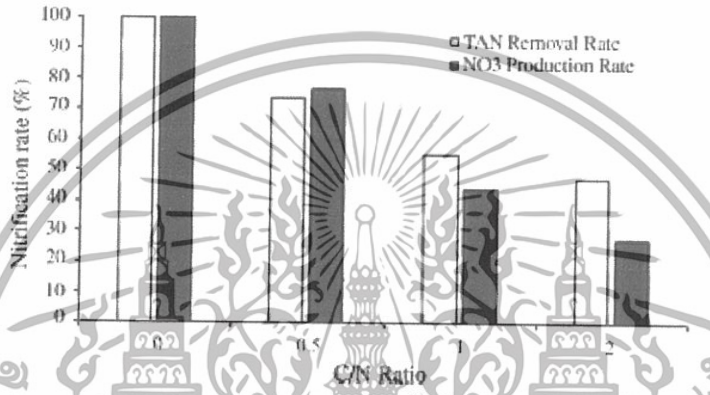
จากการทดลองสรุปได้ว่าการใส่แบคทีเรียและเติมสารอาหารลงไป ทำให้ประสิทธิภาพในการลด COD และลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมในน้ำเสียมีมากขึ้น โดยแบคทีเรียที่ใส่ลงไปนั้นจะทำหน้าที่เป็น bioremediation ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น จึงสามารถใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้

Balcazar et al. (2006) ศึกษาผลของโปรไบโอติกต่อคุณภาพน้ำ พบว่า *Bacillus* sp. สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ เนื่องจากแบคทีเรียแกรมบวกสามารถเปลี่ยนอินทรียวัตถุให้กลับเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ในระหว่างกระบวนการการผลิต แบคทีเรียแกรมบวกในระดับสูงจะสามารถลดสารละลายและอนุภาคของอินทรีย์คาร์บอนได้ ดังเช่นการทดลองใช้ *Bacillus* sp. ในการเลี้ยง *Penaeus monodon* ในระยะ juvenile พบว่า ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น อัตรารอดและการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและเชื้อ vibrios ก็ลดลงด้วย

Michaud et al. (2006) ทำการศึกษาผลของอนุภาคของสารอินทรีย์ต่อ heterotrophic bacteria ในตัวกรองชีวภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยใช้ pilot scale biological filter กับ pre-colonized packing media และอนุภาคของสารอินทรีย์ประกอบด้วย 175 มิลลิกรัมของอินทรีย์คาร์บอนต่อกรัมของวัตถุแห้ง และเติมแอมโมเนีย (แอมโมเนียมคลอไรด์) ลงไปในกรองอย่างต่อเนื่อง ให้ได้ความเข้มข้นของ TAN 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จนเกิด biofilm ก่อนนำมาทดลอง การเติมอนุภาคของสารอินทรีย์ (POM) เติมให้ได้อัตราส่วน C/N 0 ,0.5 , 1 และ 2 ทดลองเป็นเวลา 3 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ในช่วง 2 สัปดาห์สุดท้าย POM เตรียมจากเศษอาหารที่เหลือ สิ่งขับถ่ายและอาหารที่ไม่ได้ให้ นำมาปั่นเหวี่ยง ฆ่าเชื้อ ทำให้แห้ง และทำให้เป็นผงเพื่อนำมาใส่ในกรอง เก็บตัวอย่างแบคทีเรีย โดย HB แบบยึดติดเก็บ packing media มา 4 ชิ้น และทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบ ส่วน แบบ free-living ใช้ขวดที่ฆ่าเชื้อแล้วเก็บตัวอย่าง นับ colony forming units (CFU) โดยการ spread plate บน Marine Agar และทำการวิเคราะห์ และโดยการนับ free-living โดยตรงด้วยการ fix ด้วยฟอร์มาลิน 3.7 % และนับใต้กล้อง ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และอัตราการลด TAN ค่า DOC และ SS พบว่า การเติม POM มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดย การลด TAN ลดลงและการผลิตไนเตรทก็ลดลงในกลุ่มที่มีอัตราส่วน C/N มากขึ้น เนื่องจากการเติม POM ทำให้มีความเข้มข้นของคาร์บอนเพิ่มขึ้น จึงดึง TAN ไปใช้ได้น้อยลง (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์สูงสุดของกระบวนการไนตริฟิเคชัน ที่ระดับอัตราส่วน C/N ต่างๆ กัน

โดยสารอินทรีย์ไปยับยั้งประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชัน ด้วยการยับยั้ง nitrifying bacteria จากสารเคมีบางอย่าง ทำให้เอนไซม์ในกระบวนการไนตริฟิเคชันไม่ทำงาน เมื่อเปรียบเทียบ DINที่เข้าสู่ระบบและ DIN ที่ออกจากระบบพบว่า HB bacteria สามารถใช้แอมโมเนียเมื่อหาแหล่งคาร์บอนได้ โดยใช้แอมโมเนียแทนที่โปรตีนของแหล่งไนโตรเจนได้ หรือ เกิดจากการใช้สารประกอบไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำโดยพวกดีไนตริฟิเคชัน การใส่POM ลงไป อาจทำให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนขึ้นในระบบกรองได้ในสภาวะแบบนี้แบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะทำงาน ทำให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งสามารถลดไนเตรทและไนไตรท์ให้เป็นโมเลกุลของไนโตรเจนในน้ำได้ นอกจากนี้ anaerobic bacteria บางชนิดยังสามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียได้ ทำให้แอมโมเนียลดลงด้วย ในการเพิ่มอัตราส่วน C/N ทำให้แบคทีเรียในตัวกรองเพิ่มขึ้น โดยการเจริญเติบโตของแบคทีเรียใน biofilm และผลผลิตของแบคทีเรียจะมีผลดีเมื่อมีการใส่ที่ยึดเกาะลงไป การเพิ่มอัตราส่วน C/N ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชันลดลง เนื่องจากการเจริญเติบโตของ HB ที่ชั้นบนของ biofilm ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ลงไปถึงข้างล่างลดลง และการแพร่ของแอมโมเนียลงสู่ชั้นลึกๆ น้อยลง ทำให้ nitrifying bacteria โตได้ช้าลง ประสิทธิภาพในการลด TAN จึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ถังพลาสติกขนาด 7.3×10.1×8.6 นิ้ว จำนวน 12 ใบ
2. ตัวกรอง 12 อัน
3. แบคทีเรียโปรไบโอติก กลุ่มบาซิลลัส
4. สารละลายแอมโมเนียมไนเตรท
5. DO meter
6. pH meter
7. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ความเป็นด่าง , COD , ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) , แอมโมเนีย , ไนไตรท์ , ไนเตรท และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ

วิธีการ

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียต่อสารประกอบไนโตรเจน (NH_4NO_3) ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

โดยทำการเปรียบเทียบ 2 ชุดการทดลอง ระหว่างชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่ใส่แบคทีเรีย ชุดละ 3 ซ้ำ และมีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

การทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียต่อสารประกอบไนโตรเจน (NH_4NO_3) ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

โดยทำการเปรียบเทียบ 2 ชุดการทดลอง ระหว่างชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่ใส่แบคทีเรีย ชุดละ 3 ซ้ำ และไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียต่อสารประกอบไนโตรเจน (NH_4NO_3) ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

1. เตรียมน้ำใส่ถังพลาสติกขนาด 7.3×10.1×8.6 นิ้ว ให้ได้ปริมาตร 8 ลิตร และใส่ตัวกรองลงไปในถังพลาสติก ทั้งหมด 12 ถัง

2. เตรียม stock solution ของแอมโมเนียมไนเตรทที่ความเข้มข้นไนเตรท 80,000 ppm โดยชั่งแอมโมเนียมไนเตรท 103.2 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml. เก็บในขวดสีชา จากนั้นใส่สารละลายแอมโมเนียมไนเตรทที่เตรียมไว้ลงไปในถังพลาสติกที่เตรียมไว้ถังละ 10 มิลลิลิตร/น้ำ 8 ลิตร โดยชุดการทดลองที่ 1 มีการเติมออกซิเจน ไม่ใส่แบคทีเรีย ชุดการทดลองที่ 2 มีการเติมออกซิเจน ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรีย 4.5 กรัม/น้ำ 8 ลิตร โดยทำการใส่แบคทีเรียบาซิลลัสและสารละลายแอมโมเนียมไนเตรท เพียงครั้งเดียวตลอดการทดลอง สำหรับแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลองเป็นแบคทีเรีย Prawnbact® ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท Novozymes Biological, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยแบคทีเรียบาซิลลัสจำนวน 5 สายพันธุ์ได้แก่ *Bacillus amyloliquifaciens, Bacillus subtilis, Bacillus megaterium, Bacillus licheniformis*, และ *Bacillus pumilus* โดยมีปริมาณแบคทีเรียไม่น้อยกว่า 1000 ล้านเซลล์ต่อกรัม ทำการใส่แบคทีเรียที่บริเวณกรองเพื่อให้แบคทีเรียมีที่ยึดเกาะในการดำรงชีวิต

3. วิเคราะห์คุณภาพน้ำเริ่มต้นของการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์หลังจากการใส่สารละลายแอมโมเนียมไนเตรท ก่อนการใส่แบคทีเรีย และทุกๆ 6 วัน ตลอดการทดลอง คือในวันที่ 6, 12, 18, และวันที่ 24 โดยวิเคราะห์ค่า COD ด้วยวิธีการ Dichromate Refluxing Method , ค่าความเป็นด่างด้วยการไตเตรตด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 N , ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) , แอมโมเนีย , ไนไตรท์ , ไนเตรท และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (SRP) ตามวิธีการของ standard method วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิด้วยเครื่อง pH meter และค่า Dissolved oxygen (DO) ด้วย DO meter บันทึกข้อมูล

การทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียต่อสารประกอบไนโตรเจน (NH_4NO_3) ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

1. เตรียมการทดลองและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่จะไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง โดยแบ่งออกเป็นชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมออกซิเจน ไม่ใส่แบคทีเรีย ชุดการทดลองที่ 2 ไม่เติมออกซิเจน ใส่แบคทีเรีย 4.5 กรัม/น้ำ 8 ลิตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้มาทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม SPSS 10.0 for window

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทดลอง

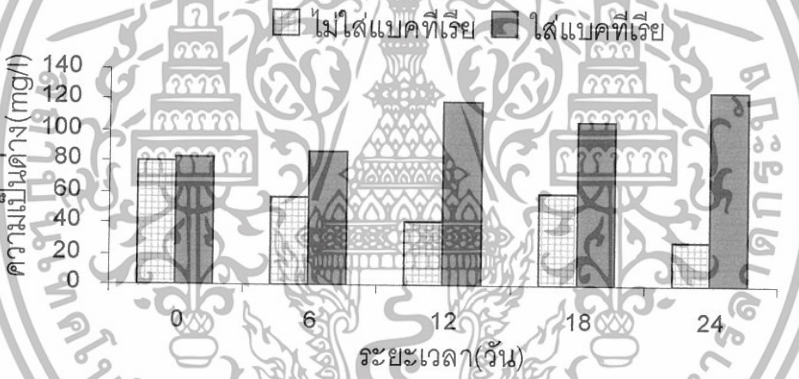
เดือนกุมภาพันธ์ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองเปรียบเทียบการลดสารประกอบไนโตรเจนโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus* sp. ในสภาวะที่มีการเติมออกซิเจน ตารางที่ 1 พบว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย มีความเป็นด่าง, COD, ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ, ไนเตรท และปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วน แอมโมเนียและไนไตรท์นั้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

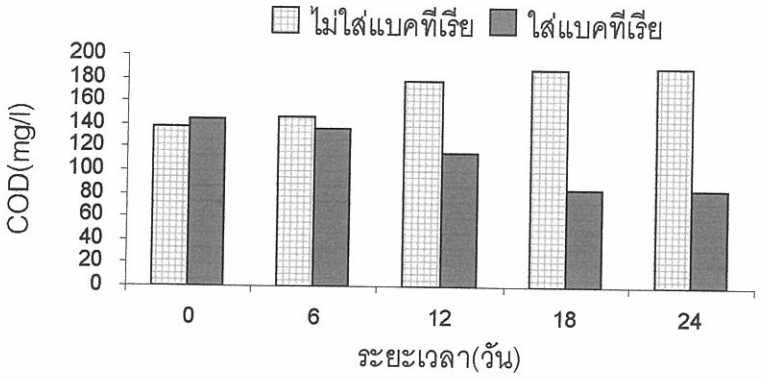
โดยความเป็นด่างของชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง จาก 80.67±1.33 mg/l เป็น 29.00±11.02 mg/l ชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย มีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1) ชุดที่มีการใส่แบคทีเรียมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 24 ส่วนชุดควบคุมก็จะลดลงต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรียมีความเป็นด่างลดลง 64.05 %



ภาพที่ 1 ความเป็นด่างตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

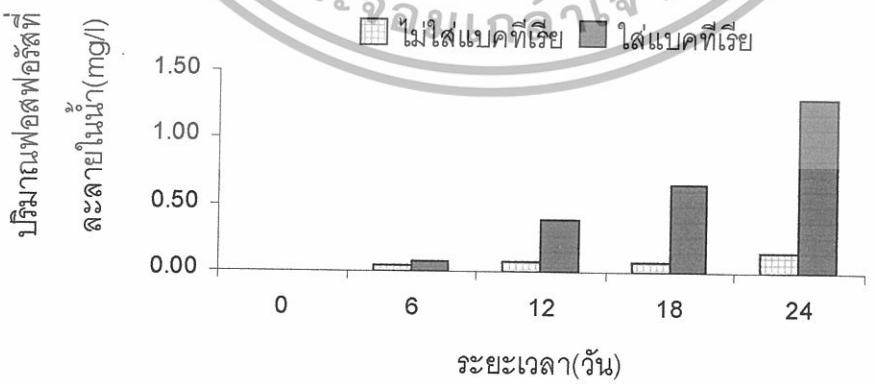
COD ของชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 2) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย มีแนวโน้มที่ลดลงตลอดการทดลอง โดยลดลงต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในวันที่ 18 และ 24 ของการทดลอง ซึ่งชุดที่ใส่แบคทีเรียสามารถลด COD ลงได้ 45.62 % สอดคล้องกับการทดลองของ Liu and Han (2004) ซึ่งทดลองใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เป็นตัวฟื้นคืนทางชีวภาพ (bioremediation) ในการปรับปรุงน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยทดลองเปรียบเทียบกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียและไม่ใส่แบคทีเรีย พบว่ากลุ่มที่ใส่แบคทีเรียสามารถลด COD ลงได้มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงทำให้มีสารอินทรีย์อยู่ในน้ำน้อยลง COD จึงลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 COD ตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

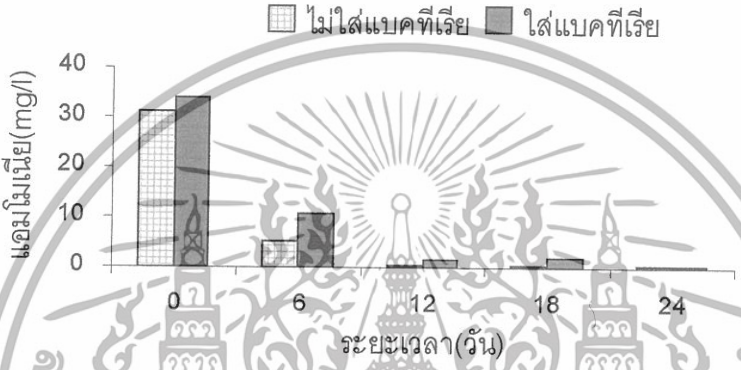
ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองจาก0.00±0.00 mg/l เป็น 0.16±0.07 mg/l ในชุดควบคุมและ 0.00±0.00 mg/l เป็น 1.31±0.02 mg/l (ภาพที่ 3) โดยตั้งแต่วันที่ 12 ของการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง ชุดที่มีการใส่แบคทีเรียมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำสูงกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากการที่เซลล์แบคทีเรียส่วนหนึ่งตายแล้วเกิด cell lysis ขึ้นทำให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาจากเซลล์ ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำจึงเพิ่มสูงขึ้น เพราะแบคทีเรียจะตายถ้าไม่มีอาหารโดยพบว่าในทั้ง 2 ชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเพิ่มสูงขึ้น แต่ในชุดที่ใส่แบคทีเรียเพิ่มสูงมากกว่าอาจเนื่องจากมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่า ซึ่งกลไกในการดึงฟอสฟอรัสมาใช้ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอาจเป็นกลไกบางอย่างของแบคทีเรียชนิดนี้ที่สามารถหาแหล่งฟอสฟอรัสมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ เมื่อตายแล้วจึงเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา



ภาพที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

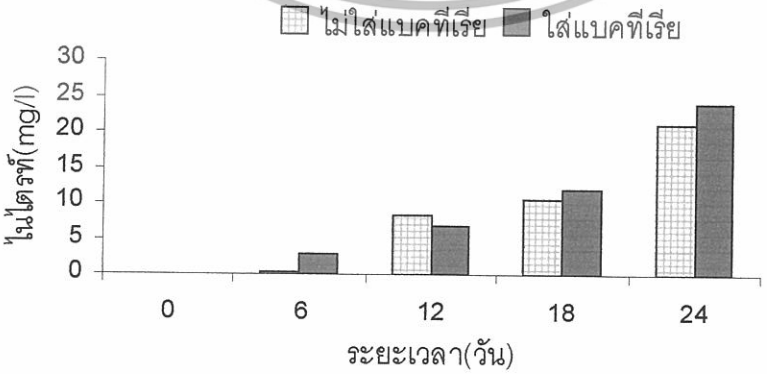
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมโมเนีย พบว่าในทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียนั้น ทั้ง 2 กลุ่มมีแนวโน้มของแอมโมเนียลดลงตลอดการทดลอง แต่ไม่ให้ผลที่ต่างกันทางสถิติ โดยเริ่มลดลงตั้งแต่ในวันที่ 6 ของการทดลอง (ภาพที่ 4) ซึ่งในวันที่ 6 ในชุดควบคุมมีแอมโมเนียน้อยกว่าชุดที่ใส่แบคทีเรีย ($p<0.05$) ทั้ง 2 ชุดการทดลองทำให้แอมโมเนียลดลงได้ 98.62 และ 98.39% ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของวารุณี และคณะ ซึ่งทดลองใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ระยะโพสลาร์วา 15 ด้วยการเติมแบคทีเรียลงไปในบ่อเลี้ยง พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียลดลงเช่นกัน



ภาพที่ 4 แอมโมเนียตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

ไนไตรท์ทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียนั้นทั้ง 2 กลุ่มมีแนวโน้มของไนไตรท์เพิ่มขึ้นตลอดการทดลองโดยในวันที่ 6 ของการทดลองไนไตรท์ของชุดที่ใส่แบคทีเรียสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 5) และเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 24 ในทั้ง 2 ชุดการทดลอง ($p>0.05$)

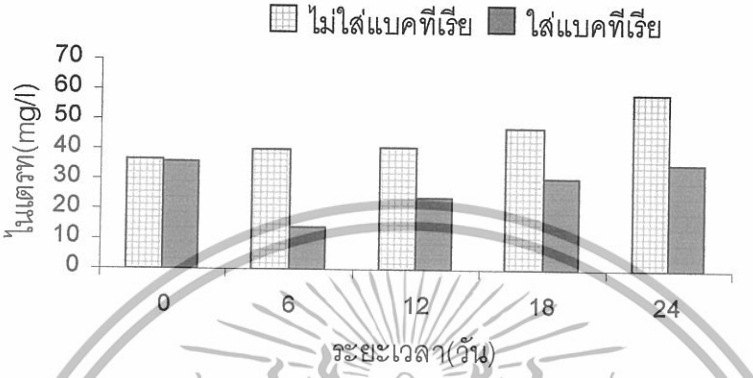


ภาพที่ 5 ไนไตรท์ตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไนเตรทพบว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) มีแนวโน้มของไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ส่วนในชุดที่ใส่แบคทีเรียมีไนเตรทลดลง โดยต่ำกว่าในชุดควบคุม ($p<0.05$) ตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลอง (ภาพที่ 6) โดยกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียสามารถลดไนเตรทลงได้ 0.0002 % จาก 36.13±2.60 mg N/l เป็น 35.30±3.20 mg N/l



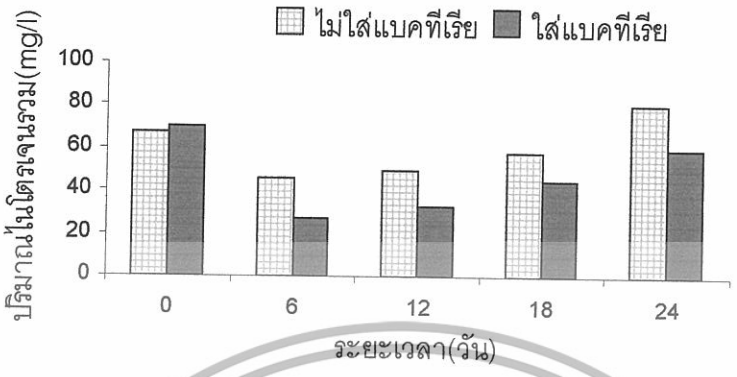
ภาพที่ 6 ไนเตรทตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

จากแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทนั้นแสดงให้เห็นว่าเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยแอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และไนไตรท์เปลี่ยนเป็นไนเตรท ซึ่งในชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรียนั้นมีการเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่า โดยทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรทได้เร็วและมากกว่าในชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย โดยเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมากขึ้น โดยไนเตรทของในชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรียมีค่าต่ำกว่าชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรียเนื่องจากแบคทีเรียมีการดึงไปใช้ได้มากกว่า โดยแบคทีเรียจะดึงไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย

ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมพบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียนั้น ทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณไนโตรเจนรวมลดลงต่ำสุด ในวันที่ 6 ของการทดลองจากนั้นก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทั้ง 2 ชุดการทดลอง ชุดที่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณไนโตรเจนรวมลดลงจาก 70.21±1.11 mg N/l เป็น 59.87±6.81 mg N/l โดยมีค่าน้อยกว่าชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ภาพที่ 7) ชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียสามารถลดปริมาณไนโตรเจนรวมลงได้ 15.12 % สอดคล้องกับการทดลองของ Liu and Han (2004) ซึ่งทดลองการใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เป็นตัวฟื้นคืนทางชีวภาพ (bioremediation) ในการปรับปรุงน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ พบว่าชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยกว่าชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย เนื่องจากในช่วงแรกแบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
89445

แบคทีเรียจะดึงสารประกอบไนโตรเจนไปใช้ เป็นแหล่งไนโตรเจนในการเจริญเติบโต ทำให้ชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรียมีปริมาณไนโตรเจนรวมลดลงมากกว่าในชุดควบคุม



ภาพที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN) ตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

สำหรับความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในทั้งสองชุดการทดลอง ทั้งชุดควบคุมและชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำตลอดการทดลองในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

ปัจจัย	ชุดการทดลอง	ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)					
		0	6	12	18	24	% Reduction
ความเป็นด่าง	ไม่ใส่แบคทีเรีย	80.67±1.33[a]	57.67±0.88[a]	41.33±5.93[a]	59.00±5.51[a]	29.00±11.02[a]	64.05
	ใส่แบคทีเรีย	82.33±1.45[a]	87.33±0.67[b]	119.33±5.61[b]	106.67±9.39[b]	126.33±18.77[b]	–
COD	ไม่ใส่แบคทีเรีย	137.23±7.06[a]	147.15±15.89[a]	176.80±72.83[a]	188.45±61.14[a]	190.31±22.28[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	144.45±6.75[a]	136.08±27.53[b]	116.02±15.89[a]	84.16±24.29[b]	84.00±24.36[b]	45.62
ปริมาณฟอสฟอรัส	ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00±0.00[a]	0.04±0.03[a]	0.07±0.03[a]	0.08±0.04[a]	0.16±0.07[a]	–
ที่ละลายในน้ำ	ใส่แบคทีเรีย	0.00±0.00[a]	0.07±0.03[a]	0.38±0.03[b]	0.66±0.01[b]	1.31±0.02[b]	–
ความเป็นกรด-ด่าง	ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.13±0.03[a]	7.25±0.11[a]	7.34±0.04[a]	7.25±0.05[a]	7.44±0.17[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	7.11±0.01[a]	8.08±0.03[b]	8.32±0.06[b]	8.40±0.06[b]	8.59±0.03[b]	–
ปริมาณออกซิเจนที่	ไม่ใส่แบคทีเรีย	6.89±0.11[a]	6.39±0.11[a]	6.42±0.19[a]	6.41±0.13[a]	6.17±0.04[a]	–
ละลายในน้ำ	ใส่แบคทีเรีย	6.83±0.17[a]	6.32±0.02[a]	6.18±0.09[a]	6.17±0.07[a]	6.15±0.05[a]	–
อุณหภูมิ	ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.4±0.17[a]	27.67±0.12[a]	28.70±0.01[a]	29.70±0.01[a]	31.17±0.15[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	23.17±0.06[a]	27.73±0.06[a]	28.80±0.00[a]	29.67±0.06[a]	31.17±0.06[a]	–
แอมโมเนีย	ไม่ใส่แบคทีเรีย	31.16±2.99[a]	5.39±0.66[a]	0.55±0.47[a]	0.35±0.35[a]	0.43±0.23[a]	98.62
	ใส่แบคทีเรีย	34.06±1.65[a]	10.74±1.16[b]	1.71±1.62[a]	2.00±1.51[a]	0.55±0.55[a]	98.39

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำตลอดการทดลองในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน(ต่อ)

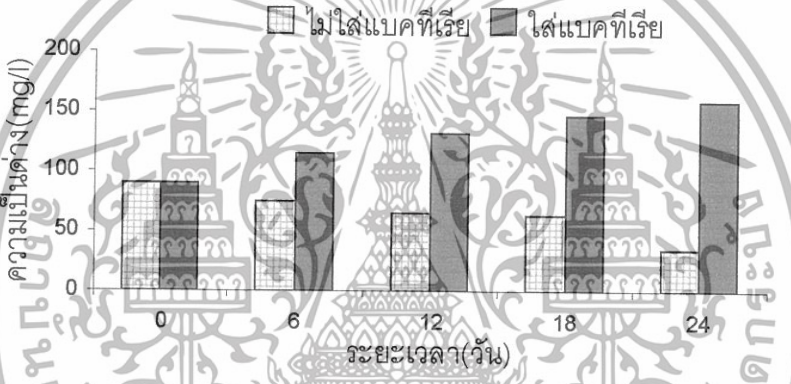
ปัจจัย	ชุดการทดลอง	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)					
		0	6	12	18	24	% reduction
ไนไตรท์	ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.03±0.00[a]	0.25±0.09[a]	8.33±1.77[a]	10.55±1.45[a]	21.08±2.91[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	0.02±0.00[a]	2.96±0.34[b]	6.75±0.54[a]	12.02±0.27[a]	24.02±0.54[a]	–
ไนเตรท	ไม่ใส่แบคทีเรีย	36.44±2.62[a]	39.88±3.14[a]	40.35±2.03[a]	47.44±1.20[a]	58.74±1.20[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	36.13±2.60[a]	13.74±0.85[b]	23.85±0.32[b]	30.59±3.20[b]	35.30±3.20[b]	0.0002
ปริมาณไนโตรเจน	ไม่ใส่แบคทีเรีย	67.63±0.37[a]	45.52±2.54[a]	49.23±2.81[a]	58.34±1.31[a]	80.25±2.25[a]	–
รวม (TN)	ใส่แบคทีเรีย	70.21±1.11[a]	27.44±0.98[b]	32.31±1.20[b]	44.61±2.38[b]	59.87±6.81[b]	15.12

เครื่องหมาย – หมายถึงไม่สามารถลดได้ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าที่ได้ด้วย t- test ข้อมูลที่แสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย(±SE.)

อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การทดลองเปรียบเทียบการลดสารประกอบไนโตรเจนโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus* sp. ในสภาวะที่ไม่มีการเติมออกซิเจน พบว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย (ตารางที่ 2) มีความเป็นด่าง , COD , ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ , ไนไตรท์ , ไนไตรท และปริมาณไนโตรเจนรวมแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นแอมโมเนียไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

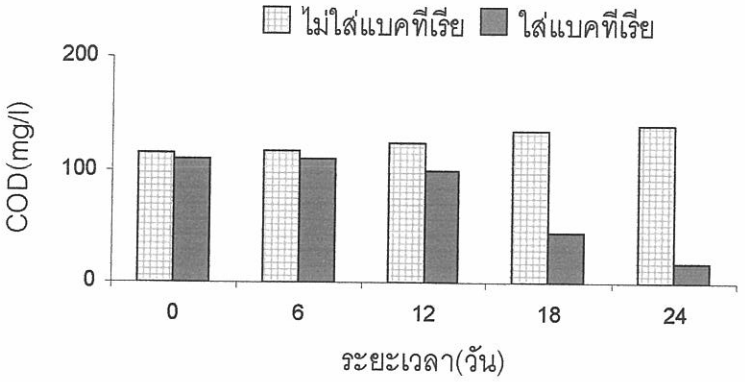
โดยความเป็นด่างของการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) มีค่าลดลงเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลองจาก 90.33±0.88 mg/l เป็น 35.00±2.52 mg/l โดยชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรียมีความเป็นด่างลดลง 61.25 % ส่วนชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย มีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (ภาพที่ 8) โดยในชุดที่มีการใส่แบคทีเรียนั้น มีความเป็นด่างสูงกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 8 ความเป็นด่างตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

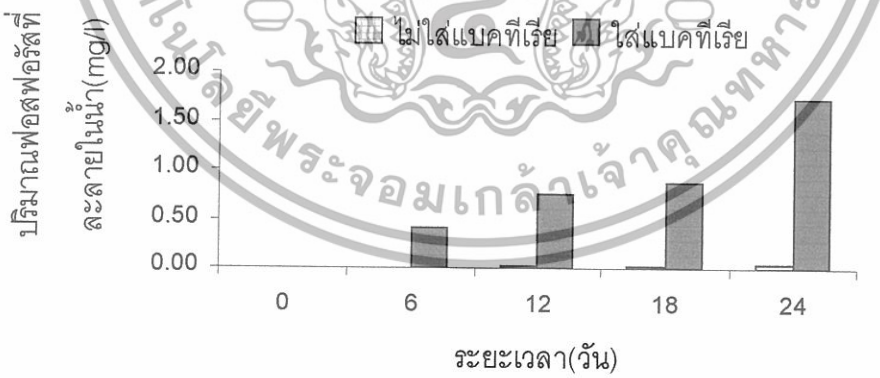
COD เป็นไปในแนวโน้มเดียวกับในสภาวะที่มีการเติมออกซิเจน โดยในชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) มี COD เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย มี COD ลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 9) โดยในกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียมี COD ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 18 และ 24 ของการทดลอง แสดงว่าชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียสามารถลด COD ได้ 84.59 % ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนคือกลุ่มที่ใส่แบคทีเรียสามารถทำให้ค่า COD ลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 COD ตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองเช่นเดียวกับสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน (ภาพที่ 10) แต่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเร็วกว่าสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน โดยเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำสูงกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การที่มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเร็วกว่าในสภาวะที่ให้ออกซิเจนอาจเนื่องมาจากแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นพวกแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมจึงเกิดการตายขึ้นมากกว่า ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นสูงตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลอง

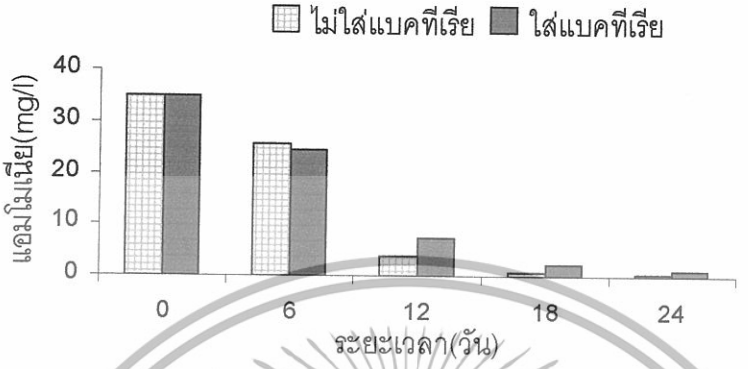


ภาพที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

ส่วนแอมโมเนียนั้นทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย ในทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มของแอมโมเนียลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 11) โดยเริ่มลดลงอย่างมากในวันที่ 12 ของการทดลองซึ่งช้ากว่าในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

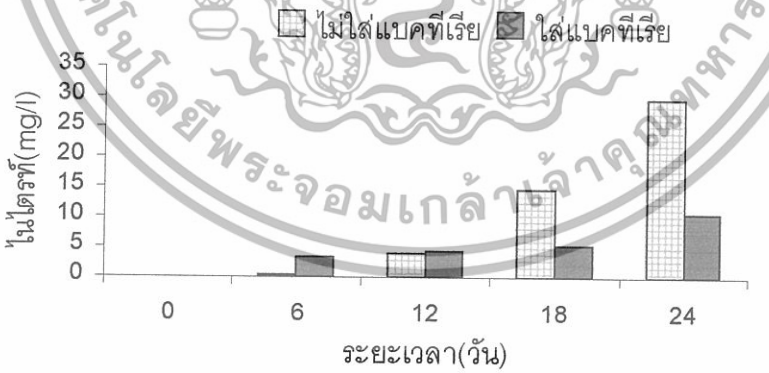
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งลดลงตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลอง และในวันที่ 18 ของการทดลองในชุดควบคุมมีแอมโมเนียน้อยกว่าชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย ($p<0.05$) แสดงว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีแอมโมเนียลดลง 98.48 และ 96.23 % ตามลำดับ แต่ในทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 11 แอมโมเนียตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

ไนไตรท์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย ในทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง โดยชุดที่ใส่แบคทีเรีย มีไนไตรท์น้อยกว่าชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 18 ของการทดลอง ($p<0.05$) แสดงว่าชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียสามารถลดไนไตรท์ได้ (ภาพที่ 12)

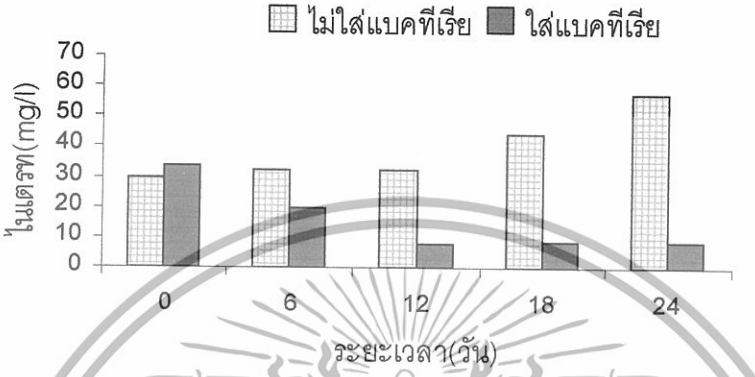


ภาพที่ 12 ไนไตรท์ตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

และไนเตรทพบว่าในชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) มีแนวโน้มของไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง แต่ในชุดที่มีการใส่แบคทีเรียมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลองเช่นเดียวกับในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน (ภาพที่ 13) โดยมีค่าน้อยกว่าในชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียสามารถลดไนเตรทลงได้ 74.31 % ซึ่งในสภาวะที่ไม่ให้ออกซิเจนนี้ ชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียทำให้ไนเตรทลดลงมาก โดยมีไนเตรทต่ำกว่าในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน เนื่องจากในสภาวะนี้แบคทีเรียจะดึงออกซิเจนจากไนเตรทไปใช้ทำให้มีการปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจนออกสู่นอกระบบ ทำให้มีไนเตรทในระบบน้อยกว่า



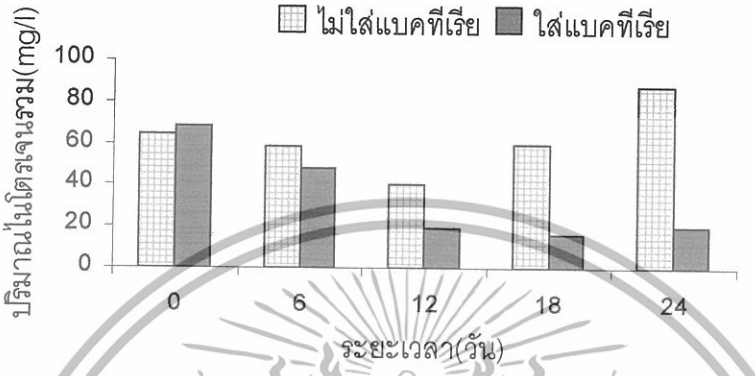
ภาพที่ 13 ไนเตรทตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

จากผลของแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนพบว่าสอดคล้องกับผลการทดลองในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนคือ ในชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรียนั้นมีการเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่า โดยทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรทได้เร็วและมากกว่าในชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย โดยเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมากขึ้น แต่ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่า โดยแอมโมเนียลดลงตั้งแต่วันที่ 6 แต่ในสภาวะที่ไม่ให้ออกซิเจนจะเริ่มลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 12 ของการทดลอง แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ช้ากว่า และในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนนี้ ไนเตรทของชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรียมีค่าต่ำกว่าชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียจะใช้ไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนและออกซิเจนในการเจริญเติบโต โดยแบคทีเรียจะดึงเอาไนเตรทไปใช้มากขึ้น ทำให้ไนเตรทลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลองโดยมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งจะต่างกับสภาวะที่มีออกซิเจนคือในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนหลังจากวันที่ 6 จะมีการเปลี่ยนเป็นไนเตรทเพิ่มมากขึ้นแต่ก็ยังน้อยกว่าชุดที่ไม่ใส่แบคทีเรีย โดยในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน แบคทีเรียจะเปลี่ยนรูปแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท และดึงมาใช้มากกว่าสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน จึงทำให้มีปริมาณไนเตรทที่ต่ำกว่าในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

และสำหรับปริมาณไนโตรเจนรวมของการทดลอง พบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ชุดควบคุม) และชุดที่มีการใส่แบคทีเรียมีแนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนรวมลดลงในช่วง 12 วันของการทดลอง จากนั้นในชุดควบคุมจะมีปริมาณไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้น แต่ในชุดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่แบคทีเรียจะลดลงไปจนถึงวันที่ 18 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันสุดท้าย (ภาพที่ 14) โดยในชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรีย จะมีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตั้งแต่วันที่ 12 ของการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง แสดงว่าชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียสามารถลดปริมาณไนโตรเจนรวมได้ 69.81 %



ภาพที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) ตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

สำหรับความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในทั้งสองชุดการทดลองทั้งชุดควบคุมและชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดการทดลอง

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนทั้งสองชุดการทดลองทั้งชุดควบคุมและชุดที่มีการใส่แบคทีเรีย มีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลองโดยลดลงตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลอง และในชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จาก 6.96±0.06 mgO_2/l เป็น 4.15±0.14 mgO_2/l ในชุดควบคุม และ 6.85±0.16 mgO_2/l เป็น 2.02±0.13 mgO_2/l ในชุดที่ใส่แบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

ปัจจัย	ชุดการทดลอง	ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)					
		0	6	12	18	24	% Reduction
ความเป็นด่าง	ไม่ใส่แบคทีเรีย	90.33±0.88[a]	75.67±0.33[a]	65.33±0.88[a]	62.67±11.61[a]	35.00±2.52[a]	61.25
	ใส่แบคทีเรีย	89.67±1.45[a]	114.33±1.45[b]	131.33±4.67[b]	146.33±8.41[b]	158.67±7.86[b]	–
COD	ไม่ใส่แบคทีเรีย	114.32±2.05[a]	116.08±27.16[a]	123.52±26.24[a]	135.07±58.03[a]	139.01±16.05[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	110.58±5.92[a]	109.76±31.36[a]	98.37±30.29[a]	43.52±0.06[b]	17.04±0.10[b]	84.59
ปริมาณฟอสฟอรัส	ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.03±0.01[a]	0.03±0.01[a]	0.05±0.02[a]	–
ที่ละลายในน้ำ	ใส่แบคทีเรีย	0.00±0.00[a]	0.40±0.01[b]	0.76±0.02[b]	0.87±0.05[b]	1.73±0.10[b]	–
ความเป็นกรด-ด่าง	ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.14±0.02[a]	7.36±0.10[a]	7.44±0.06[a]	7.51±0.10[a]	7.44±0.02[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	7.12±0.02[a]	8.15±0.04[b]	8.28±0.05[b]	8.52±0.06[b]	8.62±0.02[b]	–
ปริมาณออกซิเจนที่	ไม่ใส่แบคทีเรีย	6.96±0.06[a]	5.15±0.05[a]	4.90±0.16[a]	4.68±0.32[a]	4.15±0.14[a]	–
ละลายในน้ำ	ใส่แบคทีเรีย	6.85±0.16[a]	4.95±0.07[b]	3.50±0.14[b]	2.57±0.34[b]	2.02±0.13[b]	–
อุณหภูมิ	ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.43±0.12[a]	27.70±0.01[a]	28.67±0.06[a]	29.77±0.21[a]	31.17±0.21[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	23.37±0.15[a]	27.77±0.06[a]	28.77±0.06[a]	29.77±0.21[a]	31.23±0.50[a]	–
แอมโมเนีย	ไม่ใส่แบคทีเรีย	34.85±0.01[a]	25.66±0.52[a]	3.79±1.30[a]	0.64±0.32[a]	0.53±0.53[a]	98.48
	ใส่แบคทีเรีย	34.97±0.16[a]	24.65±1.67[a]	7.42±1.95[a]	2.43±0.50[b]	1.32±0.10[a]	96.23

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน(ต่อ)

ปัจจัย	ชุดการทดลอง	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน) 0	6	12	18	24	% reduction
ไนไตรท์	ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.02±0.00[a]	0.27±0.03[a]	4.11±0.25[a]	14.80±0.68[a]	29.58±1.37[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	0.02±0.00[a]	3.45±0.28[b]	4.34±0.59[a]	5.38±0.15[b]	10.75±0.30[b]	–
ไนเตรท	ไม่ใส่แบคทีเรีย	29.79±2.93[a]	32.63±1.56[a]	32.36±0.81[a]	44.52±1.86[a]	57.78±3.72[a]	–
	ใส่แบคทีเรีย	38.40±0.77[a]	19.77±1.92[b]	7.80±1.22[b]	8.77±0.47[b]	8.58±1.46[b]	74.31
ปริมาณไนโตรเจน	ไม่ใส่แบคทีเรีย	64.66±2.93[a]	58.56±2.05[a]	40.27±1.32[a]	59.95±2.39[a]	87.89±4.36[a]	–
รวม (TN)	ใส่แบคทีเรีย	68.39±0.82[a]	47.87±2.35[b]	19.56±2.97[b]	16.58±0.52[b]	20.65±1.34[b]	69.81

เครื่องหมาย – หมายถึงไม่สามารถลดได้ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าที่ได้ด้วย t-test ข้อมูลที่แสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย(±SE.)

อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการทดลองเปรียบเทียบการลดสารประกอบไนโตรเจนโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus* sp. ในสภาวะที่มีการเติมออกซิเจน (ตารางที่ 3) พบว่าความเป็นด่าง , COD , ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ , ไนเตรท , และปริมาณไนโตรเจนรวมของชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (กลุ่มควบคุม) และชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนเมื่อเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองแล้ว มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แต่แอมโมเนียและไนไตรท์ไม่แตกต่างกัน

โดยพบว่า COD, ไนเตรท และปริมาณไนโตรเจนรวมของชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรีย เมื่อเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองแล้วมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แสดงว่าแบคทีเรียสามารถลดสารประกอบไนโตรเจนได้ ส่วนความเป็นด่างและปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำของชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียเมื่อเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองแล้วพบว่า มีค่ามากกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) สำหรับแอมโมเนียและไนไตรท์นั้น ชุดที่ใส่แบคทีเรียมีแนวโน้มจะสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่ให้ผลที่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

และจากตารางที่ 4 การทดลองเปรียบเทียบการลดสารประกอบไนโตรเจนโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus* sp. ในสภาวะที่ไม่มีการเติมออกซิเจน พบว่าความเป็นด่าง , COD , ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ , ไนไตรท์ , ไนเตรท และปริมาณไนโตรเจนรวมของชุดการทดลองที่ไม่ใส่แบคทีเรีย (ควบคุม) และชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน เมื่อเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองแล้วพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แต่แอมโมเนียไม่แตกต่างกัน

โดยความเป็นด่าง , ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ของชุดการทดลองที่มีการใส่แบคทีเรียเมื่อเฉลี่ยโดยรวมแล้วมีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) COD , ไนไตรท์ , ไนเตรทและปริมาณไนโตรเจนรวมของชุดที่มีการใส่แบคทีเรียน้อยกว่าในชุดควบคุม ($p<0.05$) และแอมโมเนียในชุดที่มีการใส่แบคทีเรียมีค่ามากกว่าในชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลอง ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจน

ปัจจัย	ความเป็นด่าง	COD	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN)
ไม่ใส่แบคทีเรีย	53.53±3.85[a]	167.99±5.58[a]	0.07±0.04[a]	7.58±0.68[a]	8.05±1.22[a]	44.57±0.74[a]	60.19±1.19[a]
ใส่แบคทีเรีย	104.39±11.34[b]	112.94±18.57[b]	0.49±0.01[b]	9.81±0.93[a]	9.15±0.26[a]	27.92±2.22[b]	46.95±1.52[b]

ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย t- test ข้อมูลที่แสดงคือค่าเฉลี่ย (±SE.)

อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลอง ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

ปัจจัย	ความเป็นด่าง	COD	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN)
ไม่ใส่แบคทีเรีย	65.80±3.03[a]	125.60±30.79[a]	0.02±0.00[a]	13.09±0.42[a]	9.76±0.43[a]	39.42±0.24[a]	62.27±1.00[a]
ใส่แบคทีเรีย	128.07±1.51[b]	75.85±2.47[a]	0.75±0.03[b]	14.16±0.25[a]	4.79±0.25[b]	15.66±0.82[b]	34.61±0.42[b]

ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย t- test ข้อมูลที่แสดงคือค่าเฉลี่ย (±SE.)

อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุป

แบคทีเรียโปรไบโอติกในกลุ่มบาซิลลัส สามารถลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำได้ โดยทำให้ COD ไนเตรท แอมโมเนีย และปริมาณไนโตรเจนรวมลดลง และแอมโมเนียเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้เร็วขึ้น โดยเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมากขึ้น ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถทำงานได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนโดยให้ผลการทดลองในแนวโน้มเดียวกัน แต่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะเกิดการทำงานได้ช้ากว่าสภาวะที่มีออกซิเจน และทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่อนข้างต่ำ ดังนั้นหากนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรเลือกทำในสภาวะที่มีการเติมออกซิเจนมากกว่า และควรคำนึงถึงปริมาณแบคทีเรียที่ไม่ทำให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนในน้ำ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการนับเซลล์แบคทีเรียทุก 2 วันตลอดการทดลอง เพื่อดูปริมาณที่แน่นอนของแบคทีเรีย และควรแยกชนิดของแบคทีเรียด้วยเพื่อจะได้ทราบหน้าที่ที่แน่นอนของแต่ละชนิด และควรมีการเติมอาหารให้แบคทีเรียหากทดลองเป็นระยะเวลานาน เพื่อให้แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยทำการใส่อาหารเวลาที่มีปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด และมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นสูงที่สุด สำหรับน้ำที่นำมาทดลองควรมีการฆ่าเชื้อโรคก่อนเพื่อกันการปนเปื้อน และชะลอการเกิดแพลงค์ตอนต่างๆ ให้เกิดได้ช้าขึ้น และควรควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น แสง ความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วารุณี แซ่เอี๊ยะ, ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชกูล. 2549. ผลของการใช้จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อคุณภาพน้ำและผลผลิตกุ้งกุลาดำในน้ำความเค็มต่ำ. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 ประจำปี 2549. น. 196-204.

Balcazar, J.L., I.D. Blas, I.R. Zarzuela, D. Cunningham, D. Vendrell and J.L. Muzquiz. 2006. The role of probiotic in aquaculture. Veterinary Microbiology. 114 : 173-186.

Fontenot, Q., C. Bonvillain, M. Kilgen and R. Boopathy. 2006. Effects of temperature, salinity, and carbon : nitrogen ratio on sequencing batch reactor treating shrimp aquaculture wastewater. Bioresource Technology.

Gatesoupe, F.J. 1999. The use of probiotic in aquaculture. Aquaculture. 180 : 147-165.

Gomez-gil, B., A. Roque and J.F. Turnbull. 2000. The use and selection of probiotic for use in the culture of larval aquatic organisms. Aquaculture. 191 : 259-270.

Liu, F. and W. Han. 2004. Reuse strategy of wastewater in prawn nursery by microbial remediation. Aquaculture. 230 : 281-296.

McIntosh, D., T.M. Samocha, E.R. Jones, A.L. Lawrence, D.A. McKee, S. Horowitz and A. Horowitz. 2000. The effect of commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. Aquacultural Engineering. 21 : 215-227.

Michaud, L., J.P. Blancheton, V. Bruni and R. Piedrahita. 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacteria populations and nitrification efficiency in biological filters. Aquacultural Engineering. 34 : 224-233.

Thoman, E.S., E.D. Ingall, D.A. Davis and C.R. Arnold. 2001. A nitrogen budget for a closed, recirculating mariculture system. Aquacultural Engineering. 24 : 195-211.

Yanbo, W. and X. Zirong. 2006. Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. Animal Feed Science and Technology. 127 : 283-292.

Ziaei-Nejad, S., M.H. Rezaei, G.A. Takami, D.L. Lovett, A.R. Mirvaghefi and M. Shakouri. 2006. The effect of *Bacillus* spp. bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. Aquaculture. 252 : 516-524.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความเป็นด่างในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	78	56	50	70	51
ไม่ใส่แบคทีเรีย	82	59	30	53	17
ไม่ใส่แบคทีเรีย	82	58	44	54	19
ใส่แบคทีเรีย	85	86	111	94	101
ใส่แบคทีเรีย	80	88	130	101	115
ใส่แบคทีเรีย	82	88	117	125	163

ตารางผนวกที่ 2 COD ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	141.12	143.04	181.44	166.64	200.68
ไม่ใส่แบคทีเรีย	147.04	150.36	185.84	179.48	181.36
ไม่ใส่แบคทีเรีย	123.52	148.04	164.12	220.24	190.88
ใส่แบคทีเรีย	160.08	137.08	86.08	84.16	83.00
ใส่แบคทีเรีย	154.16	133.76	85.08	86.24	84.62
ใส่แบคทีเรีย	120.12	138.4	83.4	82.08	84.48

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.01	0.04	0.04	0.08
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.01	0.11	0.14	0.15	0.3
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.01	0.03	0.05	0.1
ใส่แบคทีเรีย	0.01	0.03	0.34	0.68	1.35
ใส่แบคทีเรีย	0.01	0.12	0.39	0.66	1.32
ใส่แบคทีเรีย	0.01	0.06	0.43	0.64	1.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ความเป็นกรด-ด่างในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.10	7.35	7.3	7.2	7.33
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.15	7.28	7.38	7.3	7.36
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.13	7.13	7.34	7.24	7.64
ใส่แบคทีเรีย	7.1	8.1	8.25	8.45	8.56
ใส่แบคทีเรีย	7.11	8.09	8.35	8.42	8.6
ใส่แบคทีเรีย	7.12	8.05	8.35	8.34	8.62

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	6.89	6.32	6.55	6.33	6.2
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.00	6.33	6.52	6.34	6.18
ไม่ใส่แบคทีเรีย	6.78	6.52	6.2	6.56	6.13
ใส่แบคทีเรีย	6.78	6.31	6.1	6.02	5.88
ใส่แบคทีเรีย	7.02	6.34	5.98	5.89	5.68
ใส่แบคทีเรีย	6.69	6.3	6.15	5.99	5.98

ตารางผนวกที่ 6 อุณหภูมิในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.50	27.8	28.8	29.7	31.3
ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.20	27.6	28.6	29.8	31.2
ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.50	27.6	28.7	29.6	31
ใส่แบคทีเรีย	23.2	27.8	28.8	29.6	31.1
ใส่แบคทีเรีย	23.1	27.7	28.8	29.7	31.2
ใส่แบคทีเรีย	23.2	27.7	28.8	29.7	31.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 แอมโมเนียในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	28.84	6.69	1.48	0.00	0.78
ไม่ใส่แบคทีเรีย	37.10	4.95	0.17	1.04	0.51
ไม่ใส่แบคทีเรีย	27.54	4.52	0.00	0.00	0.00
ใส่แบคทีเรีย	33.62	11.90	4.95	4.95	0.00
ใส่แบคทีเรีย	37.10	11.90	0.00	1.04	1.64
ใส่แบคทีเรีย	31.45	8.43	0.17	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ 8 ไนไตรท์ในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.03	0.15	5.98	8.62	17.21
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.03	0.18	11.79	13.4	26.78
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.02	0.43	7.21	9.64	19.26
ใส่แบคทีเรีย	0.02	2.71	5.73	11.61	23.2
ใส่แบคทีเรีย	0.03	3.63	6.95	11.92	23.81
ใส่แบคทีเรีย	0.02	2.55	7.57	12.53	25.04

ตารางผนวกที่ 9 ไนเตรทในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	38.43	53.76	43.45	49.84	63.53
ไม่ใส่แบคทีเรีย	31.24	31.74	41.06	46.11	56.07
ไม่ใส่แบคทีเรีย	39.65	34.14	36.53	46.38	56.61
ใส่แบคทีเรีย	38.43	14.45	24.03	26.16	26.43
ใส่แบคทีเรีย	31.24	12.05	24.29	28.82	31.75
ใส่แบคทีเรีย	39.65	14.71	23.23	36.8	47.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณไนโตรเจนรวมในสภาวะที่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	67.3	60.6	50.91	58.46	81.52
ไม่ใส่แบคทีเรีย	68.37	36.87	53.02	60.55	83.36
ไม่ใส่แบคทีเรีย	67.21	39.09	43.74	56.02	75.87
ใส่แบคทีเรีย	72.07	29.06	34.71	42.72	49.63
ใส่แบคทีเรีย	68.37	27.58	31.24	41.78	57.2
ใส่แบคทีเรีย	71.12	25.69	30.97	49.33	72.76

ตารางผนวกที่ 11 ความเป็นด่างในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	90	76	67	85	40
ไม่ใส่แบคทีเรีย	89	75	64	46	33
ไม่ใส่แบคทีเรีย	92	76	65	57	32
ใส่แบคทีเรีย	90	117	130	146	157
ใส่แบคทีเรีย	92	114	140	148	154
ใส่แบคทีเรีย	87	112	124	144	164

ตารางผนวกที่ 12 COD ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	110.36	140.12	122.96	115.04	138.98
ไม่ใส่แบคทีเรีย	115.36	117.04	123.52	161.12	140.05
ไม่ใส่แบคทีเรีย	118.79	93.08	124.08	131.34	139.42
ใส่แบคทีเรีย	98.79	105.12	98.08	43.52	17.04
ใส่แบคทีเรีย	115.56	113.12	98.96	43.52	17.04
ใส่แบคทีเรีย	117.4	110.04	98.08	43.52	17.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจน

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.01	0.04	0.02	0.04
ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.41	0.80	0.93	1.85
ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.38	0.76	0.90	1.81
ใส่แบคทีเรีย	0.00	0.42	0.74	0.77	1.54

ตารางผนวกที่ 14 ความเป็นกรด-ด่างในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.15	7.45	7.44	7.42	7.44
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.15	7.25	7.39	7.50	7.36
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.12	7.38	7.50	7.62	7.52
ใส่แบคทีเรีย	7.13	8.13	8.23	8.45	8.63
ใส่แบคทีเรีย	7.10	8.19	8.32	8.56	8.60
ใส่แบคทีเรีย	7.12	8.12	8.30	8.55	8.64

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	6.89	5.20	5.00	4.87	4.30
ไม่ใส่แบคทีเรีย	6.98	5.13	4.99	4.86	4.02
ไม่ใส่แบคทีเรีย	7.00	5.11	4.72	4.31	4.13
ใส่แบคทีเรีย	6.82	4.87	4.30	3.90	3.02
ใส่แบคทีเรีย	7.02	4.98	4.11	3.23	2.89
ใส่แบคทีเรีย	6.70	5.00	4.03	3.57	3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 16 อุณหภูมิในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.50	27.70	28.70	29.70	31.10
ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.30	27.80	28.60	30.00	31.40
ไม่ใส่แบคทีเรีย	23.50	27.60	28.70	29.60	31.00
ใส่แบคทีเรีย	23.20	27.80	28.80	29.60	31.10
ใส่แบคทีเรีย	23.50	27.70	28.70	30.00	31.40
ใส่แบคทีเรีย	23.40	27.80	28.80	29.70	31.20

ตารางผนวกที่ 17 แอมโมเนียในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	34.85	25.37	6.26	0.89	1.59
ไม่ใส่แบคทีเรีย	34.86	24.93	1.91	0	0
ไม่ใส่แบคทีเรีย	34.84	26.67	3.21	1.02	0
ใส่แบคทีเรีย	34.68	27.11	3.65	1.56	1.48
ใส่แบคทีเรีย	35	21.46	10.17	3.3	1.14
ใส่แบคทีเรีย	35.24	25.37	8.43	2.43	1.34

ตารางผนวกที่ 18 ไนไตรท์ในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.02	0.23	3.68	13.71	27.4
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.02	0.32	4.53	14.63	29.24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	0.02	0.25	4.12	16.06	32.11
ใส่แบคทีเรีย	0.02	2.96	4.09	5.16	10.31
ใส่แบคทีเรีย	0.03	3.93	5.47	5.67	11.33
ใส่แบคทีเรีย	0.02	3.47	3.47	5.32	10.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 19 ไนเตรทในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	35.55	30.95	32.54	40.79	50.33
ไม่ใส่แบคทีเรีย	27.84	31.21	31.48	46.38	61.5
ไม่ใส่แบคทีเรีย	25.98	35.74	33.07	46.38	61.5
ใส่แบคทีเรีย	32.48	22.43	6.73	9.66	8.16
ใส่แบคทีเรีย	34.92	20.83	9.13	8.59	6.29
ใส่แบคทีเรีย	32.79	16.04	7.53	8.06	11.29

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณไนโตรเจนรวมในสภาวะที่ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดการทดลอง

	ระยะเวลาในการทดลอง(วัน)				
ชุดการทดลอง	0	6	12	18	24
ไม่ใส่แบคทีเรีย	70.42	56.55	42.48	55.39	79.32
ไม่ใส่แบคทีเรีย	62.72	56.46	37.92	61.01	90.74
ไม่ใส่แบคทีเรีย	60.84	62.66	40.4	63.46	93.61
ใส่แบคทีเรีย	67.18	52.5	14.47	16.38	19.95
ใส่แบคทีเรีย	69.95	46.22	24.77	17.56	18.76
ใส่แบคทีเรีย	68.05	44.88	19.43	15.81	23.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้