ประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Efficiency of Fermented Organic Matter and Effective Microorganism (EM) Ball for Treating Effluent from Aquaculture

กานตกานท์ เทพณรงค์

Kantakan Thepnarong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Aquatic Science
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผู้เขียน นายกานตกานท์ เทพณรงค์

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร คันธโชติ)

คณะกรรมการสอบ

…….……..ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร คันธโชติ)

.....กรรมการ
(ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

……
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายกานตกานท์ เทพณรงค์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายกานตกานท์ เทพณรงค์)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผู้เขียน นายกานตกานท์ เทพณรงค์

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้น้ำทิ้งเทียม ซึ่งเตรียมจากการเติมอาหารกุ้งลงในน้ำ 3 ระดับความเค็มคือ น้ำจืด (0 ก./ล.) น้ำกร่อย (10 ก./ล.) และน้ำเค็ม (30 ก./ล.) เพื่อให้ค่าบีโอดีในน้ำเท่ากับ 20 มก./ล. หรือมากกว่าซึ่งใกล้เคียงกับน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงกุ้งจริงที่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง และได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ประกอบด้วย 7 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุม ชุดการทดลองใช้น้ำหมักชีวภาพ 4 สูตร (น้ำหมักชีวภาพสูตร พด.6 สูตรของคุณจรูญ ไกรเนตร สูตรของคุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์ และสูตรน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา) และ อีเอ็มบอล 2 สูตร (สูตรของคุณสมาน ยะธาตุ และลูกบอลดาสต้า) โดยวิธีการเตรียมและการใช้ ตามที่ผู้คิดค้นกำหนด เตรียมน้ำหมักชีวภาพเองทั้ง 4 สูตร รวมทั้งอีเอ็มบอลสูตรของคุณสมาน ยะธาตุ และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของน้ำหมักชีวภาพทุกวันของการหมักเป็นระยะเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรของคุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์ ใช้เวลาหมัก 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำหมักเพื่อทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ทุก 5 วัน พบว่า แต่ละพารามิเตอร์แตกต่างกัน ($p<0.05$) ระหว่างน้ำหมักแต่ละสูตรตลอดระยะเวลาหมัก จากนั้นจึงศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งเทียมครั้งละ 1 ระดับความเค็ม โดยทำชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ ใส่น้ำทิ้งเทียม 100 ลิตรในตู้กระจกแต่ละใบ และเติมอากาศตลอดการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน

ในระหว่างการทดลองศึกษาคุณภาพน้ำทั้งด้านชีวภาพ กายภาพ และเคมี พบว่าจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม คือ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีนสามารถเจริญได้ในน้ำทั้ง 3 ระดับความเค็ม โดยยีสต์และแลคติกแอสิดแบคทีเรียในทั้ง 3 ระดับความเค็มมีแนวโน้มการเจริญแบบเดียวกัน ส่วนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำแต่ละระดับความเค็มมีแนวโน้มการเจริญแตกต่างกัน นอกจากนี้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม แปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณบีโอดี และสารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่แปรผกผัน ($p<0.05$) กับความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีความเหมาะสมในการใช้บำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุดทั้ง 3 ระดับความเค็ม เพราะสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอย บีโอดี และฟอสฟอรัสรวม ได้เร็วที่สุด อย่างไรก็ตาม คุณภาพน้ำในทุกชุดการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของกรมควบคุมมลพิษในวันสุดท้ายของการทดลอง

Thesis title Efficiency of Fermented Organic Matter and Effective Microorganism (EM) Ball for Treating Effluent from Aquaculture

Author Mr.Kantakan Thepnarong

Major Program Aquatic Science

Academic Year 2013

ABSTRACT

To treat effluent from aquaculture for meeting the effluent standards of the Pollution Control Department, experiments were undertaken by using artificial wastewater prepared by adding shrimp pelleted feed in 0 g/l, 10 g/l and 30 g/l water until the BOD value equaled 20 mg/l or above, which was close to the real effluent from an aquaculture farm, exceeding the effluent standards. Each experiment was carried out using a completely randomized design comprising 7 treatments with five replicates as follows: a control unit, four treatments using fermented organic matter (FOM); FOM with a stimulating agent LD6, Khun Charoon Krainate's FOM, Khun Anusorn Whannarong's FOM and FOM for fish culture, and two treatments using effective microorganism (EM) balls; DASTA ball and Khun Saman Yatart's EM ball. Preparation and procedures used were based on the description of inventors. The four FOM and the EM ball originally created by Khun Saman Yatart were prepared on site. During a 22 day-fermentation period (except for the Khun Charoon Krainate's FOM, the fermentation period was 7 days), the physico-chemical properties of all FOM was monitored daily for pH, electrical conductivity, total acidity, and every 5 days for total sugar. There were significant differences ($p<0.05$) among treatments for each parameter throughout the fermentation period. Afterwards, 3 experiments were carried out (one at a time) by adding a total of 100 liters artificial effluent in each glass aquarium and aeration was given throughout the trial period of 30 days.

During the experiment, the biological, physical and chemical characteristics of artificial effluent were monitored. Yeast, lactic acid bacteria (LAB) and proteolytic bacteria (PLB) were found in all artificial effluent. Moreover, the growth patterns of yeast and LAB in all

artificial effluent were similar, while those of PLB were different among artificial effluent. The amount of yeasts, LAB and PLB positively correlated to the concentrations of BOD, nitrogen and phosphorus compounds ($p<0.05$), and negatively correlated to salinity and DO ($p<0.05$).

It was found that FOM with the stimulating agent LD6 was the most appropriate set for treating all effluent because it was the fastest treatment to reduce suspended solids, BOD and total phosphorus in all effluent. However, all treatments met the effluent standards of the Pollution Control Department at the end of all experiments.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการรูป	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 ตรวจเอกสาร	2
1.2.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	2
1.2.2 ผลกระทบของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำต่อสิ่งแวดล้อม	6
1.2.3 การใช้จุลินทรีย์บำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	8
1.2.4 น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล	15
1.2.5 กระบวนการในน้ำหมักชีวภาพ	21
1.3 วัตถุประสงค์	29
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	30
2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอล	30
2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา และอุปกรณ์ประกอบการทดลองอื่นๆ	33
2.3 วิธีการทดลอง	34
2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ	37
3. ผลการศึกษา	38
3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของน้ำหมักชีวภาพ	38
3.2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียม	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด	43
3.4 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย	54
3.5 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม	67
4. วิจารณ์	79
4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล	79
4.2 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ	80
4.3 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี	82
5. สรุป	87
5.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพ	87
5.2 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ	88
5.3 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี	89
เอกสารอ้างอิง	90
ภาคผนวก	98
ประวัติผู้เขียน	135

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนปริมาณของเสียที่เกิดจากการให้อาหารกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา	4
2	เปรียบเทียบสารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ กุ้งขาวแวนนาไม และปลากะพงขาวกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง	5
3	การบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม	10
4	คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียม	42
5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน) และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆในน้ำจืด	53
6	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน) และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆในน้ำกร่อย	66
7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน) และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆในน้ำเค็ม	78

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1	pH น้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)	38
2	ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน	39
3	ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน	40
4	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน	41
5	จำนวนยีสต์ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	43
6	จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	44
7	จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	45
8	อุณหภูมิของน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	46
9	pH ของน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	46
10	ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	47
11	ปริมาณบีโอดีในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน	48
12	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	48
13	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	49
14	ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	50

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
15	ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	50
16	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	51
17	จำนวนยีสต์ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	55
18	จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	56
19	จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	57
20	อุณหภูมิน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	57
21	pH ของน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	58
22	ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	59
23	ความเค็มของน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	59
24	ปริมาณบีโอดีในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน	60
25	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	61
26	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	62
27	ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	63
28	ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	63

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
29	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	64
30	จำนวนยีสต์ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	67
31	จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	68
32	จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน	69
33	อุณหภูมิน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	70
34	pH ของน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	70
35	ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	71
36	ความเค็มของน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	72
37	ปริมาณบีโอดีในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน	72
38	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	73
39	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	74
40	ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็น เวลา 30 วัน	75
41	ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	75
42	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันประชากรของโลกได้เพิ่มขึ้นอย่ารวดเร็ว ทำให้ต้องผลิตอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการบริโภคของประชากร ซึ่งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก็เป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มอาหารเพื่อเลี้ยงประชากรของโลก ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นได้มีการพัฒนาไปอย่างมากทั้งระบบการเลี้ยงและอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำสามารถนำอาหารที่ได้รับไปใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ส่วนที่เหลือก็ละลายสู่แหล่งน้ำที่เลี้ยงโดยจะทำให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพน้ำ เช่น แอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นจากการย่อยสลายโปรตีน โดยประมาณ 80-90% ของแอมโมเนียนั้นจะถูกขับออกมาทางเหงือกของสัตว์น้ำ (Wood, 1993) และเกิดจากการย่อยเศษอาหารที่เหลือโดยจุลินทรีย์ ซึ่งแอมโมเนียมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ อาจทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอลงหรือทำให้สัตว์น้ำตายได้หากมีความเข้มข้นสูง เป็นต้น และของเสียจากกิจกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำยังสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหากมีการปล่อยน้ำนั้นลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

การแก้ปัญหาคุณภาพน้ำดังกล่าวทำได้หลายวิธี เช่น เปลี่ยนถ่ายน้ำ ใช้สารเคมีต่างๆ และการใช้วิธีทางชีวภาพ เช่น ใช้จุลินทรีย์มาช่วยบำบัดของเสียที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษ หรือลดปริมาณของเสียลง การใช้จุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการใช้มากว่า 10 ปีแล้ว (เกรียงศักดิ์, 2544) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาด ปัจจุบันมีการใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ก้อนในการบำบัดน้ำทิ้งทั้งในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยหน่วยงานต่างๆอย่างแพร่หลาย โดยที่เกษตรกรและผู้ใช้ยังไม่รู้ว่ามีจุลินทรีย์ชนิดใดบ้างที่เป็นประโยชน์จริง และแต่ละชนิดมีบทบาทในการลดสารพิษชนิดใด รวมทั้งมีการนำผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ดังกล่าวไปใช้ในทุกสภาพแวดล้อม ตั้งแต่แหล่งน้ำจืดจนถึงในทะเล โดยยังไม่มีการทดลองเพื่อหาวิธีการใช้ที่ได้ผล และเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์แต่ละชนิด จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการใช้ที่เหมาะสมสำหรับ ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แต่ละชนิด ว่าเหมาะสำหรับน้ำจืดหรือน้ำทะเล ให้ผลในการบำบัดของเสียชนิดใดได้ดี และแตกต่างกับการทำงานโดย

จุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติหรือไม่ เพื่อนำผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ได้ผลดีและไม่สิ้นเปลืองงบประมาณในการบำบัดน้ำเสียของเกษตรกร

1.2 ตรวจเอกสาร

1.2.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายถึง ของเหลวรวมทั้งสสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้นทำให้มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงจากเดิมตามธรรมชาติ มักจะผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยมีมวลสารหรือสิ่งปฏิกูลที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำปนอยู่ จนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดีเท่าที่ควร

น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบที่มีสัตว์น้ำหนาแน่นมักมีธาตุอาหารปนอยู่มาก เนื่องมาจากการใช้อาหารปริมาณมาก ธาตุอาหารเหล่านี้อยู่ในรูปที่เป็นสารละลายที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) ของสัตว์น้ำ และการละลายของอาหารสู่น้ำโดยตรง เช่น แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ ฟอสเฟตเป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสัตว์น้ำใช้ประโยชน์จากอาหารที่ให้กินได้ไม่มากนัก สารอาหารที่ไม่ได้ใช้ถูกขับถ่ายออกมาจากสัตว์น้ำ เช่น ปลาเรนโบว์เทร้าท์ มีปริมาณมูลปลาสูงถึง 26% ของปริมาณอาหารที่กิน โดยในมูลมีคาร์บอน 30% ไนโตรเจน 4% และฟอสฟอรัส 2% ซึ่งปริมาณของสารอาหารในมูลจะเปลี่ยนไปตามประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารของสัตว์น้ำ (Penczak et al., 1982) Gowen และ Bradbury (1987) พบว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์สามารถนำโปรตีนจากการย่อยไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เพียง 22% ส่วนที่เหลืออีก 78% จะสูญเสียในรูปของมูลและขับถ่ายในรูปของแอมโมเนีย และยังมีของเสียเกิดขึ้นจากการสูญเสียจากอาหาร เช่น อาหารที่ละลายน้ำ อาหารเหลือ นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาพบว่าในประเทศเดนมาร์กที่มีการเลี้ยงปลาเทร้าท์ การสูญเสียอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารกล่าวคือ ในการเลี้ยงด้วยปลาเป็ดปริมาณอาหารสูญเสียถึง 10-30% ในการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดความชื้นสูงปริมาณอาหารสูญเสีย 5-10% และในการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดแห้งปริมาณอาหารสูญเสียเพียง 1-5% (Pillay, 1992) โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ที่น้ำทิ้งมักประกอบด้วยสารประกอบไนโตรเจน และอินทรีย์คาร์บอนเป็นจำนวนมาก Briggs และ Funge-Smith (1994) กล่าวว่าไนโตรเจนจากอาหารกุ้งมีมากถึง 70-80% ที่กุ้งนั้นไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งกุ้งสามารถ

ใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมดได้ประมาณ 22.5% ส่วนที่เหลือจะละลายในน้ำหรือกลายเป็นเศษอาหารเหลือที่ก้นบ่อ ทำให้เกิดมลพิษต่อแหล่งน้ำ สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งมีคุณภาพต่ำคือ มีสารอินทรีย์คาร์บอนละลายอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งพบว่าสัตว์น้ำจะนำสารอินทรีย์คาร์บอนจากอาหารไปใช้ได้เพียง 30-50% ส่วนที่เหลือจะละลายอยู่ในน้ำและสะสมที่ก้นบ่อ (Avnimelech and Lacher, 1979; Boyd, 1985) และจากการศึกษาสมดุลของสารอาหารในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่มีความหนาแน่น 30-50 ตัว/ตารางเมตร พบว่าอาหารที่ให้ในบ่อเป็นของเสียสูงถึง 83% โดยเป็นผลผลิตกุ้งเพียง 17% เท่านั้น (ตารางที่ 1) เช่นเดียวกับการประเมินของเสียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งพบ 63-78% และ 76-86% ของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสตามลำดับที่มีอยู่ในอาหารกุ้งถูกขับถ่ายเป็นของเสีย (Lin et al., 1993) และในการผลิตกุ้งให้ได้ผลผลิต 1 ตัน จะมีของเสียอินทรีย์เกิดขึ้นสูงถึง 500-1625 กิโลกรัม โดยมีอัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio-FCR) ในช่วง 1-2.5 (Lin et al., 1993)

คณิต และพุทธ (2535) ทำการศึกษา คุณสมบัติและปริมาณน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา พบว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 6 ไร่มีการปล่อยน้ำทิ้งซึ่งมีของเสียปนเปื้อนอยู่ในปริมาณดังนี้ ค่า BOD 4.69 กก./วัน ตะกอนแขวนลอย 155.93 กก./วัน ออร์โธฟอสเฟต 0.005 กก./วัน แอมโมเนีย 0.166 กก./วัน ไนเตรท 0.015 กก./วัน และไนไตรท์ 0.0035 กก./วัน และจากการศึกษาผลของชนิดอาหารและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำและดินใต้กระชังปลากะพงขาวในทะเลสาบสงขลาตอนนอกโดย วลีรัตน์ และพุทธ (2551) พบว่าชนิดของอาหารไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของดินใต้กระชัง โดยพบว่าการเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยปลาเป็ดทำให้ แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสรวม และไนโตรเจนรวมในดินสูงขึ้น เท่ากับ 19.705±2.159 มก./กก. 103.743±18.330 มก./กก. และ 0.11±0.01% ตามลำดับ

ธาตุอาหารและสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำส่งผลต่อสุขภาพของปลาที่เลี้ยงในกระชังและสัตว์น้ำตามธรรมชาติในบริเวณนั้น และน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งขาวแวนนาไม และปลากะพงขาว มีปริมาณของเสียปนอยู่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจนที่ปล่อยจากการเลี้ยงกุ้ง จากการศึกษาของ สิริ และชนินทร์

(2541) พบว่าไนโตรเจนรวมจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และกุ้งขาว สูงถึง 12.0 และ 14.8 มก.-N/ล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เพียง 4.0 มก.-ไนโตรเจน/ล. ดังตารางที่ 2 นอกจากนั้นแล้วในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก็ยังมียาปฏิชีวนะ สารเคมีป้องกันและรักษาโรค เช่น ฟอร์มาลีน กากชา เป็นต้น สิ่งต่างๆในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาจส่งผลกระทบต่อชุมชนที่ร่วมใช้น้ำ หรือกระทบกับสิ่งแวดล้อม เช่น ทำให้น้ำเน่าเสีย เกิด Phytoplankton bloom ในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำลดน้อยลง (จิราภรณ์ และคณะ, 2525; ดีพร้อม, 2531)

ตารางที่ 1 สัดส่วนปริมาณของเสียที่เกิดจากการให้อาหารกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา (Tacon et al., 1995)

ผลิตภัณฑ์	เปอร์เซ็นต์ของอาหารที่กิน (น้ำหนักแห้ง)
ของเสีย	
- อาหารที่สูญเสีย	15
- มูล	20
- คราบกุ้ง/สิ่งขับถ่ายอื่นๆ	48
มวลชีวภาพกุ้ง	17

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยง กุ้งกุลาดำ (สิริ และชนินทร์, 2541) กุ้งขาวแวนนาไม (สิริ และชนินทร์, 2541) และปลากะพงขาว (วลีรัตน์ และพุทธ, 2551) กับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2553ก; กรมควบคุมมลพิษ, 2553ข)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	**มาตรฐานน้ำทิ้ง**		**น้ำทิ้งจากบ่อกุ้งกุลาดำ**	**น้ำทิ้งจากบ่อกุ้งขาวแวนนาไม**	**น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาว (ใช้ปลาเป็ด)**	**น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะพงขาว (ใช้อาหารเม็ด)**
	บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจืด				
1.ความเป็นกรดและด่าง	6.5-9.0	6.5-8.5	7.4-8.2	7.8-8.5	7.43±0.10	7.30±0.10
2.บีโอดี (มก./ล.)	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	6.3-19.0	3.7-19.9	-	-
3.สารแขวนลอย (มก./ล.)	ไม่เกิน 70	ไม่เกิน 80	35.0-437.0	55.0-345.0	-	-
4.แอมโมเนีย (มก.-N/ล.)	ไม่เกิน 1.1	ไม่เกิน 1.1	0.8-4.6	0.1-5.5	0.082±0.036	0.104±0.036
5.ฟอสฟอรัสรวม (มก.-P/ล.)	ไม่เกิน 0.4	ไม่เกิน 0.5	0.4-0.8	0.3-0.6	0.014±0.003	0.02±0.003
6.ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (มก./ล.)	ไม่เกิน 0.01	-	0.0-0.8	0.1-2.2	-	-
7.ไนโตรเจนรวม (มก.-N/ล.)	ไม่เกิน 4.0	ไม่เกิน 4.0	3.7-12.0	3.5-14.8	0.17±0.052	0.199±0.052

- หมายถึง ไม่มีข้อมูล

1.2.2 ผลกระทบของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำต่อสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงชายฝั่งคือ การเลี้ยงกุ้งทะเล เช่น กุ้งกุลาดำ และกุ้งขาว เป็นต้น ซึ่งมีการเลี้ยงแบบพัฒนาที่มีความหนาแน่นของสัตว์น้ำสูง จำเป็นต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในการเลี้ยงกุ้งหนึ่งรุ่นในบ่อเลี้ยงขนาด 0.9-6 ไร่ ให้ผลผลิตกุ้ง 0.4-2.5 ตันต่อไร่ ต้องใช้น้ำ 6,000-168,000 ตันต่อรุ่น (คณิต และพุทธ, 2535) ซึ่งน้ำทิ้ง และขี้เลนที่ถูกทิ้งออกมาสู่สิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ

1. ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ แบ่งได้ดังนี้

ความเค็มของน้ำทิ้งมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ การรองรับน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้น้ำเค็มในการเลี้ยงโดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งทะเล จะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำจืดในบริเวณใกล้เคียง หรือเป็นแหล่งรองรับน้ำ เนื่องจากในการเลี้ยงกุ้งมีการปล่อยน้ำทิ้งเป็นจำนวนมาก รวมถึงขี้เลนซึ่งก็มีความเค็มด้วย ส่งผลให้แหล่งน้ำจืด แหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดินไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีเท่าที่ควร (Nimrat et al., 2005)

น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทำให้แหล่งน้ำตามธรรมชาติมีก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง เนื่องจากในมีสารอินทรีย์ละลายอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อมีการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทำให้มีการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และเมื่อออกซิเจนลดลงจนจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนไม่สามารถทำงานได้อีก สารอินทรีย์ที่เหลือก็จะถูกย่อยสลายต่อโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน และผลผลิตที่ได้ก็จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำด้วย เช่น ก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น (สุบัณฑิต และวีรพงศ์, 2552)

สารอาหารในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทำให้เกิดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชอย่างไร้ขอบเขต (Phytoplankton bloom) เนื่องจากในน้ำทิ้งมีธาตุอาหารละลายอยู่เป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งจะเป็นสารอาหารให้กับแพลงก์ตอนพืชทำให้มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วตามสารอาหารที่ได้รับ ซึ่งจะแย่งใช้ออกซิเจนกับสัตว์น้ำ

ในเวลากลางคืน และเมื่อแพลงก์ตอนเหล่านั้นตายลง จุลินทรีย์ก็จะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายซากแพลงก์ตอนเหล่านั้นทำให้ออกซิเจนลดลงและส่งผลต่อสัตว์น้ำ

สารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้นทำให้มีน้ำทิ้งปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติมากขึ้นตามไปด้วย และในน้ำทิ้งเหล่านั้นจะมีสารปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น แอมโมเนีย แอมโมเนียมไอออน ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และสารเคมีอื่นๆ ซึ่งสารบางชนิดเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง และบางชนิดมีมากจนจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายได้ทัน จึงทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งรองรับเสื่อมโทรม (Cole and Boyd, 1986)

2. ผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหากไม่มีการจัดการน้ำที่ดี และมีการปล่อยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะที่มีการใช้น้ำร่วมกับการทำการเกษตรอย่างอื่น หรือมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ที่ไม่เหมาะกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนั้น เช่น การเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตน้ำจืด จะส่งผลให้พื้นที่ในบริเวณใกล้เคียงกลายเป็นดินเค็ม และจะกระทบกับการทำเกษตรกรรม เช่น นาข้าว ทำให้ผลผลิตข้าวลดต่ำลงจนอาจไม่สามารถทำนาได้ (แสงไทย, 2544)

3. ผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชายเลน และชายฝั่ง ได้แก่

ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในป่าชายเลนและชายฝั่ง โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของน้ำในป่าชายเลน และชายฝั่งทะเล ซึ่งในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทำให้มีการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียไนโตรเจน ในพื้นที่ป่าชายเลนและชายฝั่งทะเล และเมื่อ pH ของน้ำสูงกว่า 8.2 จะพบแอมโมเนียในรูปแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ดีพร้อม, 2531)

ผลกระทบต่อคุณภาพดินในป่าชายเลน การปรับสภาพพื้นที่ป่าชายเลนเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้ง ทำให้ดินในป่าชายเลนสัมผัสกับอากาศทำให้เกิดการออกซิไดซ์เป็นกรดกำมะถัน ทำให้ pH ของดินลดลง ทำให้สูญเสียสมดุล และการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ป่าชายเลนมากๆอาจทำให้เกิดการย่อย

สลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนมากขึ้นกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการหมุนเวียนแร่ธาตุต่างๆ ต่ำลงไปด้วย (ดีพร้อม, 2531)

ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลนและชายฝั่ง การปล่อยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะน้ำทิ้งจากการทำนากุ้งลงสู่ป่าชายเลน ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลน เช่น น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในป่าชายเลนในอ่าวคุ้งกระเบน มีผลต่อการเจริญเติบโต และโครงสร้างของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน คือ พบชนิดพันธุ์น้อยลงและทำให้การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้เปลี่ยนแปลงไป เช่น ไม้ตะบูนจะขึ้นห่างจากริมอ่าวมากขึ้น การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติลดลง (ศิริพร, 2540) และปริมาณสารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่ป่าชายเลน ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำและส่งผลกระทบต่อปริมาณสัตว์น้ำ เช่น ทำให้สัตว์กลุ่มครัสเตเชียน้อยลง โดยการทำลายสมดุลและวงจรชีวิตของสัตว์น้ำวัยอ่อน (ไพบูลย์, 2534)

1.2.3 การใช้จุลินทรีย์บำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยวิธีทางชีวภาพนั้นจำเป็นต้องใช้จุลินทรีย์หลายชนิดในการบำบัด เพราะจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายสารปนเปื้อนในน้ำต่างๆได้แตกต่างกัน จุลินทรีย์ชนิดเดียวไม่สามารถบำบัดน้ำได้ทุกพารามิเตอร์ ดังนั้นการรวมจุลินทรีย์หลายชนิดที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำในพารามิเตอร์ต่างกันมาใช้ร่วมกัน จะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำนั้นได้ผลดีขึ้น จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะย่อยสลายสารอินทรีย์โดยการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น เอนไซม์ที่มีความสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีด้วยกันหลายชนิด เช่น Amylase, Glucose isomerase, Protease, Rennet pectinase, Glucose oxidase และ Lipase ซึ่งเอนไซม์ส่วนใหญ่สร้างมาจากจุลินทรีย์กลุ่มของรา และ *Bacillus* spp. (Staley and Stanley, 1986) ซึ่ง *Bacillus* spp. จะพบได้ในแหล่งน้ำทั้งน้ำจืด น้ำทะเล และในดินตะกอนก้นแหล่งน้ำ โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้มักจะมีการสร้างเอนไซม์ที่มีประโยชน์ ในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Taylor and Richardson, 1979) ซึ่งการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำให้ได้ผลนั้นต้องมีการคัดเลือกจุลินทรีย์ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียที่ต้องการบำบัด รวมทั้งต้องมีการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมให้

เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย เช่น การเติมอากาศให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ดีขึ้น และการใช้วัสดุปูนต่างๆเพื่อปรับ pH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง pH 7.0-8.2 (Shariff et al., 2001) และการใช้น้ำหมักชีวภาพ และก้อนจุลินทรีย์ก็เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน แต่พบว่ายังมีการศึกษาวิจัยโดยนักวิชาการในเรื่องนี้น้อยมาก ซึ่งมีการรวบรวมงานวิจัยการใช้น้ำหมักชีวภาพ หรือจุลินทรีย์อีเอ็มดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม

แหล่งของน้ำเสีย	ผลการศึกษา
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร	จุลินทรีย์อีเอ็มสามารถลดสารอินทรีย์ในรูป BOD ได้ถึง 91% (สมชัย และคณะ, 2537)
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร	จุลินทรีย์อีเอ็มสามารถลดสารอินทรีย์ในรูป BOD ได้ 36% และลดสารแขวนลอยได้ 68.8% (Srituma, 1995 อ้างโดย นวรัตน์, 2539)
น้ำทิ้งจากชุมชน น้ำเสียเทศบาล และน้ำเสียเทียมแป้ง	จุลินทรีย์อีเอ็ม สามารถลดค่า COD ไนโตรเจน และฟอสเฟตได้ (อรุณ วรรณ และคณะ, 2539)
น้ำเสียโรงพยาบาล	ลดปริมาณของแข็งละลายน้ำ ปริมาณสารแขวนลอย น้ำมัน ไขมัน และตะกอนหนักได้ 11.77, 11.89, 10.88 และ 50% ตามลำดับ หลังจากฉีดพ่นจุลินทรีย์อีเอ็มจำนวน 70 ลิตรในน้ำเสีย 1,280 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้สามารถลดกลิ่นเหม็นได้ดี แต่ไม่มีผลในการลด pH และค่า BOD (สมศักดิ์, 2543)
น้ำเสียจากโรงครัวในโรงพยาบาล	สามารถบำบัดน้ำมันและไขมันได้ 84.46 และ 82.62% ที่ปริมาณน้ำหมักจุลินทรีย์ 10 และ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ และบำบัด BOD ได้ 61.66% ด้วยจุลินทรีย์ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร (วีระพล และคณะ, 2546)
น้ำทิ้งจากคูรองรับน้ำ	น้ำทิ้งในถังทดลองมีค่า BOD ลดลง 15.06% ที่อัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำทิ้ง 1:4600 ขณะที่น้ำทิ้งในถังควบคุมซึ่งไม่มีการเติมน้ำหนักชีวภาพ ค่า BOD ลดลง 5.02% หรือน้อยกว่า 3 เท่าในระยะเวลา 1 สัปดาห์ (นัยนา และคณะ, 2547)
น้ำเสียจากระบบบำบัด	จุลินทรีย์อีเอ็มทำให้น้ำเสียมีค่า BOD เพิ่มขึ้นแต่มีผลให้ pH ลดลงและไม่พบการลดลงของสารแขวนลอย (Szymanski and Patterson, 2003)
น้ำมัน และไขมันในน้ำทิ้งเศษอาหาร	จุลินทรีย์อีเอ็มหนองบัวอุบล คิวเซ พด.6 และ EX-M สามารถลดน้ำมันและไขมันได้ 99.36, 91.41, 87.80 และ 85.91% ตามลำดับ ภายในเวลา 6 วัน (Siripornadulsil and Labteephanao, 2008)

วัตถุประสงค์ของการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 2 วัตถุประสงค์หลักๆคือ

1. เพื่อช่วยย่อยสารอินทรีย์ในอาหารขนาดใหญ่ให้เป็นสารอาหารขนาดเล็ก

การใช้จุลินทรีย์เพื่อช่วยย่อยสารอาหารที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ทำให้สัตว์น้ำสามารถดูดซึมนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้นในกรณีที่ใช้จุลินทรีย์ผสมกับอาหารให้สัตว์น้ำกิน ซึ่งจุลินทรีย์จะทำงานโดยการหลั่งเอนไซม์ออกมาจากเซลล์ (Extracellular enzyme) เช่น เอนไซม์ อะไมเลส โปรติเอส ไลเปส เป็นต้น เพื่อใช้ในการย่อยสารอาหารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนให้มีหน่วยเล็กลง ซึ่ง Saha และคณะ (2006) ทำการแยกแบคทีเรียจากทางเดินอาหารของปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambica*) และปลาเฉา (*Ctenopharyngodon idella*) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ CMC-agar พบว่าแบคทีเรียสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีที่สุด 2 ไอโซเลท คือ *Bacillus circulans* ที่แยกได้จากปลาหมอเทศ และ *B. megaterium* ที่แยกได้จากปลาเฉา และแบคทีเรียทั้งสองยังสามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลส และโปรติเอสได้

2. การใช้จุลินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

เนื่องจากแบคทีเรียหลายชนิดมีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งของเสียในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่ก็เป็นสารอินทรีย์ จึงได้มีการเติมแบคทีเรียลงในน้ำเพื่อช่วยในการย่อยสลายของเสียเหล่านั้นและทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนียที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ไนเตรท และไนไตรท์ เจนจิรา และคณะ (2548) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้แบคทีเรียผสม 6 ชนิด ที่แยกได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งต่อการลดลงของไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มเฮทเธอโรโทรป ในดินตะกอนของชุดทดลองมีมากกว่าในดินตะกอนของชุดควบคุม และเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการทดลองที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นแบคทีเรียทั้งหกชนิดมีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ในระบบนิเวศของการเลี้ยงแต่อย่างใด (สุบัณฑิต และวีรพงศ์, 2552) การใช้แบคทีเรียในการบำบัดคุณภาพน้ำมักมีการใช้แบคทีเรียในสกุล *Bacillus* เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่มี

ความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้พบว่าแบคทีเรียแกรมบวกมีความสามารถในการบำบัดน้ำมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ (Balcazar et al., 2006) และมีการศึกษาผลของ *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. firmus*, *B. lentus* และ *B. marinus* ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา ที่มีปริมาณกุ้ง เศษอาหารและสิ่งขับถ่าย เป็นปริมาณมาก ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม พบว่าแบคทีเรียเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายขี้กุ้ง เศษอาหารและสารอินทรีย์ในบ่อกุ้งได้ดี และทำให้กุ้งมีอัตรารอดชีวิตสูงกว่าในบ่อที่ไม่ได้เติมแบคทีเรีย (ชลิต, 2535) ประโยชน์ในการย่อยสารอาหารนี้สามารถนำมาช่วยในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ด้วย โดยที่จุลินทรีย์จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายเศษอาหารที่เหลือตกค้าง หรือแม้แต่เศษซากสิ่งมีชีวิตที่ตายอยู่ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารต่างๆลดการสะสมของเศษอาหารและซากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น

การศึกษาการใช้แบคทีเรียในการบำบัดน้ำในโรงเพาะฟักลูกกุ้งกุลาดำ โดย สุบัณฑิต และคณะ (2550) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีการใช้จุลินทรีย์ในการเพาะฟักลูกกุ้งกุลาดำ มีเพียงบางรายที่ใช้เพื่อหวังว่าจะช่วยควบคุมแบคทีเรียก่อโรค และลดปริมาณของเสียในบ่อ โดยส่วนใหญ่จะใช้ผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ สตาร์แบคซิน ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 9 ชนิด สามารถใช้ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม เพื่อช่วยย่อยสลายของเสียบนพื้นก้นบ่อ และควบคุมการระบาดของโรคได้ โดยเกษตรกรจะใช้เพื่อปรับสภาพน้ำภายในบ่อในปริมาณ 10 ลิตรต่อวันต่อบ่อขนาด 3 ตัน

การบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยจุลินทรีย์นั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรีย ส่วนจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่มีการนำมาใช้นั้นพบได้น้อย ซึ่งน้ำในธรรมชาตินั้นจะมีแบคทีเรียอาศัยอยู่แล้วจำนวนหนึ่ง แต่หลังจากที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีความหนาแน่นสูง เช่น การเพาะเลี้ยงกุ้ง ทำให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ เกษตรกรจึงต้องมีการเติมจุลินทรีย์ลงไปในบ่อเพาะเลี้ยง เพื่อช่วยในการรักษาสมดุลของสารอาหารในน้ำ คุณภาพน้ำ และคุณภาพของดินเลนก้นบ่อ

การใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในน้ำเค็ม และแนวปะการัง

ในปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางธรรมชาติ กำลังได้รับความนิยมเนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวิธีอื่นๆ ซึ่งน้ำหมักชีวภาพ และโดยเฉพาะ

อีเอ็มบอล กำลังได้รับความนิยมจากประชาชนตลอดจนหน่วยงานต่างๆ เพราะใช้งานง่าย โดยมีการนำไปใช้ตั้งแต่การบำบัดน้ำเสียในครัวเรือน บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ฟาร์มปศุสัตว์ แหล่งน้ำธรรมชาติ และล่าสุดได้มีการนำอีเอ็มบอลไปใช้ในแหล่งน้ำเค็มในธรรมชาติ ทั้งในปากแม่น้ำ คลองน้ำเค็ม ทะเลสาบ และในแนวปะการัง โดยยังไม่มีงานวิจัยที่ยืนยัน ถึงประสิทธิภาพในการบำบัด และผลกระทบกับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลก็มีสิ่งมีชีวิตเป็นตัวทำหน้าที่ในการบำบัด

ตัวอย่างการใช้น้ำหมักชีวภาพในแหล่งน้ำเค็ม และแนวปะการังโดยหน่วยงานต่างๆ

ชาวบ้าน และเยาวชน บ้านบางลา ต.ป่าคลอก อ.ถลาง จ.ภูเก็ต โดยมี นายอธิพงศ์ คงนาม นายก อบต.ป่าคลอก นายสมาน บำรุงนา ผู้ใหญ่บ้านหมู่ 8 บ้านบางลา ต.ป่าคลอก อ.ถลาง จ.ภูเก็ต เข้าร่วมโครงการรักษ์ป่าสร้างคน 84 ตำบลวีถีพอเพียง ได้จัดอบรมทำอีเอ็มบอลเมื่อวันที่ 18-19 ธันวาคม พ.ศ. 2553 และได้ผลิตอีเอ็มบอลใส่ลงในคลองบางลาและบางกา ซึ่งมีปัญหาน้ำในลำคลองเน่าเสีย และมีปลาตาย จึงคิดหาแนวทางแก้ปัญหาที่ต้นเหตุเพื่อที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน ตำบลป่าคลอก ในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน ดิน น้ำ ป่าให้อุดมสมบูรณ์ เยาวชนกลุ่มอนุรักษ์ป่าชายเลนมีความรู้ความเข้าใจจากการผลิตและใช้ก้อนอีเอ็มบอลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เสงี่ยม, 2553)

วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2553 พลโท พิเชษฐ์ วิสัยจร แม่ทัพภาคที่ 4 พร้อมคณะได้เดินทางมาที่ มัสยิดนุสดานุรด์เราะห์หมัะร์ หมู่ที่ 3 ต.หัวเขา อ.สิงหนคร จ.สงขลา เพื่อพบปะกับผู้นำศาสนาและประชาชนในพื้นที่ตำบลหัวเขา เพื่อติดตามผลการดำเนินงานในการใช้จุลินทรีย์ อีเอ็มบอลลงในทะเลสาบสงขลา ตามแนวชายฝั่งในพื้นที่ตำบลหัวเขา ซึ่งทางกองทัพภาคที่ 4 และทัพเรือภาคที่ 2 ได้ร่วมกันดำเนินการทิ้งจุลินทรีย์อีเอ็มบอลลงในทะเลสาบสงขลาในหลายหมู่บ้านที่อยู่ริมทะเลสาบสงขลา โดยผู้นำศาสนาและชาวบ้านได้รายงานผลการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำภายหลังจากทิ้งจุลินทรีย์อีเอ็มบอลไปแล้ว ปรากฏว่าสภาพน้ำดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งสัตว์น้ำต่างๆ ได้กลับมาชุกชุมเหมือนเดิม ทำให้ชาวบ้านสามารถจับสัตว์น้ำได้เพิ่มขึ้น และในวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2553 ได้มีการทิ้งจุลินทรีย์อีเอ็มบอล อีกจำนวน 60,000 ลูก ลงในทะเลสาบสงขลาบริเวณชายฝั่งหมู่ที่ 3 ต.หัวเขา อ.สิงหนคร จ.สงขลา โดย พลโท พิเชษฐ์ วิสัยจร แม่ทัพภาคที่ 4 พล.ร.ท.ชัยวัฒน์ ภู่ทอง ผบ.

ทัพเรือภาคที่ 2 พล.ต.กิตติพันธุ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา ผู้อำนวยการศูนย์บูรณาการพัฒนาพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้และทหารเรือทหารบก รวมทั้งชาวบ้านในชุมชนบ้านหัวเขา นำเรือหางยาว จำนวน 40 ลำ ร่วมทิ้งจุลินทรีย์อีเอ็มบอล ลงในทะเลสาบสงขลา บริเวณชายฝั่งหมู่ที่ 3 เพื่อช่วยบำบัดสภาพน้ำให้ดีเหมือนกับที่หมู่บ้านในตำบลหัวเขาหลายหมู่บ้านได้ประสบผลสำเร็จมาแล้ว (ผู้จัดการออนไลน์, 2554)

วันอาทิตย์ที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2552 โรงพยาบาลกรุงเทพภูเก็ตร่วมมือกับมูลนิธิมรรคาวาณิชระดมอาสาสมัครปั้นและโยนอีเอ็มบอล (EMBall) 20,000 ลูก เพื่อฟื้นฟูแหล่งหญ้าทะเลบ้านป่าคลอก อ.ถลาง และบำบัดน้ำเสียบริเวณคลองปากบาง ต.ป่าตอง อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต (ชัยวุฒิ, 2553)

วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2552 ที่โรงเรียนบ้านบางปู อ.ยะหริ่ง จ.ปัตตานี พลโทพิเชษฐ์ วิสัยจร แม่ทัพภาคที่ 4 เป็นประธานเปิดโครงการฟื้นฟูอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมกิจกรรม จุดประกาย รวมเป็นหนึ่ง ฟื้นฟูทรัพยากรประมงชายฝั่ง ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้ อีเอ็มบอล จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อฟื้นฟูสภาพน้ำ ดินและสิ่งแวดล้อมในอ่าวทะเลไทยให้มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น โดยแม่ทัพภาคที่ 4 พร้อมด้วย เครือข่ายประมงพื้นบ้านจังหวัดปัตตานี เยาวชน นักเรียน และประชาชน ร่วมลงเรือชาวประมงพื้นบ้านจำนวน 50 ลำ นำจุลินทรีย์ “อีเอ็มบอล” ไปทิ้งบริเวณปากอ่าวปัตตานี จำนวน 30,000 ลูก และจะทยอยทิ้งให้ครบ 1 ล้านลูก ภายใน 1 เดือน (นิรนาม, 2552)

ดร.นาฬิกอติภัค แสงสนิท รักษาการแทนผู้อำนวยการ องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน หรือ อพท. เปิดเผยว่า อพท. ได้ต่อยอดรูปแบบการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว โดยได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ฟื้นฟูและรักษาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในแหล่งท่องเที่ยว โดยภายหลังที่ อพท. ได้ทำการศึกษาวิจัยร่วมกับอาจารย์ดำรงศักดิ์ แก้ววงษ์ไหม อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี ได้ค้นพบจุลินทรีย์กลุ่มสำคัญที่มีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสียในแหล่งน้ำเค็ม รวมถึงแหล่งน้ำกร่อย และได้มีการทดลองใช้ที่บ้านสลักคอก และบ้านสลักเพชร ปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจทั้ง 2 แห่ง โดยพบว่า จุลินทรีย์สามารถขจัดกลิ่นจากถังสุขาที่อยู่ในทะเล

หรือในบริเวณที่น้ำเค็มเข้าถึง และสามารถขจัดกลิ่นคาวจากอาหารทะเลบริเวณสะพานปลาได้ ซึ่งจากสภาพพื้นที่ขนาด 1 ไร่เศษ เดิมเป็นแหล่งน้ำเค็มเน่าเสีย ผิวน้ำมีสีดำ ส่งกลิ่นเหม็นไกลกว่า 500 เมตร มีสัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก เมื่อทำการทดลองหย่อนบอลจุลินทรีย์ลงในแหล่งน้ำเค็มดังกล่าวจำนวน 30 ลูก ร่วมกับการฉีดพ่นผิวน้ำด้วยจุลินทรีย์และปั๊มน้ำขึ้นบนอากาศเพื่อเติมออกซิเจน พบว่า ภายใน 2 ชั่วโมงแรกน้ำใสขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้น 48 ชั่วโมง น้ำในคลองดังกล่าวใสจนสามารถมองเห็นพื้นคลองด้านล่างที่ลึกกว่า 80 เซนติเมตร และหมดกลิ่นเหม็น (นิรนาม, 2553)

1.2.4 น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล

น้ำหมักชีวภาพ หรือน้ำสกัดชีวภาพ หรือจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganism, EM) ในกรณีที่ใช้เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม หมายถึงของเหลวที่ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ จากส่วนของพืชหรือสัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักที่จำกัดปริมาณออกซิเจน องค์ประกอบหลักในน้ำหมักชีวภาพคือกรดอินทรีย์ เช่น กรดแลกติก และอะซิติก ที่เกิดจากบทบาทของ แลกติกแอสิดแบคทีเรีย (ดวงพร และคณะ, 2548) ถูกค้นพบโดย ศาสตราจารย์ ดร. เทรูโอะ ฮิงะ ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น โดยเริ่มค้นคว้าตั้งแต่ พ.ศ. 2510 และค้นพบกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพเมื่อปี พ.ศ. 2526 โดย ดร. เทรูโอะ ฮิงะ ได้ศึกษาการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติทั่วไป พบว่ามีกลุ่มจุลินทรีย์หลักอยู่ร่วมกัน 5 วงศ์ 10 สกุล 80 ชนิด มีทั้งที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) โดยจะแลกเปลี่ยนสารอาหารซึ่งกันและกัน และทำให้เกิดความสมดุลขึ้น (สุพรชัย, 2547)

น้ำหมักชีวภาพมี 2 ประเภท คือ

1. น้ำหมักชีวภาพจากพืช โดยการหมักเศษพืชสดในภาชนะที่มีฝาปิด นำเศษผักมาผสมกับน้ำตาล จัดเรียงผักเป็นชั้นโดยสลับกันระหว่างน้ำตาลกับพืชผัก ในอัตราส่วนน้ำตาลต่อเศษผักเท่ากับ 1:3 หมักในสภาพไร้ออกซิเจน โดยบรรจุผักลงในภาชนะให้แน่นแล้วปิดฝาภาชนะให้แน่น ทิ้งไว้ในที่ร่มประมาณ 3-7 วัน จะเกิดของเหลวสีน้ำตาลเข้มไม่มีกลิ่นเหม็น ของเหลวเป็นน้ำที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายเศษพืชผักโดยจุลินทรีย์ ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ เป็นต้น

2. น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์ เป็นการย่อยสลายเศษอวัยวะของสัตว์ เช่น หัวปลา ก้าง พุงปลา เลือด เป็นต้น ผ่านกระบวนการหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนให้เกิดการย่อยสลายเองตามธรรมชาติ

ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพมีหลักๆ 3 ด้านได้แก่ ทางการเกษตร เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และปรับปรุงดิน ทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการกำจัดน้ำเสียกำจัดกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะจากมูลสัตว์ หรือใช้ในระบบบำบัดแบบไร้อากาศ และยังสามารถใช้เป็นเครื่องดื่มเสริมสุขภาพ ซึ่งในกรณีหลังต้องใช้วัสดุที่ดี และสะอาด การนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้บำบัดน้ำเสียมีการใช้โดยชุมชนพอสมควร ได้ผลน่าพอใจบ้าง ไม่ได้ช่วยบ้าง จนถึงขณะนี้ยังไม่มีการศึกษาวิจัยว่าทำไมน้ำหมักชีวภาพจึงบำบัดน้ำเสียได้ (ดวงพร และคณะ, 2552)

อีเอ็มบอล คือการนำน้ำหมักชีวภาพ หรือหัวเชื้อจุลินทรีย์มาผสมกับวัสดุต่างๆ เช่น รำ มูลสัตว์ ดิน ขี้เลื่อย เป็นต้น เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนี้ (องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน, 2554)

1. สร้างที่ยึดเกาะให้แก่จุลินทรีย์ และสะดวกต่อการเก็บรักษา
2. เพื่อสร้างอาหารให้จุลินทรีย์จากวัสดุที่ใช้ ทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น
3. ทำให้สามารถใส่จุลินทรีย์ลงไปใต้น้ำไปยังบริเวณที่ต้องการบำบัดได้ดีขึ้น ลดการสูญเสียจากการละลายน้ำ

ประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

จุลินทรีย์ในธรรมชาติแบ่งตามประโยชน์ในการใช้งานมีด้วยกัน 3 กลุ่มคือ 1. กลุ่มสร้างสรรค์ เป็นกลุ่มที่มีคุณภาพมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ มีประมาณ 10% 2. กลุ่มทำลาย เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษ เป็นเชื้อก่อโรค มีประมาณ 10% และ 3. กลุ่มเป็นกลาง มีประมาณ 80% โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้หากอยู่ในสภาวะที่จุลินทรีย์สองกลุ่มแรกกลุ่มใดมีมากกว่ากลุ่มนี้ก็จะสนับสนุน การทำงานของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะเป็นการย่อยสลายเศษสิ่งปฏิกูลต่างๆ โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะของเสีย และกลิ่นเน่าเหม็น (อานัฐ, 2554)

องค์ประกอบของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ หรือจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) สามารถแยกออกได้เป็น 5 กลุ่มคือ

1. กลุ่มจุลินทรีย์เชื้อราที่มีเส้นใย (filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้อนุภาคของสารอินทรีย์เล็กลง ทำงานได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน ทนความร้อนได้ดี จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่ *Penicillium* spp. *Trichoderma* spp. และ *Aspergillus* spp.
2. กลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (photosynthetic microorganism) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่สิ่งแวดล้อม เช่น ธาตุไนโตรเจน กรดอะมิโน น้ำตาล เป็นต้น ทำงานโดยมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกับจุลินทรีย์ *Azotobacter* เช่น *Chlorobium* spp. *Chromatium* spp. และ *Rhodospirillum* spp. เป็นต้น
3. กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก (fermentating microorganism) ทำหน้าที่ย่อยสลายโดยการหมัก ใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตปุ๋ยหมัก และกระตุ้น *Azotobacter* และ mycorrhizae ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช มีจุลินทรีย์หลัก ได้แก่ Ray fungi (actinomycetes) ยีสต์ (yeast) ตัวอย่างเช่น *Streptomyces* spp. *Saccharomyces* spp. เป็นต้น
4. กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน (nitrogen-fixing microorganism) ทำหน้าที่ตรึงไนไตรเจนในอากาศสู่ดิน และน้ำ พบทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย และแบคทีเรีย ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่ *Azotobacter* spp. *Anabaena* spp. เป็นต้น
5. กลุ่มจุลินทรีย์ผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียกลุ่มที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ เช่น *Lactobacillus* spp. เป็นต้น

บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่มีในน้ำหมักชีวภาพมีหลายประเภท แต่จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

1.) แบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบในน้ำหมักชีวภาพหลายสายพันธุ์มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุที่ใช้ในการผลิต ซึ่งเป็นสารอินทรีย์มาจากสิ่งที่มีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆ เล็กลง และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แบคทีเรียที่พบและมีบทบาทมากในน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

ก. แบคทีเรียในสกุลบาซิลลัส (*Bacillus* sp.) บทบาทของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ในกระบวนการหมักคือจัดเป็นพวก Ammonifiers เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพสารอินทรีย์ในโตรเจนให้เป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวส่วนใหญ่จะเป็นแอมโมเนีย และแบคทีเรียในสกุลบาซิลลัส สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส (Protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยมีน้ำเป็นตัวร่วมปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Hydrolysis) แปรสภาพโปรตีนให้เป็นโพลีเปปไทด์ (Polypeptides) และแปรสภาพโอลิโกเปปไทด์ (Oligopeptides) ให้เป็นกรดอะมิโน (Amino acids) เอนไซม์นี้ถ้าย่อยโปรตีนในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอ (Aerobic Proteolysis) จะได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟต และน้ำ แต่หากย่อยสลายโปรตีนในสภาพที่ปราศจากออกซิเจนจะได้แอมโมเนีย เอมีน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ Indole Skatole Mercaptans และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น (Foul Smelling) นอกจากนี้แบคทีเรียสกุลบาซิลลัส ยังสามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชกลุ่ม ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ได้

ข. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น แบคทีเรียแกรมบวก อยู่ใน Family Lactobacillaceae ไม่มีการสร้างสปอร์ (Endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีบทบาทอย่างมากในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ที่กระบวนการผลิตใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกอาศัยอยู่ในธรรมชาติหลายแหล่งโดยเฉพาะในที่ที่มีน้ำตาลชนิดต่างๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก กรดฟอร์มิก เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียกลุ่มนี้ชนิดที่เป็น Anaerobic หรือ Facultative ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus* sp. มีความต้องการสารอาหารพวกสารประกอบอินทรีย์มีโครงสร้างซับซ้อนพบในกระบวนการหมักมีการเจริญได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่ก็มีความสามารถเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ในสภาพที่มีออกซิเจนด้วย น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้ กลุ่ม Lactic acid bacteria แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งเรียกว่า Homofermentative จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) เท่านั้น สำหรับกลุ่มที่สองเรียกว่า Heterofermentative หลังจากกระบวนการหมักจะได้กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีอยู่ในสภาพธรรมชาติทั้งในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์

นม กรดแลคติกมีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารหลายชนิด เช่น ผักดองต่างๆ ผลิตภัณฑ์นม จำพวก เนยแข็ง จุลินทรีย์ดังกล่าวมีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง โดยสภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลไปยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ หรือกำจัดจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ปฏิกิริยาโดยสรุปของการสร้างกรดแลคติกจากน้ำตาล โดยกลุ่มแบคทีเรีย Lactic Acid Bacteria คือ

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ไร้ออกซิเจน}} 2CH_3.CHOH.COOH$$

(กลูโคส) (กรดแลคติก)

ค. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียรูปแท่ง (Rod) และกลม (Cocci) แกรมลบ (Gram negative Aerobic) เคลื่อนที่ได้ อยู่ใน Family Acetobacteraceae เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ทนทานต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 5.0 และเจริญอยู่ได้ในที่ที่มีค่า pH ต่ำระหว่าง 3.0-3.5 ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* sp. บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะทำหน้าที่แปรสภาพหรือเปลี่ยนแอลกอฮอล์ เอทานอล (Ethanol) ให้เป็นกรดอะซิติก โดยปฏิกิริยา Oxidation ในสภาพที่มีออกซิเจน มีปฏิกิริยาโดยสรุปคือ

$$C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{มีออกซิเจน}} CH_3 . COOH + H_2O$$

(เอททิลแอลกอฮอล์) (กรดอะซิติก)

2.) เชื้อรา ราที่มีบทบาทในกระบวนการหมักในน้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์และราที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย

ก. ยีสต์ (Yeasts) เป็นราเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างกลม หรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นแบบไม่อาศัยเพศ อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่ออายุมากจะมีรูปร่างรียาว ยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็น เอททิลแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ในกระบวนการหมักยีสต์จะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผักและผลไม้หรือปลา

สดร่วมกับกากน้ำตาล (อาจใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล (1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอกเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมัก อาจจะเรียกว่า Top Yeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลง ปฏิกิริยาโดยสรุปคือ

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi \xrightarrow{\text{ไร้ออกซิเจน}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP$$

(กลูโคส) (เอททิลแอลกอฮอล์)

จะได้ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ Glycerol, Acetic Acid, Organic Acid, Amino Acid, Purines, Pyrimidines และ Alcohol นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็น pH ระหว่าง 4.0-6.5 ในสภาพที่มีค่า pH ของน้ำหมักระหว่าง 1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ pH ของน้ำหมักต่ำลง สภาวะที่ค่า pH ของน้ำหมักมีค่าต่ำนั้นมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำหมัก

ข. ราเส้นใย เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บริเวณผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพ ในการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อย สภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ ราที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มรา Phycomycetes ได้แก่ ราในสกุล *Mucor* และอื่นๆ (อานัฐ, 2554)

1.2.5 กระบวนการในน้ำหมักชีวภาพ

การหมัก (Fermentation)

การหมักในทางชีวเคมี หมายถึง การสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์เป็นตัวให้และตัวรับอิเล็กตรอน เฉพาะกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจน (นิรนาม, 2554ข)

ในทางจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม การหมักหมายถึง กระบวนการเปลี่ยนวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยอาศัยการทำงานจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก เช่น ไวน์ เบียร์ ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว ยาปฏิชีวนะ เอทานอล กรดซิตริก เป็นต้น (นิรนาม, 2554ข)

ในกระบวนการหมักต้องอาศัยจุลินทรีย์ เพื่อให้จุลินทรีย์ทำในสิ่งที่ต้องการ เช่น ผลิตสารเคมีบางชนิด หรือเพิ่มจำนวนเซลล์มากๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงธรรมชาติของเซลล์จุลินทรีย์ การเจริญเติบโตของเซลล์ (Growth) คือการเพิ่มจำนวนหรือการสร้างเซลล์ใหม่ สิ่งมีชีวิตจะนำโมเลกุลที่เป็นส่วนประกอบในอาหารมาสังเคราะห์เป็นส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ โดยกระบวนการสังเคราะห์เกือบทั้งหมดเป็นปฏิกิริยาชีวเคมี ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทำงานของเอนไซม์ต้องมีสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ pH และโคแฟคเตอร์ นอกจากนี้ยังต้องอาศัยพลังงานเพื่อให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในกระบวนการหมักจึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

พลังงาน พลังงานที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโตมาจากสองแหล่ง คือ พลังงานแสง และพลังงานจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบในอาหาร จุลินทรีย์พวกที่ใช้แสงได้ เช่น สาหร่าย (Algae) และแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic bacteria) โดยอาศัยรงควัตถุ (pigments) จึงสามารถดึงพลังงานแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์โมเลกุลสารประกอบต่างๆ ส่วนแบคทีเรียบางชนิดจะใช้พลังงานจากการออกซิไดซ์สารอนินทรีย์ พวกที่เหลือรวมทั้งยีสต์และราเส้นใยไม่สามารถออกซิไดซ์สารอนินทรีย์จึงจำเป็นต้องออกซิไดซ์จากสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไลปิด โปรตีน และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น พลังงานที่ได้จะสะสมอยู่ในรูปของโมเลกุล ATP และสามารถนำไปใช้สังเคราะห์โมเลกุลและเซลล์ใหม่

อาหาร เป็นแหล่งวัตถุดิบที่จุลินทรีย์นำไปใช้สร้างเซลล์ ดังนั้นอาหารจึงควรประกอบด้วยธาตุต่างๆ ในปริมาณที่สอดคล้องกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และแร่ธาตุอื่นๆ โดยทั่วไปธาตุไฮโดรเจนมีอยู่ในสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเกือบทุกชนิด ออกซิเจนก็เช่นเดียวกัน นอกจากนี้จุลินทรีย์สามารถใช้ออกซิเจนจากอากาศที่ละลายในสารละลายได้อีกด้วย แหล่งคาร์บอนควรเป็นโมเลกุลสารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ง่าย เช่น กลูโคส ฟรุคโตส นอกจากนี้ยังมีสารประกอบคาร์บอนอื่นๆ เช่น แป้ง น้ำมัน เป็นต้น สำหรับแหล่งไนโตรเจน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถใช้ในรูปแอมโมเนีย หรือเกลือแอมโมเนีย หรือในรูปสารอินทรีย์เช่น กรดอะมิโน โปรตีน ยูเรีย หรือสารสกัดจากยีสต์ เนื้อวัว ปลา ถั่วลิสง เป็นต้น แหล่งแร่ธาตุจำเป็นที่ต้องการมากได้แก่ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ซัลเฟอร์ แมกนีเซียม โซเดียม แคลเซียม และคลอรีน ส่วนแร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยได้แก่ โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม และสังกะสี นอกจากนี้ในอาหารควรมีโคเอนไซม์และสารกระตุ้นการเจริญที่จำเป็นได้แก่พวก วิตามิน ต่างๆ เช่น Biotin, Calcium pantothenate, Thiamine ฯลฯ

อุณหภูมิ ปฏิกิริยาชีวเคมีของเอนไซม์ในจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิไม่เหมือนกัน จึงเป็นเหตุผลที่อธิบายว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงไม่เท่ากัน หากจุลินทรีย์ที่แยกจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมก็จะเจริญเติบโตได้ดีที่ 37 ^{o}C จุลินทรีย์บางพวกอาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนก็มักจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตประมาณ 75-80 ^{o}C เป็นต้น

pH เอนไซม์เป็นโปรตีนมีช่วงการเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะ pH ที่เหมาะสมต่างกัน โดยทั่วไปแบคทีเรียมักเจริญได้ดีที่ pH เป็นกลาง ยีสต์และฟังไจเจริญได้ดีใน pH ที่เป็นกรด เป็นต้น การจะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี ก็ควรปรับ pH ของอาหารตรงกับความต้องการของจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ

สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกประการคือ จุลินทรีย์ที่สนใจมีการเจริญเติบโตแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) หรือ แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) แบคทีเรียส่วนใหญ่และยีสต์สามารถเจริญได้ทั้งสองสภาวะ (Facultative anaerobic) ซึ่งการเจริญในแต่ละสภาวะมักไม่เท่ากัน ส่วนพวกรา (Fungi) สาหร่าย (Algae) และแบคทีเรียบางพวกต้องการออกซิเจนในการเจริญ สำหรับแบคทีเรียบางชนิดเจริญได้ในสภาวะไร้ออกซิเจนเท่านั้น (Strict anaerobic)

ปฏิกิริยาชีวเคมีในการเผาผลาญสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์

จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ต้องการสารอาหารที่ประกอบด้วยธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจน เป็นต้น ในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก ใช้ในการสังเคราะห์เป็นโมเลกุลในส่วนประกอบต่างๆของเซลล์ โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะได้พลังงานจากแหล่งที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่สังเคราะห์แสงได้จะได้พลังงานจากแสง ส่วนกลุ่มที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ จะได้จากสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร (สมใจ, 2544)

คาร์บอนเป็นธาตุสำคัญในการสร้างพลังงานและเซลล์ ซึ่งโดยปกติจุลินทรีย์กลุ่มใช้อากาศ จะใช้ธาตุคาร์บอนประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ ในการสร้างเซลล์ ส่วนกลุ่มที่ไม่ใช้อากาศจะใช้คาร์บอนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปฏิกิริยาชีวเคมีในการเผาผลาญสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในการกำจัดน้ำทิ้งมีปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ปฏิกิริยา (พิมล และชัยวัฒน์, 2539) คือ

ปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน (aerobic reaction)

โดยจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนอิสระไปเผาผลาญสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานในการเจริญเติบโต โดยสารที่ได้จากปฏิกิริยานี้เป็นสารที่มีความเสถียร และไม่เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น สารที่ได้จากปฏิกิริยาที่สำคัญได้แก่ น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการเคมีต่อไปนี้

$$\text{Organic matter} + O_2 \xrightarrow{\text{จุลินทรีย์}} CO_2 + H_2O + NO_2 + SO_4^{2-}, \text{etc} + \text{พลังงาน}$$

ปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic reaction)

เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนอิสระ จุลินทรีย์กลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนจะเผาผลาญสารอินทรีย์ จะใช้ออกซิเจนที่อยู่ในรูปของอนุมูลต่างๆ เช่น NO_3^- , SO_4^{2-} ทำให้เกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์ได้เป็นพลังงาน และสารประกอบอื่นๆ รวมถึงก๊าซที่มักมีกลิ่นเหม็น เช่น CH_4 N_2 และ H_2S เป็นต้น ดังสมการเคมีต่อไปนี้

$$\text{Organic matter} + \text{combined } O_2 \xrightarrow{\text{จุลินทรีย์}} H_2O + CH_4 + N_2 + H_2S + CO_2 + \text{พลังงาน}$$

น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลที่ผลิตโดยหน่วยงานราชการ

น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554)

สารเร่ง พด. 6 เป็นจุลินทรีย์ที่กรมพัฒนาที่ดินผลิตขึ้น โดยสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 เป็นผู้คิดค้นและพัฒนาขึ้นมา เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักเศษอาหารในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยมีวัตถุประสงค์ในการผลิตเพื่อใช้เป็นสารสำหรับทำความสะอาดคอกสัตว์ บำบัดน้ำเสีย และลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำ โดยสารเร่ง พด.6 มีส่วนประกอบของจุลินทรีย์ คือ *Saccharomyces* sp. มีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10^7 เซลล์ต่อกรัม, *Lactobacillus* sp. มีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10^7 เซลล์ต่อกรัม, *Bacillus* sp. มีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10^7 เซลล์ต่อกรัม และปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมดต้องไม่ต่ำกว่า 10^{10} เซลล์ต่อซองขนาด 100 กรัมโดยมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

ประโยชน์ของสารเร่ง พด.6

1. ทำความสะอาดคอกสัตว์ เนื่องจากค่า pH ของสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นอยู่ระหว่าง 3 - 4 มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเหม็นไม่สามารถเจริญเติบโตได้
2. ช่วยบำบัดน้ำเสีย และลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำ จากขยะสด และพื้นที่เน่าเหม็น ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีน ไขมัน และผลิตกรดอินทรีย์

คุณสมบัติของจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.6

1. ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์
2. แบคทีเรียผลิตเอนไซม์โปรทีเอส ย่อยสลายโปรตีน
3. แบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปส ย่อยสลายไขมัน
4. แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก

อัตราและวิธีการใช้

1. การทำความสะอาดคอกสัตว์และบำบัดน้ำเสีย เจือจางสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็น : น้ำ เท่ากับ 1 : 10 เทลงบริเวณที่บำบัดทุกวัน หรือทุก ๆ 3 วัน

2. การใส่ในบ่อกุ้งและบ่อปลา ใช้สารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็น 100 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำในบ่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก ๆ 10 วัน

DASTA Ball (ลูกบอลดาสต้า) (องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน, 2554)

อาจารย์ดำรงศักดิ์ แก้ววงษ์ไหม อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตั้งชื่อของจุลินทรีย์ก้อนว่า “DASTA Ball” เพื่อเป็นเกียรติและขอบคุณ องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การมหาชน) หรือ อพท. ในฐานะเป็นผู้สนับสนุนงานวิจัย โดย อพท. และมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีได้ส่ง DASTA Ball ไปทดสอบทางวิทยาศาสตร์โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้นำตัวอย่าง DASTA Ball ขนาด 225 กรัม ไปทดสอบด้วยการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียกลุ่มบาซิลลัสทั้งหมดในภาวะอุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส (Heat shock method) พบว่าจุลินทรีย์มีการขยายตัวจากเดิมที่มีกลุ่มบาซิลลัสอยู่ 10^6 cfu/กรัม กลายเป็นกลุ่มบาซิลลัสทั้งหมด 10^7 cfu/กรัม สายพันธุ์ของจุลินทรีย์ ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมใน DASTA Ball ได้แก่ สายพันธุ์ *Bacillus subtilis, Bacillus megaterium, Bacillus licheniformis* จากหัวเชื้อจุลินทรีย์ (ปม.1) ที่ผ่านการคัดเลือกโดยนักวิชาการกรมประมงและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จากการทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าวเป็นสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในน้ำกร่อยและน้ำเค็มเจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็มของน้ำ 5 - 32 ส่วนในพันส่วน pH อยู่ในช่วง 7 - 8.5

กรรมวิธีการผลิต

DASTA Ball ประกอบด้วย จุลินทรีย์น้ำเค็มจากหัวเชื้อจุลินทรีย์ (ปม.1) เพอร์ไลท์ ขี้ไก่ น้ำหมักปลา รำละเอียด อาหารกุ้ง กากน้ำตาล และใช้น้ำทะเลในพื้นที่บริเวณที่ต้องการบำบัดเป็นส่วนผสมของบอลจุลินทรีย์ เพื่อการปรับสภาพของจุลินทรีย์ให้สามารถอยู่ได้ในน้ำเค็มที่มีระดับความเค็มเท่ากับสภาพพื้นที่จริง ทำการปั้นให้เป็นลูกกลม ซึ่งเป็นการสร้างที่ยึดเกาะให้แก่จุลินทรีย์ และเพื่อให้มีอาหารเลี้ยงตัวเอง รวมทั้งทำให้จุลินทรีย์จมลงไปใต้ทะเลหรือบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นจุดต้นเหตุของน้ำเสีย ทำให้อยู่ในสภาวะแวดล้อมได้ดีและนานกว่าจุลินทรีย์รูปแบบอื่น และทำปฏิกิริยาได้ตรงจุดที่ต้องการบำบัด

ส่วนผสมน้ำหมักจากปลาใน DASTA Ball

ปลาสด กุ้ง หอย ปู	จำนวน	20.0 กิโลกรัม
กากน้ำตาล	จำนวน	4.0 กิโลกรัม
เศษผักสด	จำนวน	5.0 กิโลกรัม
เชื้อจุลินทรีย์	จำนวน	0.5 ลิตร
น้ำส้มสายชู	จำนวน	0.3 ลิตร
น้ำสะอาด	จำนวน	100.0 ลิตร

นำปลาสดและผักมาผสมกับน้ำส้มสายชู เติมน้ำและกากน้ำตาลผสมให้เข้ากันแล้วจึงเติมจุลินทรีย์เป็นอันดับสุดท้าย และกวนทุกวัน หมักทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน

วิธีใช้

โยน DASTA Ball ในแหล่งน้ำที่ต้องการบำบัด หลังจากโยน DASTA Ball จมลงและละลายภายใน 2 ชั่วโมง โดยเพอร์ไลท์จะทำหน้าที่ปรับค่า pH ให้อยู่ที่ pH 5 - 8 ให้เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ จากลักษณะทางกายภาพของเพอร์ไลท์ซึ่งมีรูพรุน ทำให้จุลินทรีย์มีที่ยึดเกาะเพื่อการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยโยนบอลในแหล่งน้ำเสียทุก 1 เดือน (บอลจุลินทรีย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว/225 กรัม ใช้ 1 ก้อน ต่อพื้นน้ำประมาณ 6 ตารางเมตร บอลจุลินทรีย์ 1 ลูกบำบัดน้ำได้ประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตร หรือ 22.5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

สูตรน้ำหมักชีวภาพ และจุลินทรีย์ก้อนของเกษตรกรที่ได้รับความนิยม

1. **น้ำหมักชีวภาพบำบัดน้ำเสียสูตร คุณจรูญ ไกรเนตร**

   วัสดุ-อุปกรณ์:

   . เปลือกสับปะรดสีเขียวที่มีคราบสีขาวๆติดอยู่บริเวณตาสับปะรด 1 กิโลกรัม

   . กากน้ำตาล 2 ลิตร

   . น้ำ 20 ลิตร

   การใช้ประโยชน์ : ใช้น้ำหมักในอัตรา 5 ลิตร ต่อพื้นที่บ่อ 1 ไร่ หรือ 3.125 มิลลิลิตรต่อลูกบาศก์เมตร คำนวณโดยกำหนดให้ระดับน้ำลึก 1 เมตร โดยใส่น้ำหมักทุก 15 วัน สาดให้ทั่วบ่อในตอนแดดร่ม

แหล่งอ้างอิงข้อมูล :

ชื่อ - นามสกุล : คุณจรูญ ไกรเนตร

ที่อยู่ : จังหวัดสมุทรปราการ (นิรนาม, 2554ก)

2. น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

วัสดุ-อุปกรณ์

• น้ำตาลทรายแดง 3 กิโลกรัม

• ฟักทองแก่ 3 กิโลกรัม

• มะละกอสุก 3 กิโลกรัม

• กล้วยน้ำว้า 3 กิโลกรัม

• น้ำ 9 ลิตร

การนำไปใช้

• ใส่ในบ่อเลี้ยงปลาได้ทั้งบ่อดิน และบ่อรองพลาสติก ในอัตรา น้ำหมัก 3 ลิตร ต่อบ่อขนาด 1 ไร่ 7หรือ 15 วันครั้งตามสภาพน้ำ หรือ 1.875 มิลลิลิตรต่อลูกบาศก์เมตร คำนวณโดยกำหนดให้ระดับน้ำลึก 1 เมตร

แหล่งอ้างอิงข้อมูล :(นิรนาม, 2554ก)

3. ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา สูตร คุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์

วัสดุ-อุปกรณ์

• สับปะรด 40 กิโลกรัม

• กากน้ำตาล 10 กิโลกรัม

• น้ำ 10 ลิตร

• สารเร่ง พด. 2 จำนวน 1 ซอง (25 กรัม)

อัตราการใช้

ใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดเพื่อบำบัดน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในอัตราส่วน 3-5 ลิตรต่อไร่ หรือ 3.125 มิลลิลิตรต่อลูกบาศก์เมตร โดยใส่ทุกๆ 5 วันให้ทั่วบ่อ

แหล่งอ้างอิงข้อมูล :

ชื่อ - นามสกุล : คุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์

ที่อยู่ : ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ (สุปรีชา, 2551)

4. ก้อนจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียสูตร คุณสมาน ยะธาตุ

วัสดุ-อุปกรณ์

. รำละเอียดหรือรำอ่อน 2 กิโลกรัม

. รำหยาบจำนวน 1 กิโลกรัม

. ทรายร่อนละเอียด 2 กิโลกรัม

. กากน้ำตาล 10 ซีซี

. หัวเชื้อจุลินทรีย์ 2 ช้อนโต๊ะ

. หน้าดิน 2 กิโลกรัม (จุลินทรีย์ธรรมชาติ)

อัตราการใช้

ในการบำบัดน้ำในบ่อปลาใช้จุลินทรีย์ 1 ก้อน (น้ำหนักประมาณ 200 กรัม) ต่อพื้นที่บ่อปลา 1 ตารางเมตร หรือใช้บำบัดน้ำเสียที่มีกลิ่นเหม็นในอัตรา 1 ก้อนต่อน้ำเสีย 3000-5000 ลิตร หรือ 200 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร คำนวณโดยกำหนดให้ระดับน้ำลึก 1 เมตร โดยโยนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำทุกๆ 15 วัน

แหล่งอ้างอิงข้อมูล :

ชื่อ - นามสกุล : คุณสมาน ยะธาตุ

ที่อยู่ : 61 หมู่ที่ 2 ตำบลห้วยแห้ง อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (นิรนาม, 2554ก)

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลแต่ละชนิดใน น้ำจืด (0 ก./ล.) น้ำกร่อย (10 ก./ล.) และน้ำเค็ม (30 ก./ล.)

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอล

วัสดุในการเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด. 6

-เศษอาหารในครัวเรือน
-น้ำตาล
-สารเร่งพด. 6

น้ำหมักชีวภาพบำบัดน้ำเสียสูตร คุณจรูญ ไกรเนตร

-เปลือกสับปะรดสีเขียวที่มีคราบสีขาวๆติดอยู่บริเวณตาสับปะรด
-กากน้ำตาล

น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลาสูตร นิรนาม

-น้ำตาลทรายแดง
-ฟักทองแก่
-มะละกอสุก
-กล้วยน้ำว้า

ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา สูตร คุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์

-สับปะรด
-กากน้ำตาล
-สารเร่ง พด. 2

วัสดุในการเตรียมอีเอ็มบอล

ลูกบอลดาสต้า

-ขอความอนุเคราะห์จากองค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (อพท.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ผลิต

ก้อนจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียสูตร คุณสมาน ยะธาตุ

-รำหยาบ
-รำละเอียด
-หน้าดิน
-ทรายร่อนละเอียด
-กากน้ำตาล
-หัวเชื้อจุลินทรีย์

อุปกรณ์ที่ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพ

-ถังไฟเบอร์กลาสแบบมีฝาปิด และมีก๊อกสำหรับหมักน้ำหมักขนาด 20 ลิตร
-กะละมังพลาสติกสำหรับผสม และปั้นก้อนจุลินทรีย์
-ถุงพลาสติกขนาด 5 ลิตร

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

นำเศษอาหารในครัวเรือน 40 กิโลกรัม และน้ำตาล 10 กิโลกรัมผสมลงในถังหมัก จากนั้นจึงละลายสารเร่ง พด.6 จำนวน 1 ซอง ในน้ำ 10 ลิตร แล้วเทลงในถังหมักคลุกเคล้าหรือคนให้ส่วนผสมเข้ากันปิดฝาแต่ไม่ต้องสนิท ใช้ระยะเวลาหมัก 20 วัน จึงได้น้ำหมักที่พร้อมใช้งาน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554)

น้ำหมักชีวภาพบำบัดน้ำเสียสูตร คุณจรูญ ไกรเนตร

นำเปลือกสับปะรดสีเขียวที่มีคราบสีขาวๆติดอยู่บริเวณตาสับปะรด 1 กิโลกรัมมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่เปลือกสับปะรดและกากน้ำตาล 1 ลิตรในถุงพลาสติกคลุกเคล้าให้เข้ากัน มัดปากถุงให้แน่นหมักทิ้งไว้ 14 วัน เมื่อครบกำหนดแกะถุงกรองเอาเฉพาะน้ำหมัก 1 ลิตร นำน้ำหมักที่ได้ผสมกับกากน้ำตาล 1 ลิตร เติมน้ำ 20 ลิตรผสมให้เข้ากันในถังหมัก แล้วปิดฝาให้สนิทจากนั้นนำไปวางไว้ในที่ร่ม หมักทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ก็สามารถนำไปใช้ได้ (นิรนาม, 2554ก)

น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

หั่นมะละกอ 3 กิโลกรัม กล้วยน้ำว้าสุก 3 กิโลกรัม และฟักทอง 3 กิโลกรัมทั้งเปลือกและเมล็ดใส่ในถังหมักที่มีฝาปิด แล้วจึงผสมน้ำตาลทรายแดง 3 กิโลกรัม คนให้เข้ากัน ปิดฝาให้แน่นหมักทิ้งไว้ 7 วัน จากนั้นเติมน้ำ 9 ลิตร ปิดฝาให้แน่นแล้วหมักต่ออีก 15 วันจึงนำไปใช้ได้ (นิรนาม, 2554ก)

ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา สูตร คุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์

นำสับปะรดทั้งลูก หรือเศษ ไม่ต้องปอกเปลือก 40 กิโลกรัมมาต้มจนสุก ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วสับให้ละเอียด แล้วนำส่วนสับปะรด กากน้ำตาล 10 ลิตร น้ำ 10 ลิตร มาผสมให้เข้ากัน ใส่ในถังหมักจากนั้นใส่สารเร่ง พด. 2 1 ซอง (25 กรัม) คนให้เข้ากันหมักไว้ 7 วันแล้วนำไปใช้ได้ (สุปรีชา, 2551)

การเตรียมก้อนจุลินทรีย์

ลูกบอลดาสต้า

เนื่องจาก ลูกบอลดาสต้าเป็นก้อนจุลินทรีย์ที่ผลิตโดยหน่วยงานของราชการเพื่อแจกจ่ายแก่เกษตรกร จึงไม่ต้องเตรียมเอง แต่ขอความอนุเคราะห์ก้อนจุลินทรีย์จากหน่วยงานที่ผลิต

ก้อนจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียสูตร คุณสมาน ยะธาตุ

นำรำหยาบ 1 กิโลกรัม ทรายร่อนละเอียด 2 กิโลกรัม และหน้าดิน 2 กิโลกรัม มาผสมกันในภาชนะคลุกเคล้าให้เข้ากันจากนั้นนำกากน้ำตาล 10 มล. และหัวเชื้อจุลินทรีย์ 2 ช้อนโต๊ะผสมกัน แล้วราดลงไปในภาชนะคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำรำอ่อน 2 กิโลกรัมใส่ตามลงไป คลุกเคล้าให้ทั่ว จากนั้นปั้นเป็นก้อนกลมๆ แล้วนำไปผึ่งลมในที่ร่มไว้ 2 วัน ห้ามตากแดด ก็จะมีราขึ้นขาวๆ เมื่อได้ 1สัปดาห์ราก็จะหายไป (นิรนาม, 2554)

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา และอุปกรณ์ประกอบการทดลองอื่นๆ

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ

-ขวดพลาสติก (polyethylene) ขนาด 500 มล. และ 1000 มล.

-ลังโฟมสำหรับแช่ตัวอย่างน้ำ

-สายยาง ขนาด 0.5 นิ้ว ยาว 1 เมตร

อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

-ตู้กระจก ขนาด 121.5 ลิตร

-ชั้นวางตู้กระจกทดลอง

-ถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1000 ลิตร

-สายยางถ่ายน้ำ

อุปกรณ์และเครื่องมือทดลองในห้องปฏิบัติการ

-กระดาษกรองใยแก้ว (GF/C; glass microfibre filter)

-ตู้อบแห้ง (Oven)

-เครื่องชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 2 และ 5 ตำแหน่ง)

-สารเคมีที่จำเป็นในการทดลอง

-เครื่องแก้วที่จำเป็นในการทดลอง

เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

-เครื่องวัดความเค็ม (Salinorefractometer, ATAGO S-28)

-เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH meter, CyberScan 500)

-เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

-เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, LKB Biochrom 4051)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย

-หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด(PYREX) 16×150 มิลลิเมตร

-Plate ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานทางจุลชีววิทยา และการวิเคราะห์ทางเคมี

-เครื่อง Autoclave ของบริษัท TOMY

-เครื่อง Hot air oven ของบริษัท Venticell

-เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น SP-300 ของบริษัท OPTIMA

-เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ของบริษัท METTLER TOLEDO

-เครื่องวัดค่า Electrical Conductivity ของบริษัท METTLER TOLEDO

-เครื่องวัดค่า Redox potential ของบริษัท LIO LAB

-เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่น Sorvall Rc 5C ของบริษัท GMI

2.3 วิธีการทดลอง

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของน้ำหมักชีวภาพ

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของน้ำหมักชีวภาพคือ ค่าการนำไฟฟ้าเพื่อศึกษาความสามารถในย่อยสลายวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพ ค่าความเป็นกรด-ด่างเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ pH ในกระบวนการหมัก และบอกถึงความเหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มเป้าหมาย ปริมาณกรดทั้งหมดเพื่อศึกษาผลผลิตที่ได้จากการหมักว่าจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายวัตถุดิบได้ดีเพียงใด และน้ำตาลทั้งหมดเพื่อศึกษาการใช้วัตถุดิบไปในการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มเป้าหมาย ศึกษาทุกวันของการหมัก โดยเก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพ 50 มิลลิลิตรในแต่ละครั้งจากการเปิดก๊อกโดยห้ามเปิดฝาถังหมัก เพื่อทำการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC) ด้วย Electrical conductivity meter ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter วัดปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยวิธี titration method (APHA et al., 1998) ยกเว้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ตรวจวัดทุก 5 วัน ด้วยวิธี Phenol-sulfuric total sugar (Dubois et al., 1956)

2. การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยทดลองในน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ใส่อาหารกุ้งในน้ำหมักจนมีค่าบีโอดีเกินมาตรฐานน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) 3 ประเภท คือ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม แบ่งเป็น 7 ชุดการทดลองๆ ละ 5 ซ้ำ ทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน และใช้ปริมาณของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในแต่ละชุดการทดลองตามอัตราส่วนการใช้ที่ผู้คิดค้น หรือหน่วยงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์กำหนด โดยในน้ำเสียแต่ละประเภทมี ชุดการทดลองดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์)
- ชุดการทดลองที่ 2 ใช้สารเร่ง พด.6 100 มิลลิลิตร/ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก 10 วัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554)
- ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ลูกบอลดาสต้า 22.5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก 30 วัน (องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน, 2554)
- ชุดการทดลองที่ 4 น้ำหมักชีวภาพบำบัดน้ำเสียสูตร คุณจรูญ ไกรเนตร 3.125 มิลลิลิตร/ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก 15 วัน (นิรนาม, 2554ก)
- ชุดการทดลองที่ 5 ใช้น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา 1.875 มิลลิลิตร/ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก 15 วัน (นิรนาม, 2554ก)
- ชุดการทดลองที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา สูตร คุณอนุสรณ์ หว่านฉรงค์3.125 มิลลิลิตร/ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก 5 วัน (สุปรีชา, 2551)
- ชุดการทดลองที่ 7 ก้อนจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียสูตร คุณสมาน ยะธาตุ 200 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ใส่ทุก 15 วัน (นิรนาม, 2554ก)

เตรียมถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร 3 ใบ สำหรับใส่น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด สัตว์น้ำกร่อย และสัตว์น้ำเค็ม โดยการปรับความเค็มของน้ำทะเลด้วยการผสมน้ำจืดให้ได้ความเค็ม 10 กรัมต่อลิตรในน้ำกร่อย และ 30 กรัมต่อลิตรน้ำเค็ม เนื่องจากเป็นระดับความเค็มที่

เกษตรกรนิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเตรียมเป็นน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียม โดยผสมอาหารกุ้งขาวสำเร็จรูป ยี่ห้อ ซีพี 9703 สำหรับกุ้งขนาดเล็ก ปริมาณ 0.7 0.8 และ 1.0 กรัมต่อลิตร ลงในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ตามลำดับ เพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่มีค่า BOD เริ่มต้นอยู่ในช่วงประมาณ 20-30 มิลลิกรัม/ลิตร ใกล้เคียงกับน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งจริง (สิริ และชนินทร์, 2541) แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

ทำการทดลองในตู้กระจกขนาด ก×ย×ส เท่ากับ 45×60×45 เซนติเมตร ความจุน้ำ 121.5 ลิตร ทำความสะอาดและเติมน้ำตัวอย่างให้ได้ปริมาตร 100 ลิตรต่อตู้ เติมอากาศในตู้ทดลองด้วยหัวทราย 1 หัวต่อตู้ และปรับปริมาณการเติมอากาศในอัตรา 2.5 ลิตรต่อนาที ในทุกชุดการทดลองตลอดเวลา ยกเว้นในเวลาเก็บตัวอย่างน้ำหยุดเติมอากาศเป็นเวลา 3 นาที และจัดวางตำแหน่งตู้ในการทดลองโดยการสุ่มด้วยการจับฉลาก ในระหว่างการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่างๆ ดังนี้

(1) ทางด้านกายภาพและเคมี

วิเคราะห์หาปริมาณ แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสรวม ด้วยวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) วิเคราะห์ค่า DO BOD และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solid) ใช้วิธีของ APHA และคณะ (1998) โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำกร่อย และน้ำเค็ม ต้องหักลบด้วยปริมาณเกลือที่ติดบนกระดาษกรอง วัดความเค็มโดยใช้ Salinorefractometer วัดค่า pH โดยใช้ pH meter และวัดอุณหภูมิโดยใช้ Thermometer ทุกพารามิเตอร์ทำการตรวจวัดในวันเริ่มต้น และทุก 3 วันของการทดลอง เป็นเวลา 30 วัน ยกเว้น BOD ที่ทำการตรวจวัดในวันเริ่มต้น และทุก 7 วันของการทดลอง

(2) ทางด้านชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักที่ทำการสุ่มตรวจปริมาณจากตัวอย่างน้ำในระหว่างทำการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในวันเริ่มต้น และทุก 5 วันของการทดลอง ได้แก่ แบคทีเรียย่อยโปรตีน (Proteolytic bacteria : PTB) แลคติกแอสิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria : LAB) เป็นเชื้อที่ผลิตกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติกเพียงอย่างเดียวหรือผลิตทั้งกรดแลคติกและกรดอะซิติกหรือเอทานอล ส่วนยีสต์สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศเล็กน้อย และจะผลิตเอทานอล เนื่องจากจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มเป็นกลุ่มหลักในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ และทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สำคัญเช่น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์น้ำได้ ในการวิเคราะห์ PTB ใช้ Frazier Gelatin Medium (FGM) ด้วยวิธี pour plate, LAB ใช้ MRS (De Man Rogosa and Sharpe) agar ด้วยวิธี pour plate และการนับจำนวนยีสต์ใช้ Potato dextrose agar ด้วยวิธี spread plate (APHA et al., 1998) โดยในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย และสัตว์น้ำเค็ม เติมเกลือ NaCl 1% และ 3% ตามลำดับ

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของตัวแปร โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One Way Analysis of Variances; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำต่างๆ

บทที่ 3

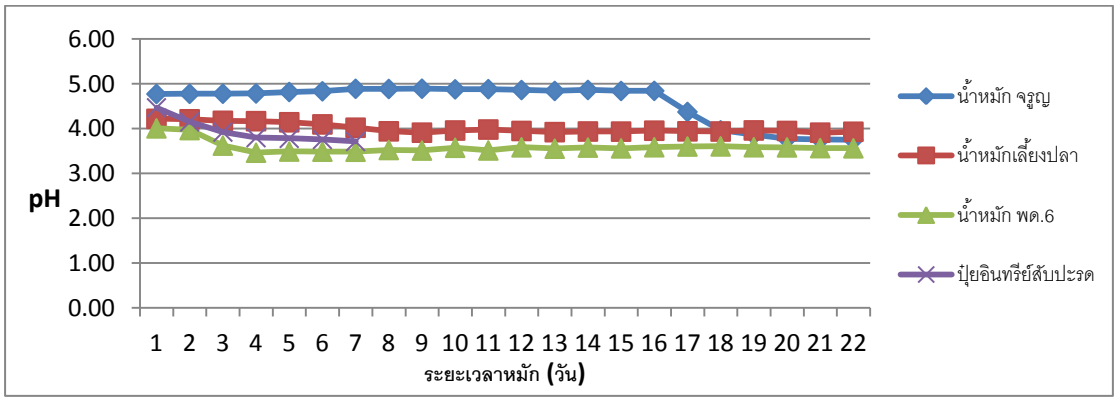
ผลการศึกษา

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของน้ำหมักชีวภาพ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของน้ำหมักชีวภาพทุกวันของการหมักเป็นระยะเวลา 22 วันยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดใช้เวลาหมัก 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำหมักเพื่อทำการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ทุก 5 วัน พบว่า

3.1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

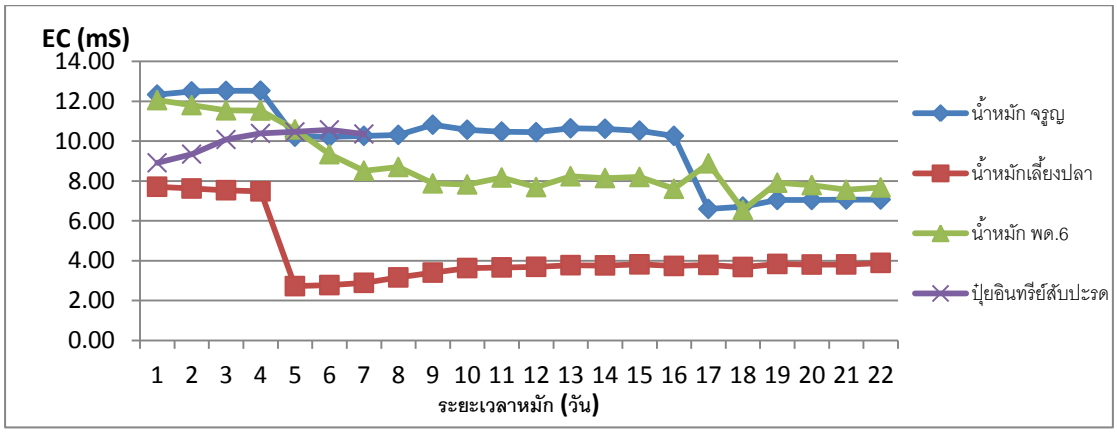
pH ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ อยู่ในช่วง 4.01 ถึง 4.77 ในช่วงวันเริ่มต้นของการหมัก แล้วค่อยๆลดลงไปอยู่ในช่วง 3.56 ถึง 3.93 ในวันสุดท้ายของการหมักโดยทุกสูตรมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และน้ำหมักชีวภาพสูตร สารเร่ง พด.6 มี pH ต่ำสุดในวันสิ้นสุดการหมัก คือ 3.56±0.004 ดังภาคผนวกตารางที่ 1 และรูปที่ 1 แต่พบว่าในสูตรของคุณจรูญ ไกรเนตรมีการเพิ่มของ pH ขึ้นเล็กน้อยในช่วงสัปดาห์แรกแล้วจึงค่อยลดลงเมื่อระยะเวลาในการหมักผ่านไปนานขึ้น และตลอดระยะเวลาหมัก pH ของน้ำหมักทุกสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ภาคผนวกตารางที่ 1)



รูปที่ 1 pH น้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ มีค่าระหว่าง 7.71 ถึง 12.33 mS/cm ในวันเริ่มต้นของการหมัก โดยน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร มีค่าสูงที่สุด แล้วค่อยๆลดลงไปอยู่ที่ระดับ 3.89 ถึง 7.68 mS/cm ในวันสุดท้ายของการหมักโดยทุกสูตรมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นในสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดมีค่าการนำไฟฟ้า 8.91mS/cm ในวันเริ่มต้นของการหมัก แล้วขยับสูงขึ้นไปอยู่ที่ 10.36 mS/cm ในการวัดวันสุดท้าย และตลอดระยะเวลาหมักค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพทุกสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ยกเว้นในวันที่ 18 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ไม่แตกต่างกับน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ดังภาคผนวกตารางที่ 2 และรูปที่ 2

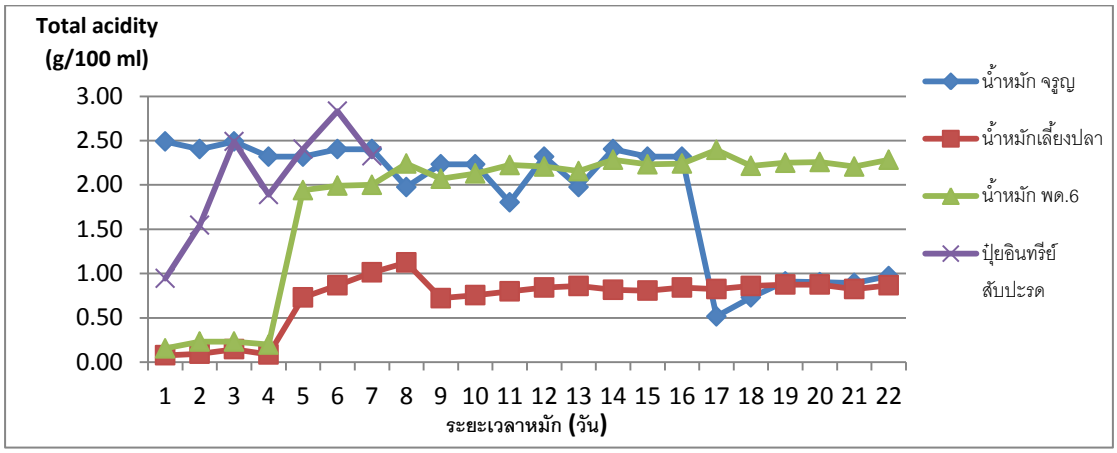


รูปที่ 2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity)

ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ในช่วงวันเริ่มต้นของการหมัก พบว่าน้ำหมักชีวภาพ สูตรน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา สารเร่ง พด.6 และปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดมีค่าในช่วง 0.08 ถึง 0.94 g/100 ml แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ระดับ 0.87 ถึง 2.33 g/100 ml ในวันสุดท้ายของการหมักโดยทุกสูตรมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นในสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ที่มีค่า 2.49 g/100 ml ในวันเริ่มต้นของการหมัก แล้วลดลงไปอยู่ที่ 0.97 g/100 ml ในวันสุดท้าย โดย

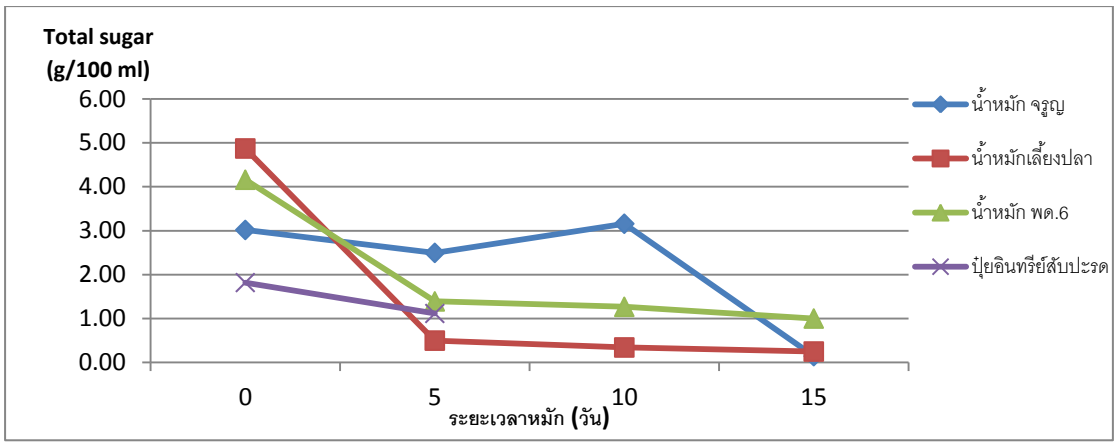
ตลอดระยะเวลาหมักปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<00.5) ดังภาคผนวกตารางที่ 3 และรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.1.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆพบว่า ในวันที่ 5 ของการหมักทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย ระหว่าง 1.82 ถึง 4.87 g/100 ml แล้วค่อยๆลดลง ไปอยู่ที่ระดับ 0.14 ถึง 1.11 g/100 ml ในวันสุดท้ายของการวัดโดยทุกสูตรมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ในสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากมีการเติมน้ำและกากน้ำตาลในสัปดาห์ที่สองของการหมักตามวิธีการที่เจ้าของสูตรคิดค้น เป็น 3.16 g/100 ml ในวันที่ 15 แล้วลดลงเหลือ 0.14 g/100 ml ในการวัดครั้งสุดท้าย และตลอดระยะเวลาหมักปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพทุกสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ดังภาคผนวกตารางที่ 4 และรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดซึ่งหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียม

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียม ที่เติมอาหารกุ้งสำเร็จรูปปริมาณ 0.7 0.8 และ 1.0 กรัมต่อลิตร ในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ตามลำดับ และผสมทิ้งไว้ 3 วันได้ผลดังนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26-27 °C pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.00-8.54 ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.32-5.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.020-0.206 กรัมต่อลิตร แอมโมเนียรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.136-1.386 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.040-0.067 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.021-0.031 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.197-1.340 มิลลิกรัมต่อลิตร และบีโอดีเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.41-26.62 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเทียม (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)

คุณภาพน้ำ	น้ำทิ้งเทียม		
	น้ำจืด	น้ำกร่อย	น้ำเค็ม
อุณหภูมิ (°C)	27.0	27.0	26.0
ความเค็ม (ก./ล.)	0.0	10.0	30.0
pH	8.54±0.04	8.10±0.01	8.00±0.02
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	5.20±0.10	5.47±5.48	4.32±4.34
ของแข็งแขวนลอย (ก./ล.)	0.020±0.003	0.075±0.006	0.206±0.003
แอมโมเนียรวม (มก./ล.)	1.386±0.011	1.136±0.018	1.330±0.013
ไนไตรท์ (มก./ล.)	0.057±0.001	0.040±0.001	0.067±0.001
ไนเตรท (มก./ล.)	0.029±0.001	0.031±0.001	0.021±0.002
ฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.)	1.306±0.001	1.197±0.003	1.340±0.002
บีโอดี (มก./ล.)	26.31±1.44	21.41±2.34	26.62±1.15

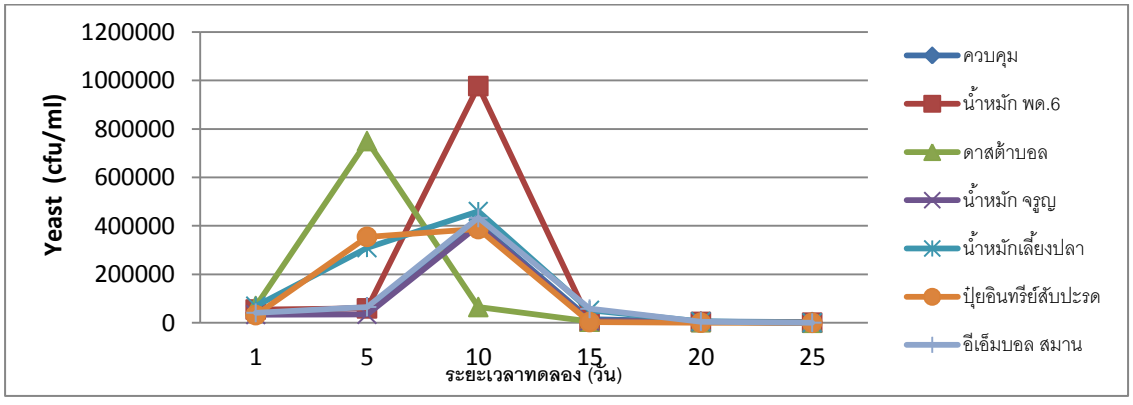
3.3 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

3.3.1 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

จากการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำระหว่างทำการทดลองบำบัดน้ำทิ้งด้วยน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในวันเริ่มต้น และทุก 5 วันของการทดลอง ได้แก่ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria : LAB) และแบคทีเรียย่อยโปรตีน (Proteolytic bacteria : PTB) ได้ผลดังนี้

3.3.1.1 จำนวนยีสต์

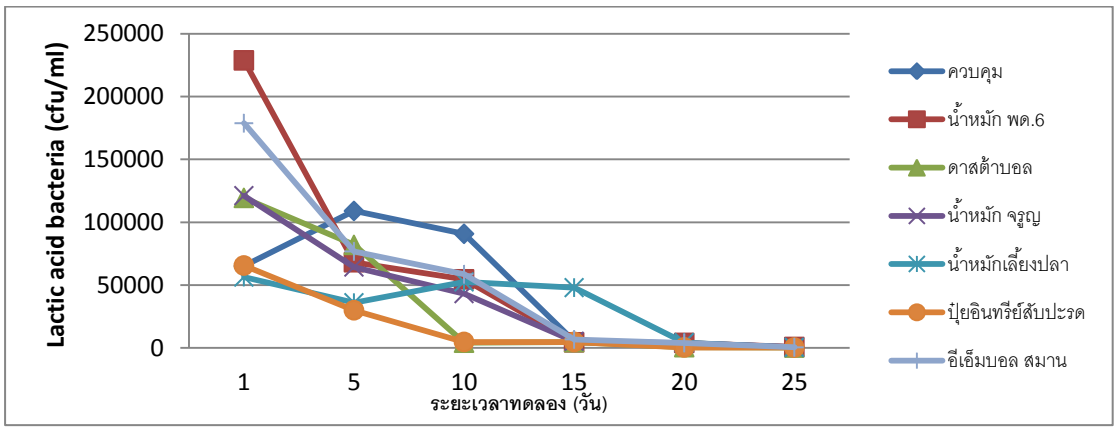
จำนวนโคโลนีของยีสต์ ในวันเริ่มต้นหลังจากใส่น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลมีจำนวนในช่วง 3.2×10^5 ถึง 6.95×10^5 CFU/ml แล้วเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน และเพิ่มมากที่สุดเมื่อผ่านไป 10 วัน โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีจำนวนยีสต์มากที่สุด 9.77×10^6 CFU/ml และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ จากนั้นจำนวนยีสต์ในทุกชุดการทดลองลดลงตามเวลาที่ผ่านไป (รูปที่ 5 และภาคผนวกตารางที่ 5)



รูปที่ 5 จำนวนยีสต์ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.1.2 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรีย

จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในวันเริ่มต้น อยู่ในช่วง 5.65×10^{4} ถึง 2.28×10^{5} CFU/ml โดยชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีแลคติกแอสิดแบคทีเรียน้อยที่สุดและมากที่สุดตามลำดับ และชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีแลคติกแอสิดแบคทีเรียมากแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดทดลองอื่นๆยกเว้น ชุดทดลองอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ เมื่อผ่านไป 5 วันแลคติกแอสิดแบคทีเรียมีจำนวนลดลงยกเว้น ชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และ ชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ ที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นแล้วจึงลดลงใน 5 วันต่อมา และเมื่อมีการเติมอีเอ็มบอล ในวันที่ 15 ชุดอีเอ็มบอลทำให้มีแลคติกแอสิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณแลคติกแอสิดแบคทีเรียในแต่ละชุดทดลองค่อยๆลดจำนวนลงตามเวลาที่ผ่านไป (รูปที่ 6 และภาคผนวกตารางที่ 6)

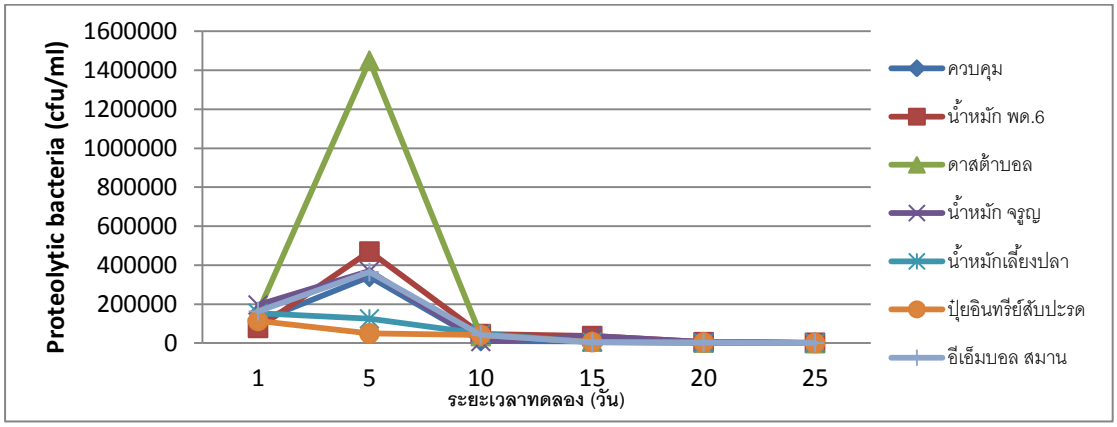


รูปที่ 6 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.1.3 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีน

แบคทีเรียย่อยโปรตีนในวันเริ่มต้นของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 7.82×10^{4} ถึง 1.96×10^{5} CFU/ml ในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดน้ำหมักชีวภาพ สูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ชุดดาสต้าบอล และ ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร มีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วนชุดน้ำ

หมักชีวภาพเลี้ยงปลา ชุดปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรด และ อีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ ลดลง และเมื่อผ่านไป 10 วันทุกชุดมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนลดลงตามเวลาที่ผ่านไป โดยตลอดการทดลองชุดดาสต้าบอล มีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนมากที่สุด 1.45×10^{6} CFU/ml ในวันที่ 5 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ(รูปที่ 7 และภาคผนวกตารางที่ 7)



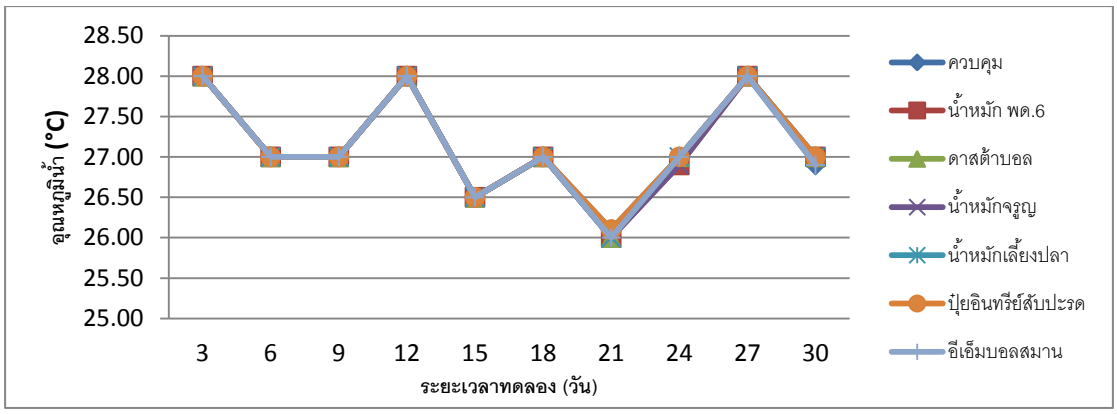
รูปที่ 7 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเทียมที่ทำการเตรียมมีค่า บีโอดี ในวันเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 26.31 มิลลิกรัม/ลิตร เท่ากันทุกชุดการทดลอง เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดดังต่อไปนี้

3.3.2.1 อุณหภูมิ

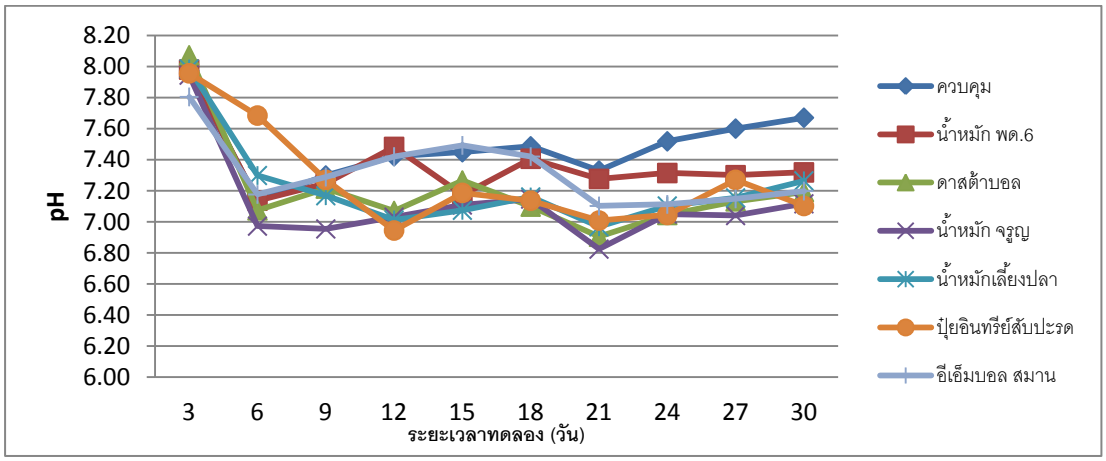
อุณหภูมิของน้ำตลอดระยะเวลาทดลองในทุกชุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 26.0°C และสูงสุด 28.0°C โดยมีแนวโน้มของอุณหภูมิเพิ่มหรือลดในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัดแบบเดียวกันทั้งหมด และต่างกันไม่เกิน 0.10°C ในแต่ละชุดการทดลอง ($p>0.05$) (รูปที่ 8 และภาคผนวกตารางที่ 14)



รูปที่ 8 อุณหภูมิของน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.2 pH

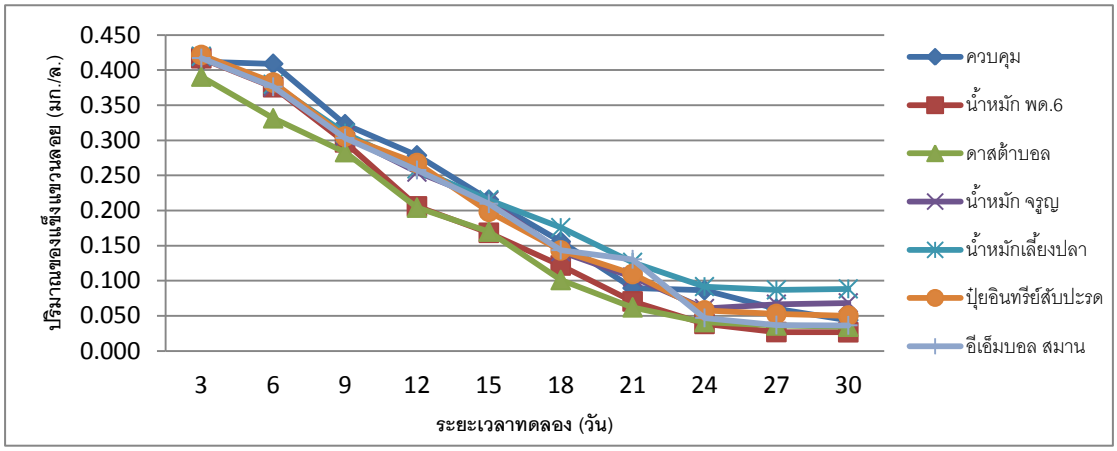
ในวันแรก pH เฉลี่ยมีค่าระหว่าง 7.80 ถึง 8.07 ในชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ และชุดดาสต้าบอล ตามลำดับ จากนั้น pH ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน แล้วค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองที่เหลือ ในวันสุดท้ายของการทดลองมี pH เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.10 ถึง 7.67 ในชุดปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดบำบัดน้ำเสีย และชุดควบคุม ตามลำดับ โดยตลอดการทดลอง pH มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นวันที่ 18 (รูปที่ 9 และภาคผนวกตารางที่ 15)



รูปที่ 9 pH ของน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในวันเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.391 ถึง 0.421 กรัมต่อลิตร ในชุด ดาสต้าบอล และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด ตามลำดับ โดยทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดดาสต้าบอล ลดลงได้เร็วกว่าชุดการทดลองอื่น ในวันสุดท้ายชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำที่สุด (0.027กรัมต่อลิตร) และชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลามีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากที่สุด (0.088 กรัมต่อลิตร) โดยตลอดการทดลองปริมาณของแข็งแขวนลอยในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นวันที่ 3, 9 และ 15 (รูปที่ 10 และภาคผนวกตารางที่ 16)

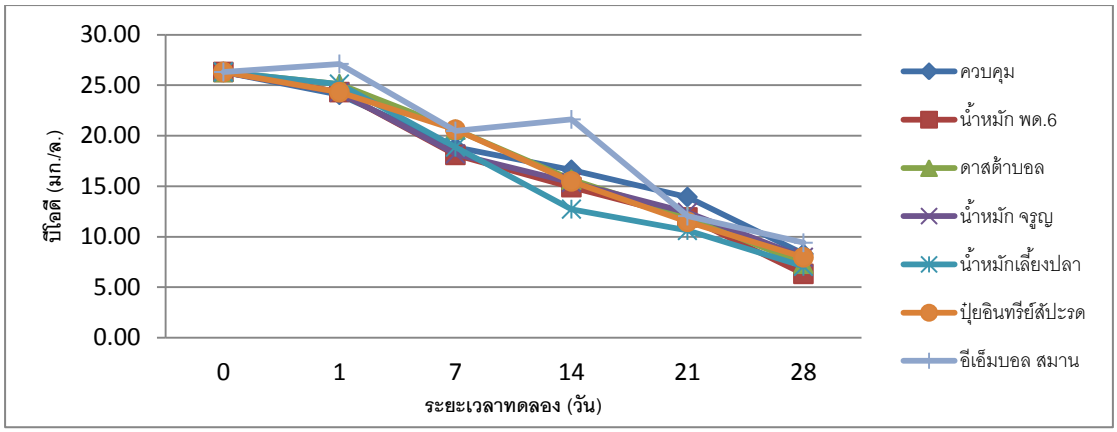


รูปที่ 10 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.4 บีโอดี

ทุกชุดการทดลองมีค่า บีโอดีเฉลี่ย 26.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันเริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน มี 4 ชุดการทดลองสามารถลดค่าบีโอดีลงได้ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ คือ ชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด. 6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา ซึ่งชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด. 6 สามารถลดค่าบีโอดี ได้แตกต่างจากทุกชุดการทดลองที่ไม่ผ่านมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษได้อย่างมี

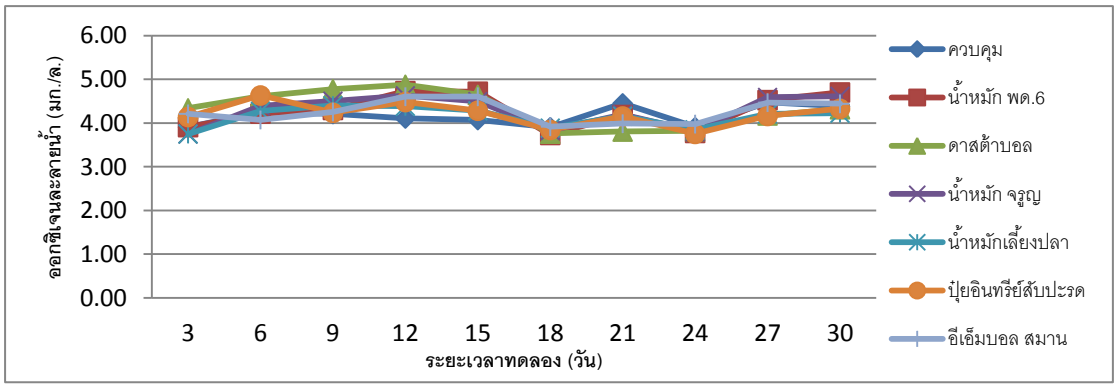
นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อผ่านไป 21 วันทุกชุดการทดลองก็สามารถลดค่าบีโอดีได้ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 11 และภาคผนวกตารางที่ 17)



รูปที่ 11 ปริมาณบีโอดีในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.5 ออกซิเจนละลายน้ำ

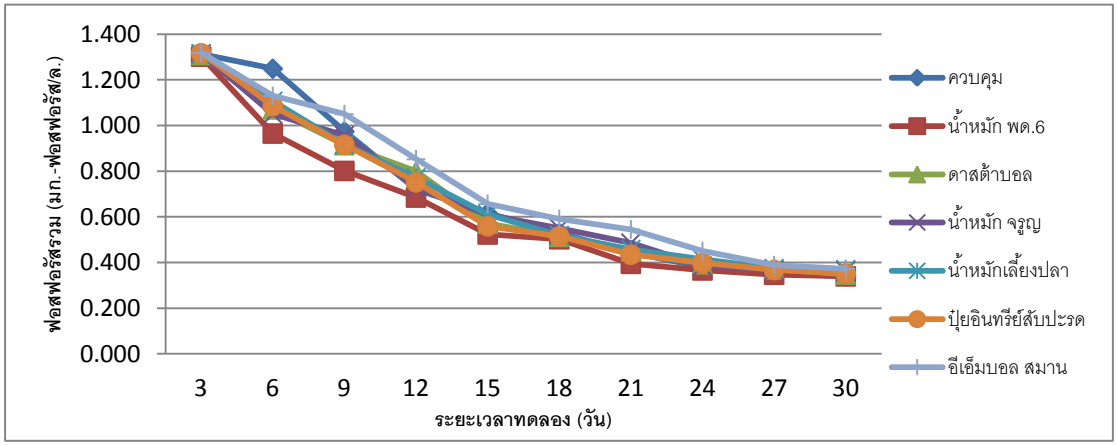
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.73 ถึง 4.88 มิลลิกรัมต่อลิตร และในระหว่างการทดลองปริมาณออกซิเจนละลายในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นวันที่ 3, 18 และ 24 (รูปที่ 12 และภาคผนวกตารางที่ 18)



รูปที่ 12 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.6 ฟอสฟอรัสรวม

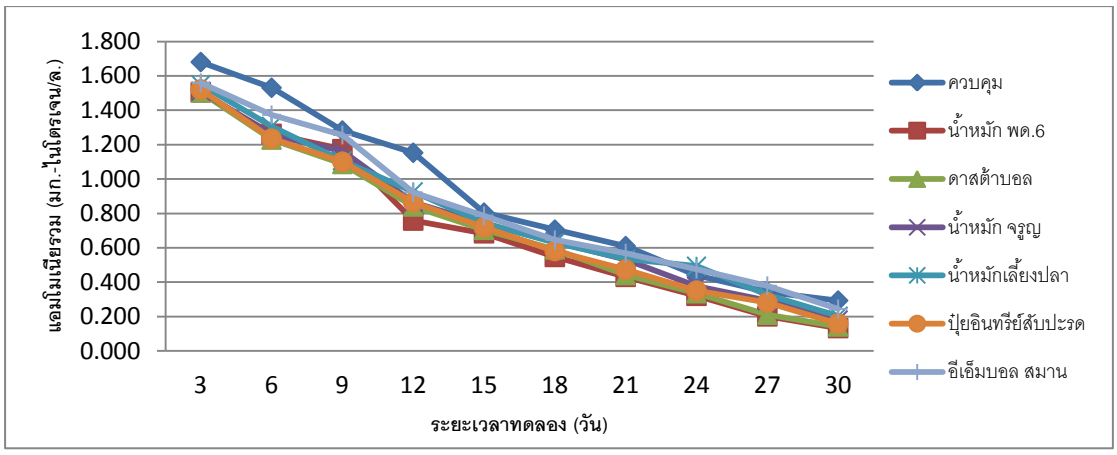
ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดฟอสฟอรัสรวมได้ แต่ใช้เวลาค่อนข้างนานคือ 24-27 วัน จึงสามารถบำบัดฟอสฟอรัสจนผ่านมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษได้ (0.4 มก.-ฟอสฟอรัส/ล.) โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้เร็วที่สุด (21 วัน) ในการบำบัดให้ผ่านมาตรฐาน เหลือ 0.395 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ยกเว้นชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย (รูปที่ 13 และภาคผนวกตารางที่ 19)



รูปที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.7 แอมโมเนียรวม

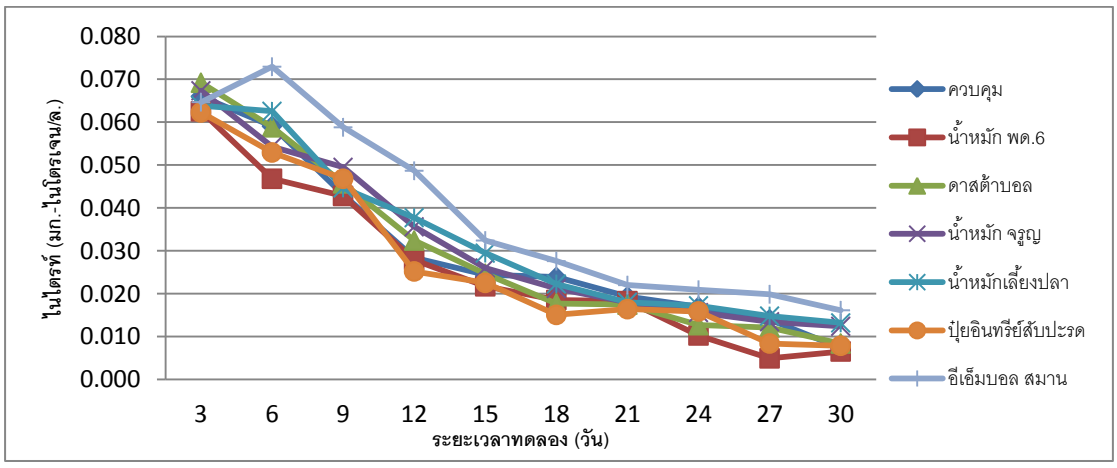
ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ โดยเมื่อผ่านไป 6 วัน ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดแอมโมเนียได้มากกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อผ่านไป 15 วัน ปริมาณแอมโมเนียในน้ำชุดควบคุมเริ่มใกล้เคียงกับชุดการทดลองอื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียในแต่ละชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.133 มก./ล.) ในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และสูงสุด (0.293 มก./ล.) ในชุดควบคุม และตลอดการทดลองปริมาณแอมโมเนียในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 14 และภาคผนวกตารางที่ 20)



รูปที่ 14 ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.8 ไนไตรท์-ไนโตรเจน

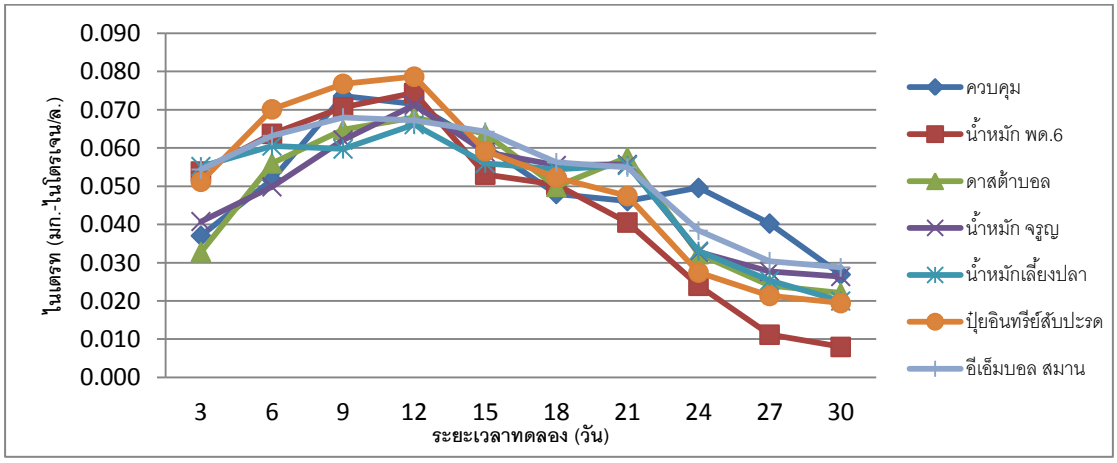
ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดไนไตรท์ได้ โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 สามารถลดไนไตรท์ได้เร็วที่สุดในช่วง 9 วันแรก แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ ยกเว้นชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ ที่มีผลให้ไนไตรท์สูงขึ้นจากวันเริ่มต้น และสูงกว่าทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาทดลอง (รูปที่ 15 และภาคผนวกตารางที่ 21)



รูปที่ 15 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.3.2.9 ไนเตรท-ไนโตรเจน

ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยในวันที่ 3 อยู่ในช่วง 0.033 ถึง 0.055 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร แล้วเพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดเมื่อผ่านไป 9-12 วัน ในวันที่ 12 ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสียมีไนเตรทเฉลี่ยสูงที่สุด 0.079 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร แล้วค่อยๆลดต่ำลงในทุกชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 (0.008 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (รูปที่ 16 และภาคผนวกตารางที่ 22)



รูปที่ 16 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

2.3.3 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพและคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

ในชุดควบคุม และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดจำนวนยีสต์มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับปริมาณไนเตรท

จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในทุกชุดการทดลองมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศเดียวกันกับ ปริมาณของแข็งแขวนลอย แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในเกือบทุกชุดการทดลอง (ยกเว้นชุดควบคุม และชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา) แปรผันตามอุณหภูมิ และ pH ($p<0.05$) อีกด้วย

จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับอุณหภูมิ pH ปริมาณของแข็งแขวนลอย แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี ส่วนจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร แปรผันตามปริมาณของแข็งแขวนลอย และจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ แปรผันตามปริมาณไนไตรท์ ($p<0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน) และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆในน้ำจืด

ชุดการทดลอง	ชนิดจุลินทรีย์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์								
		อุณหภูมิ	pH	ออกซิเจนละลาย	ของแข็งแขวนลอย	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท	ฟอสฟอรัสรวม	บีโอดี
ควบคุม	ยีสต์	0.128	-0.271	0.180	0.354	0.344	0.248	0.767*	0.308	0.329
	LAB	0.499	-0.207	0.102	0.886**	0.876*	0.855*	0.217	0.885**	0.754*
	PTB	0.312	-0.264	0.099	0.689	0.661	0.706	-0.234	0.709	0.526
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	ยีสต์	0.123	-0.135	0.156	0.278	0.343	0.283	0.619	0.165	0.226
	LAB	0.891**	0.887**	-0.367	0.806*	0.830*	0.892**	0.347	0.932**	0.813*
	PTB	0.199	-0.227	0.060	0.586	0.507	0.455	0.471	0.458	0.470
น้ำหมักจรูญไกรเนตร	ยีสต์	0.142	-0.177	0.446	0.290	0.344	0.336	0.508	0.300	0.256
	LAB	0.879*	0.796*	-0.322	0.897*	0.930**	0.952**	-0.207	0.960**	0.875*
	PTB	0.469	0.295	0.004	0.730*	0.675	0.684	-0.169	0.679	0.652
น้ำหมักเลี้ยงปลา	ยีสต์	0.177	0.013	0.646	0.551	0.500	0.542	0.582	0.484	0.410
	LAB	0.543	0.571	0.228	0.825*	0.785*	0.740*	0.667	0.768*	0.850*
	PTB	0.789*	0.870*	-0.265	0.930**	0.958**	0.961**	0.442	0.966**	0.922**
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	ยีสต์	0.136	0.276	0.631	0.555	0.500	0.575	0.812*	0.489	0.499
	LAB	0.843*	0.963**	0.259	0.810*	0.847*	0.825*	0.122	0.879*	0.805*
	PTB	0.879*	0.944**	0.267	0.881*	0.927**	0.922**	0.296	0.949**	0.860*
ดาสด้าบอล	ยีสต์	0.141	-0.147	0.357	0.488	0.456	0.527	0.144	0.470	0.475
	LAB	0.774*	0.741*	0.237	0.818*	0.844*	0.882*	-0.433	0.884**	0.817*
	PTB	0.151	-0.124	0.340	0.480	0.451	0.532	0.103	0.468	0.472
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	ยีสต์	0.105	0.006	0.254	0.310	0.379	0.402	0.609	0.364	0.457
	LAB	0.868*	0.754*	0.025	0.861*	0.894**	0.788*	0.162	0.914**	0.846*
	PTB	0.428	0.107	-0.198	0.729	0.710	0.820*	0.276	0.699	0.599

* ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

หมายเหตุ LAB คือ Lactic acid bacteria

PTB คือ Proteolytic bacteria

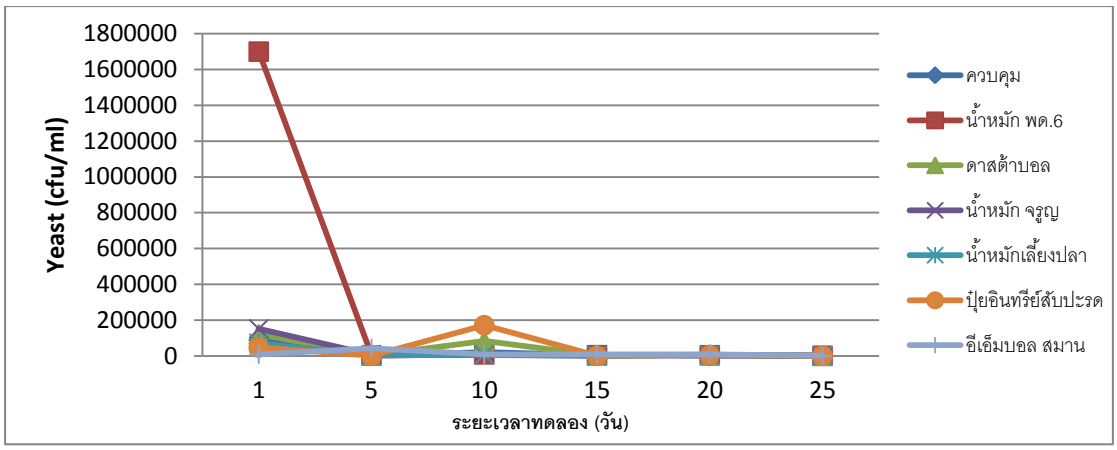
3.4 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย

3.4.1 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

จากการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำกร่อยระหว่างทำการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในวันเริ่มต้น และทุก 5 วันของการทดลอง ได้แก่ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน ได้ผลดังนี้

3.4.1.1 จำนวนยีสต์

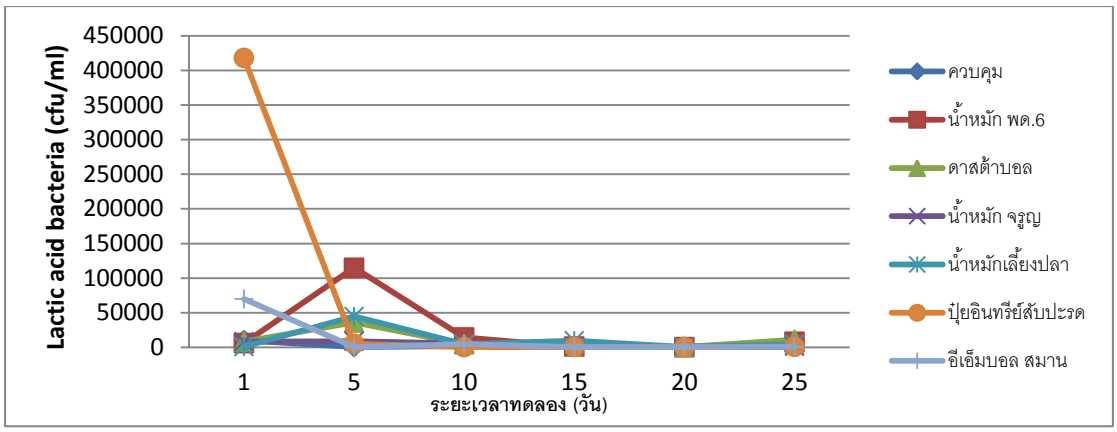
จำนวนยีสต์ในน้ำกร่อยวันเริ่มต้นอยู่ในช่วง 8.2×10^{4} ถึง 1.7×10^{7} CFU/ml โดยชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ และชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีจำนวนน้อยที่สุด และมากที่สุด ตามาลำดับ เมื่อผ่านไป 5 วัน ทุกชุดการทดลองมีจำนวนยีสต์ลดลง แต่ชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ กลับมีจำนวนเพิ่มขึ้น และเมื่อเข้าวันที่ 10 ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสียมียีสต์เพิ่มขึ้นมากที่สุดตลอดทั้งการทดลองเท่ากับ 1.72×10^{6} CFU/ml เมื่อสิ้นสุดการทดลองชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีจำนวนยีสต์น้อยที่สุด (4.2×10^{3} CFU/ml) และชุดดาสต้าบอล มีจำนวนยีสต์มากที่สุด (1.07×10^{4} CFU/ml) และตลอดการทดลองจำนวนยีสต์ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 17 และภาคผนวกตารางที่ 8)



รูปที่ 17 จำนวนยีสต์ในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.1.2 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรีย

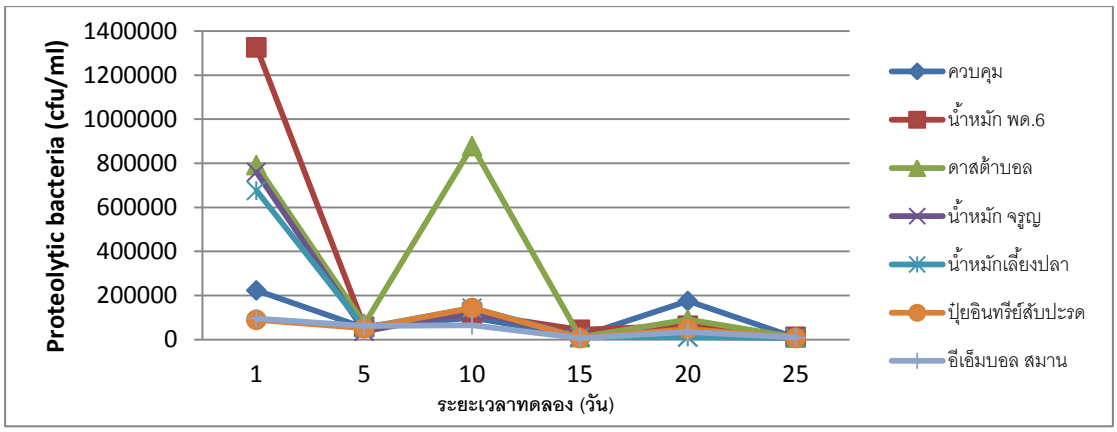
ในวันเริ่มต้นจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลามีจำนวนน้อยที่สุดคือ 1.19×10^{3} CFU/ml และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย มีจำนวนมากที่สุดคือ 4.2×10^{5} CFU/ml ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ เมื่อผ่านไป 5 วัน ชุดน้ำหมักชีวภาพ สารเร่ง พด.6 มีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็น 1.15×10^{5} CFU/ml และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นเช่นกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 8.1×10^{2} (ชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) ถึง 1.12×10^{4} CFU/ml (ชุดดาสต้าบอล) (รูปที่ 18 และภาคผนวกตารางที่ 9)



รูปที่ 18 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.1.3 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีน

จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในวันเริ่มต้นอยู่ในช่วง 9×10^{4} ถึง 1.33×10^{6} CFU/ml โดยชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย และชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีจำนวนน้อยที่สุดและมากที่สุด ตามลำดับ และทุกชุดมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนลดลงในวันที่ 5 และเพิ่มจำนวนอีกครั้งในวันที่ 10 โดยชุดดาสด้าบอล เพิ่มจำนวนมากที่สุดในวันนี้เป็น 8.78×10^{5} CFU/ml และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ หลังจากนั้นทุกชุดก็มีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนลดลง ในวันสุดท้ายของการทดลองจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนอยู่ในช่วง 7.9×10^{3} ถึง 1.26×10^{4} CFU/ml ซึ่งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (รูปที่ 19 และภาคผนวกตารางที่ 10)

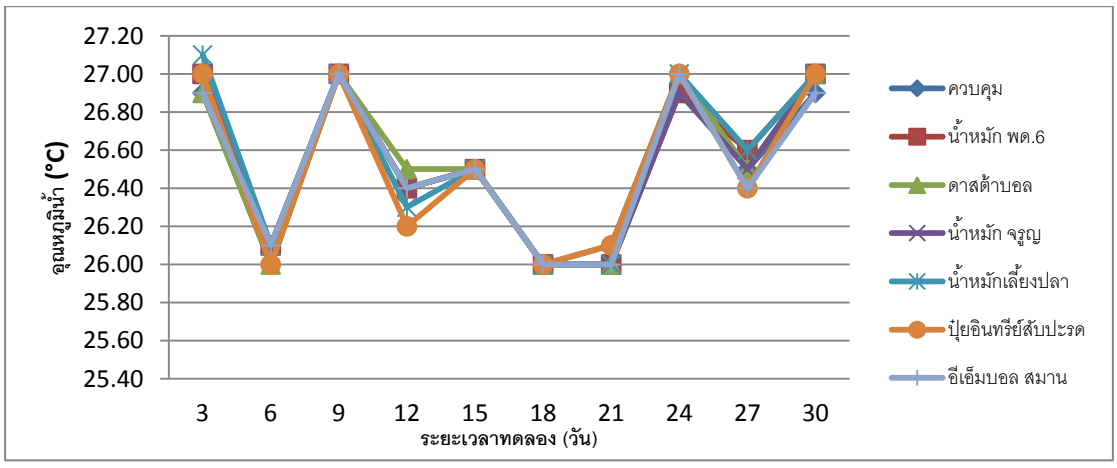


รูปที่ 19 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

3.4.2.1 อุณหภูมิ

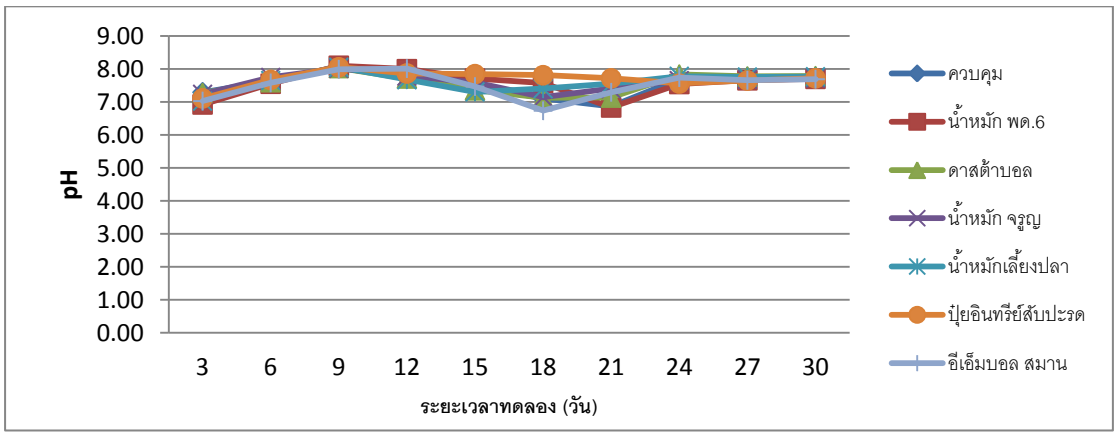
อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 26 ถึง 27°C และมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยในแต่ละชุดการทดลอง มีอุณหภูมิต่างกันไม่เกิน 0.5°C ในแต่ละวัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (รูปที่ 20 และภาคผนวกตารางที่ 23)



รูปที่ 20 อุณหภูมิน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.2 pH

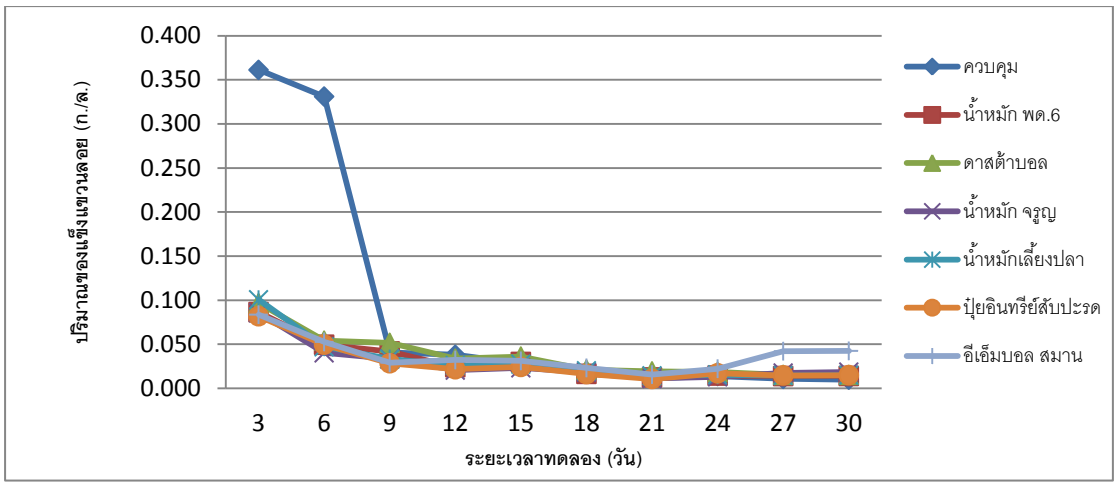
ในวันที่ 3 pH มีค่าเฉลี่ยในช่วง 6.92 ถึง 7.29 แล้วค่อยสูงขึ้นในวันถัดไปจนถึงวันที่ 9-12 และลดต่ำลงอีกครั้งเมื่อมีการเติมน้ำหมัก หรืออีเอ็มบอล จากนั้น pH ก็ขึ้นเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ในวันที่ 24-30 โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีการเปลี่ยนแปลง pH เป็นช่วงกว้างกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในวันที่ 9, 12, 15, 24, 27 และ 30 (รูปที่ 21 และภาคผนวกตารางที่ 24)



รูปที่ 21 pH ของน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย

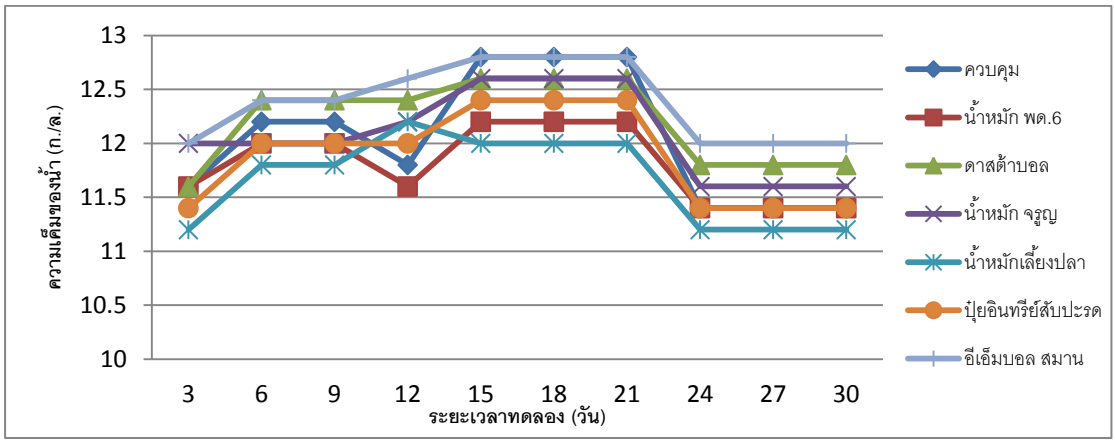
ชุดควบคุม มีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากที่สุด (0.361 กรัม/ลิตร) ตั้งแต่เริ่มตรวจวัดในวันที่ 3 แล้วค่อยลดลงจนใกล้เคียงกับชุดการทดลองอื่นๆในวันที่ 9 โดยทุกชุดการทดลองสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยให้ผ่านมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษที่ 0.07 กรัม/ลิตร ได้ใน 6 วัน ยกเว้นชุดควบคุมที่ต้องใช้เวลา 9 วัน ในวันสุดท้ายของการทดลอง ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.010 กรัม/ลิตร (ชุดควบคุม) ถึง 0.043 กรัม/ลิตร (ชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) โดยตลอดการทดลองปริมาณของแข็งแขวนลอย ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นวันที่ 9, 15 และ 30 (รูปที่ 22 และภาคผนวกตารางที่ 25)



รูปที่ 22 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.4 ความเค็ม

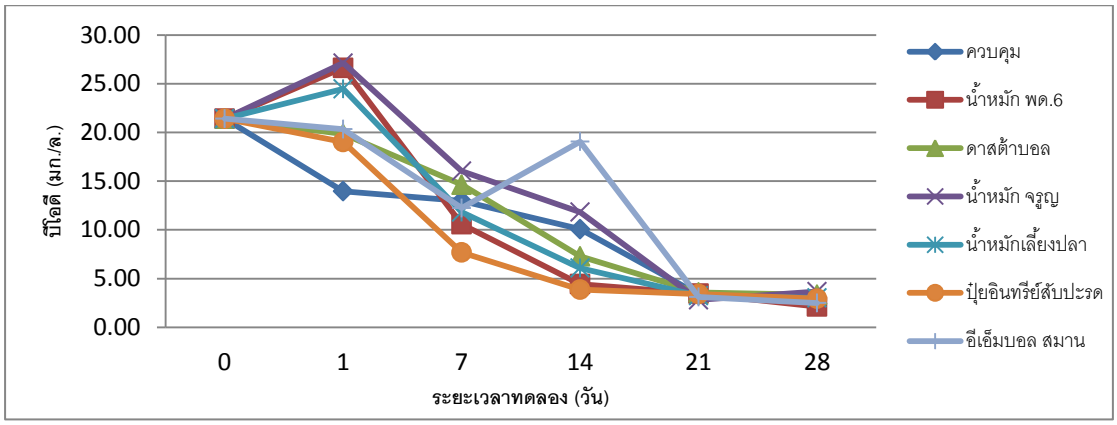
ความเค็มตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ยในช่วง 11.2 ถึง 12.8 กรัม/ลิตร โดยในแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในทิศทางเดียวกัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างชุดการทดลอง (รูปที่ 23 และภาคผนวกตารางที่ 26)



รูปที่ 23 ความเค็มของน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.5 บีโอดี

ค่าบีโอดีเฉลี่ยในวันเริ่มต้นคือ 21.41 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อมีการเติมน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลในวันที่ 1 ทำให้ค่าบีโอดีสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และในวันที่ 7 ค่าบีโอดีในทุกชุดการทดลองลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย มีค่าบีโอดีต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นค่อนข้างมาก ส่วนชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ เมื่อมีการเติมในวันที่ 14 ทำให้ บีโอดีสูงขึ้น แต่ก็ลดลงได้ใกล้เคียงกับชุดการทดลองอื่นๆใน 7 วันต่อมา และทุกชุดการทดลองมีค่าบีโอดีต่ำกว่าค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษที่ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ภายใน 7 วัน (รูปที่ 24 และภาคผนวกตารางที่ 27)

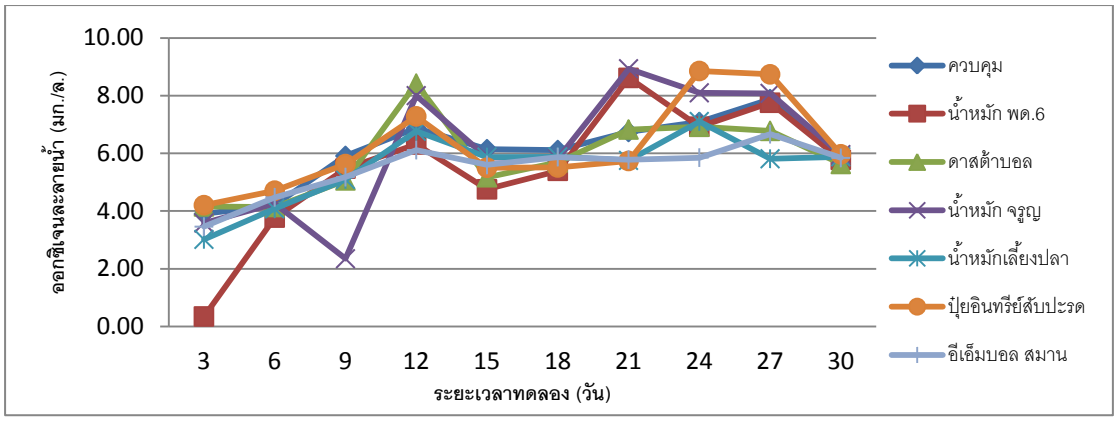


รูปที่ 24 ปริมาณบีโอดีในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.6 ออกซิเจนละลายน้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำในวันเริ่มวัด โดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) ถึง 4.20 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด) แล้วค่อยสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และลดลงอีกครั้งในแต่ละชุดการทดลองเมื่อมีการเติมน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอล เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.63-5.97

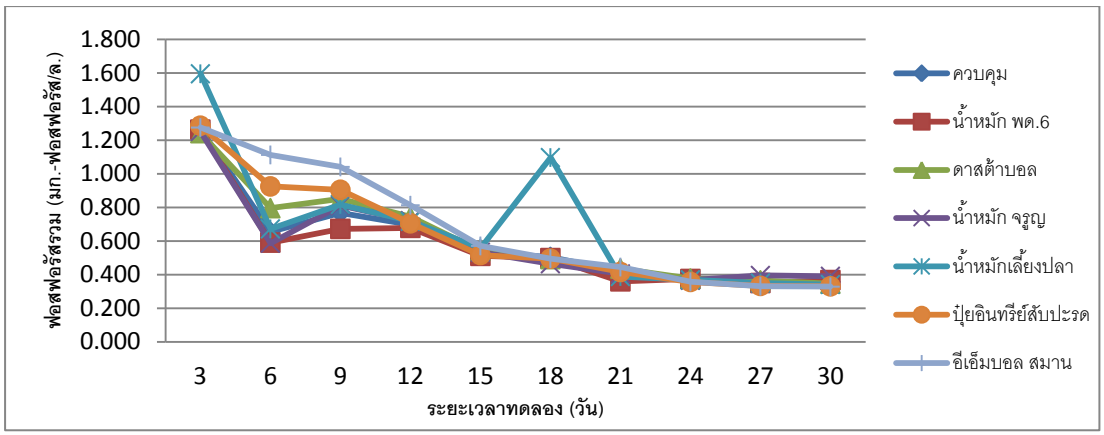
มิลลิกรัม/ลิตร ในระหว่างการทดลองปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นวันที่ 12, 24, 27 และ 30 (รูปที่ 25 และภาคผนวกตารางที่ 28)



รูปที่ 25 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.7 ฟอสฟอรัสรวม

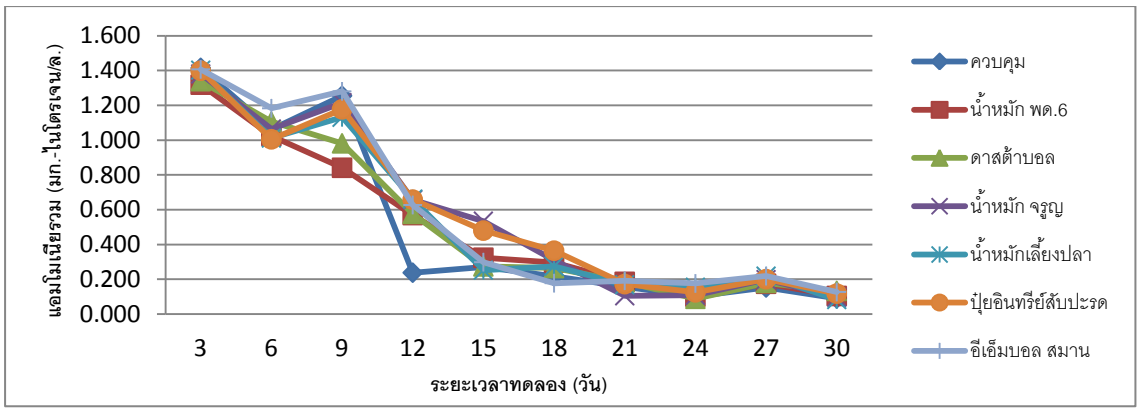
ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าสูงที่สุดในวันแรกที่ตรวจวัดโดยอยู่ในช่วง 1.242 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร (ชุดดาสต้าบอล) ถึง 1.595 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา) หลังจากนั้นฟอสฟอรัสรวมในทุกชุดการทดลองลดลงอย่างรวดเร็วใน 6 วัน แต่ชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุลดได้ช้ากว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลาลดปริมาณฟอสฟอรัสรวมให้ผ่านมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ 0.4 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร ได้ในเวลา 21 วัน ส่วนชุดการทดลองที่เหลือ ผ่านได้ใน 24 วัน (รูปที่ 26 และภาคผนวกตารางที่ 29)



รูปที่ 26 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.8 แอมโมเนียรวม

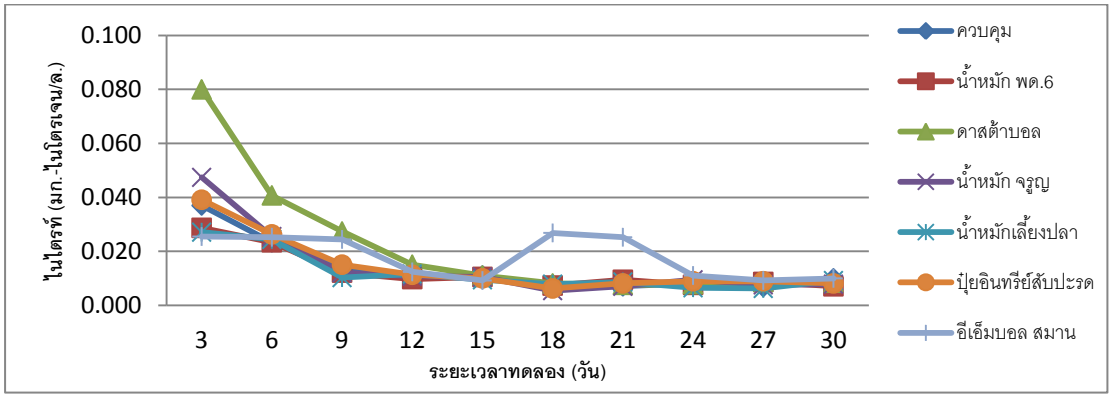
แอมโมเนียรวมมีค่าสูงในวันเริ่มต้นตรวจวัดค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.319 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) ถึง 1.415 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร (ชุดควบคุม) แล้วลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยเกือบทุกชุดการทดลองสามารถลดแอมโมเนียให้ผ่านมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษที่ 1.1 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร ได้ภายในวันที่ 6 (ยกเว้นชุดดาสต้าบอล และอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ ใช้เวลา 9 และ 12 วันตามลำดับ) เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.084-0.133 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร และตลอดการทดลองปริมาณแอมโมเนียในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) ยกเว้นวันที่ 9 และ 15 (รูปที่ 27 และภาคผนวกตารางที่ 30)



รูปที่ 27 ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.9 ไนไตรท์-ไนโตรเจน

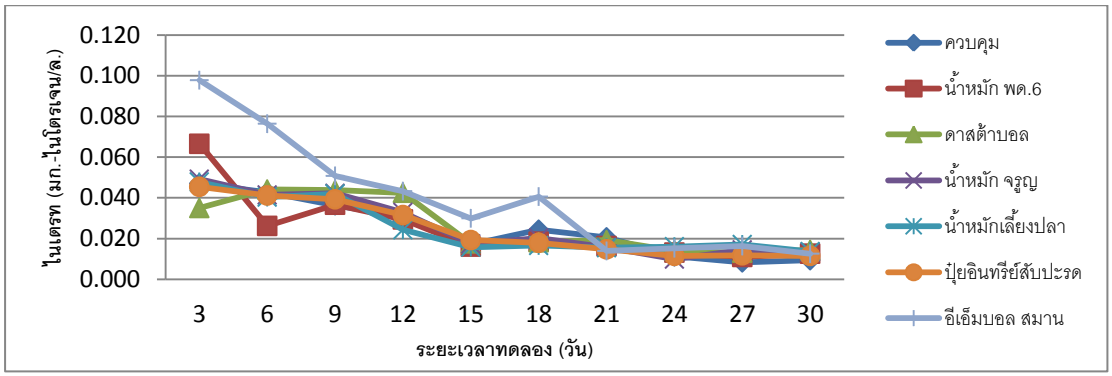
ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในชุดดาสต้าบอล สูงที่สุดในการตรวจวัดครั้งแรก (0.080 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ยกเว้นชุดน้ำหมักสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ส่วนชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมอีเอ็มบอล และตั้งแต่วันที่ 24 จนสิ้นสุดการทดลองทุกชุดการทดลองบำบัดไนไตรท์ได้ใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) (รูปที่ 28 และภาคผนวกตารางที่ 31)



รูปที่ 28 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.2.10 ไนเตรท-ไนโตรเจน

ในวันเริ่มตรวจวัดชุดดาสต้าบอลมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยน้อยที่สุด (0.035 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีไนเตรทสูงที่สุด (0.098 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) จากนั้นทุกชุดการทดลองก็มีปริมาณไนเตรทลดลงไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อผ่านไป 6 วัน ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 สามารถลดไนเตรทลงได้มากที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น หลังจากนั้น ทุกชุดการทดลองก็มีปริมาณไนเตรทใกล้เคียงกัน ยกเว้นชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ ที่มีปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่เติมอีเอ็มบอล เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.009-0.014 มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร (รูปที่ 29 และภาคผนวกตารางที่ 32)



รูปที่ 29 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำก่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.4.3 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพและคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

จำนวนยีสต์ในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 น้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และดาสต้าบอล มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ($p<0.05$) กับปริมาณของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี นอกจากนี้จำนวนยีสต์ยังแปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณแอมโมเนียรวม (ชุดดาสต้าบอล) ไนไตรท์ (ชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดดาสต้าบอล) ไนเตรท (ชุดน้ำหมัก

ชีวภาพสารเร่ง พด.6) และฟอสฟอรัสรวม (ชุดควบคุม) แต่แปรผกผัน ($p<0.05$) กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียแปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณของของแข็งแขวนลอย (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด และอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) แอมโมเนียรวม (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรจรูญ ไกรเนตร) ไนไตรท์ (ชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด) ไนเตรท (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรจรูญ ไกรเนตร และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) ฟอสฟอรัสรวม (ชุดควบคุม และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด) และบีโอดี (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) และแปรผกผัน ($p<0.05$) กับ pH (ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ)

จำนวนแบคทเรียย่อยโปรตีนแปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณของแข็งแขวนลอย (ชุดน้ำหมักชีวภาพ พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) แอมโมเนียรวม (ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) ไนไตรท์ (ชุดน้ำหมักชีวภาพ พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) ไนเตรท (ชุดน้ำหมักชีวภาพ พด.6 และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) ฟอสฟอรัสรวม (ชุดน้ำหมักชีวภาพ พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ดาสต้าบอล และอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) และบีโอดี (ชุดน้ำหมักชีวภาพ พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) และแปรผกผัน ($p<0.05$) กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ชุดน้ำหมักชีวภาพ พด.6 ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน) และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆในน้ำกร่อย

ชุดการทดลอง	ชนิดจุลินทรีย์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์									
		อุณหภูมิ	ความเค็ม	pH	ออกซิเจนละลาย	ของแข็งแขวนลอย	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท	ฟอสฟอรัสรวม	บีโอดี
ควบคุม	ยีสต์	0.436	-0.456	-0.115	-0.664	0.640	0.694	0.868*	0.658	0.952**	0.636
	LAB	0.439	-0.510	-0.168	-0.630	0.635	0.617	0.854*	0.592	0.913**	0.570
	PTB	-0.009	-0.030	-0.548	-0.415	0.407	0.466	0.549	0.561	0.658	0.358
น้ำหมักสารเร่งพด.6	ยีสต์	0.452	-0.466	-0.526	-0.800*	0.846*	0.675	0.779*	0.903**	0.933**	0.924**
	LAB	-0.441	0.101	0.180	-0.227	0.217	0.424	0.443	-0.037	-0.028	0.158
	PTB	0.457	-0.416	-0.504	-0.804*	0.861*	0.703	0.785*	0.926**	0.947**	0.929**
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	ยีสต์	0.421	-0.154	-0.670	-0.371	0.918**	0.575	0.908**	0.605	0.883**	0.891**
	LAB	0.177	-0.416	0.041	-0.776*	0.805*	0.886**	0.817*	0.929**	0.713	0.851*
	PTB	0.515	-0.201	-0.562	-0.477	0.939**	0.655	0.899**	0.672	0.935**	0.901**
น้ำหมักเลี้ยงปลา	ยีสต์	0.474	-0.582	-0.691	-0.748*	0.923**	0.659	0.706	0.620	0.937**	0.912**
	LAB	-0.503	0.237	0.136	-0.283	0.045	0.219	0.457	0.264	-0.130	0.076
	PTB	0.545	-0.584	-0.610	-0.780*	0.945**	0.750*	0.720	0.714	0.975**	0.932**
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	ยีสต์	0.531	-0.075	0.391	-0.175	0.104	0.574	0.108	0.498	0.431	0.684
	LAB	0.412	-0.581	-0.849*	-0.479	0.867*	0.613	0.847*	0.552	0.747*	0.591
	PTB	0.335	-0.116	0.134	-0.461	0.376	0.754*	0.411	0.728	0.676	0.838*
ดาสด้าบอล	ยีสต์	0.575	-0.531	0.075	-0.520	0.841*	0.741*	0.787*	0.534	0.877*	0.787*
	LAB	-0.349	-0.096	0.235	-0.479	0.214	0.451	0.310	0.530	0.206	0.376
	PTB	0.570	-0.354	0.271	-0.470	0.721	0.716	0.640	0.637	0.793*	0.686
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	ยีสต์	-0.598	0.134	0.015	-0.364	0.309	0.420	0.408	0.470	0.474	0.483
	LAB	0.367	-0.555	-0.672	-0.841*	0.863*	0.570	0.395	0.733*	0.620	0.743*
	PTB	0.137	-0.409	-0.304	-0.887**	0.782*	0.917**	0.852*	0.882*	0.917**	0.868*

* ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

หมายเหตุ LAB คือ Lactic acid bacteria

PTB คือ Proteolytic bacteria

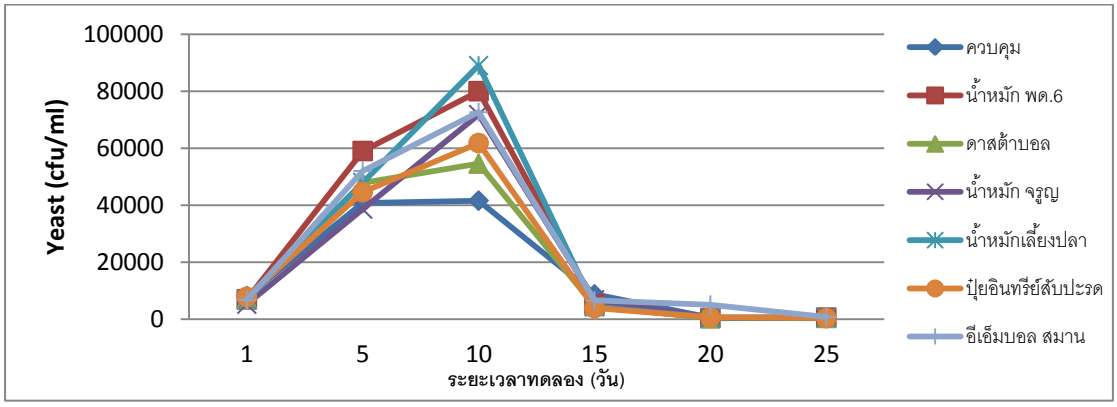
3.5 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม

3.5.1 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

จากการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำเค็มระหว่างทำการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในวันเริ่มต้น และทุก 5 วันของการทดลอง ได้แก่ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน ได้ผลดังนี้

3.5.1.1 จำนวนยีสต์

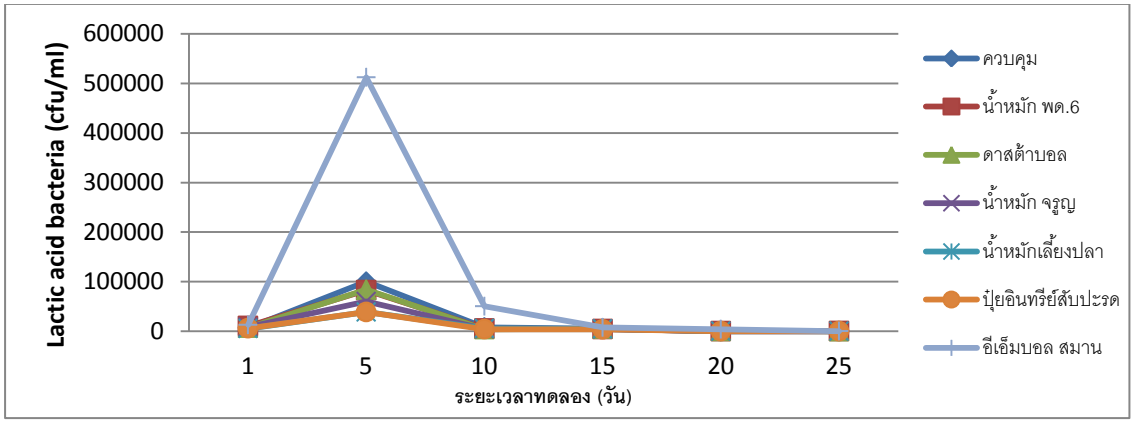
ในวันเริ่มต้นมีจำนวนยีสต์เฉลี่ยในช่วง 5.24×10^{4} (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญไกรเนตร) ถึง 8.12×10^{4} CFU/ml (ชุดควบคุม) แล้วเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป จนมากที่สุดเมื่อผ่านไป 10 วัน โดยชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา มีจำนวนยีสต์มากที่สุด (8.9×10^{5} CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ จากนั้นจำนวนยีสต์ในทุกชุดการทดลองจึงลดลงเมื่อเวลาผ่านไป จนครั้งสุดท้ายมีจำนวนเฉลี่ยในช่วง 3.6×10^{2} ถึง 7.4×10^{2} CFU/ml (รูปที่ 30 และภาคผนวกตารางที่ 11)



รูปที่ 30 จำนวนยีสต์ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.1.2 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรีย

จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในวันเริ่มต้น อยู่ในช่วง 5.64×10^{3} ถึง 1.31×10^{4} CFU/ml โดยชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียน้อยที่สุดและมากที่สุดตามลำดับ ในวันที่ 5 แลคติกแอสิดแบคทีเรียมีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้นมากที่สุด (5.12×10^{5} CFU/ml) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ จากนั้นทุกชุดการทดลองมีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียลดลง และทรงตัวอยู่ในช่วง 3.2×10^{2} ถึง 6.14×10^{2} CFU/ml เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 31 และภาคผนวกตารางที่ 12)

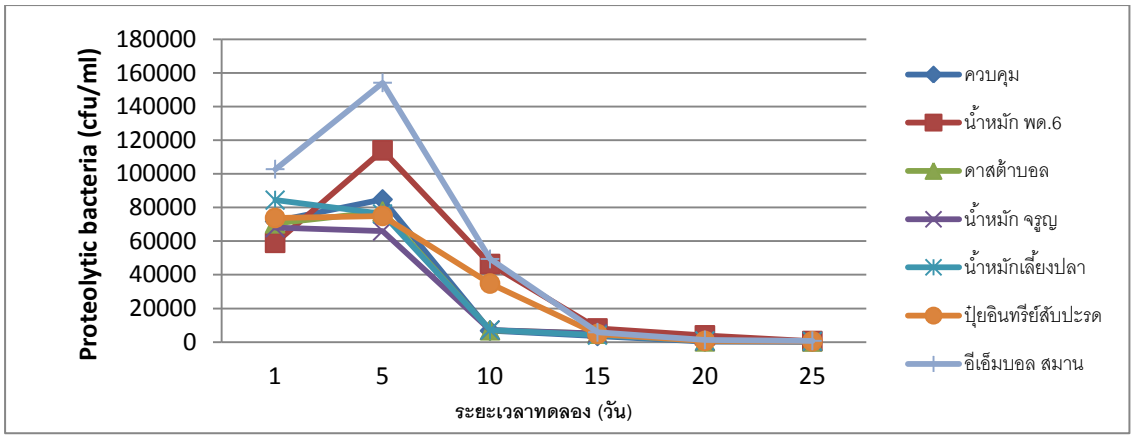


รูปที่ 31 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.1.3 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีน

แบคทีเรียย่อยโปรตีนในวันเริ่มต้นของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 5.9×10^{4} ถึง 1.03×10^{5} CFU/ml โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนน้อยที่สุดและมากที่สุด ตามลำดับ จากนั้นทุกชุดการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนค่อนข้างคงที่ และเมื่อผ่านไป 10 วันทุกชุดมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนลดลง จนสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.34×10^{2} CFU/ml (ชุด

ควบคุม) ถึง 7.18×10^{2} CFU/ml (ชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 32 และภาคผนวกตารางที่ 13)

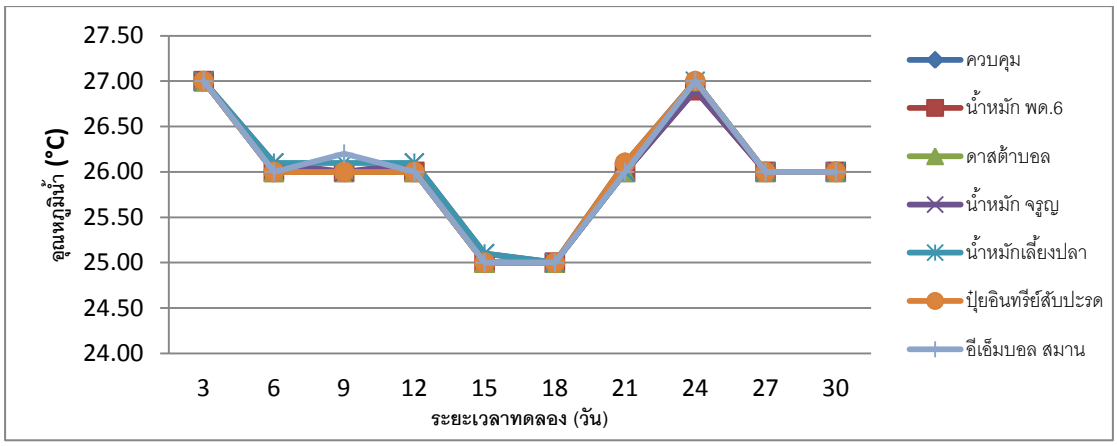


รูปที่ 32 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรือ อีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

3.5.2.1 อุณหภูมิ

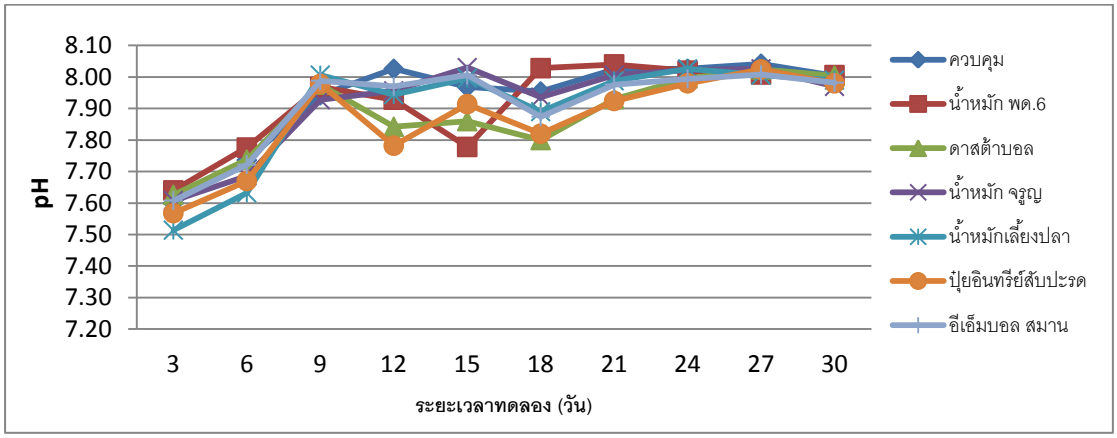
อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 25 ถึง 27°C ในแต่ละวันที่ตรวจวัดอุณหภูมิในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเดียวกันทั้งหมด และมีความแตกต่างในแต่ละชุดการทดลองไม่เกิน 0.25°C นอกจากนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างชุดทดลอง (รูปที่ 33 และภาคผนวกตารางที่ 33)



รูปที่ 33 อุณหภูมิน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.2 pH

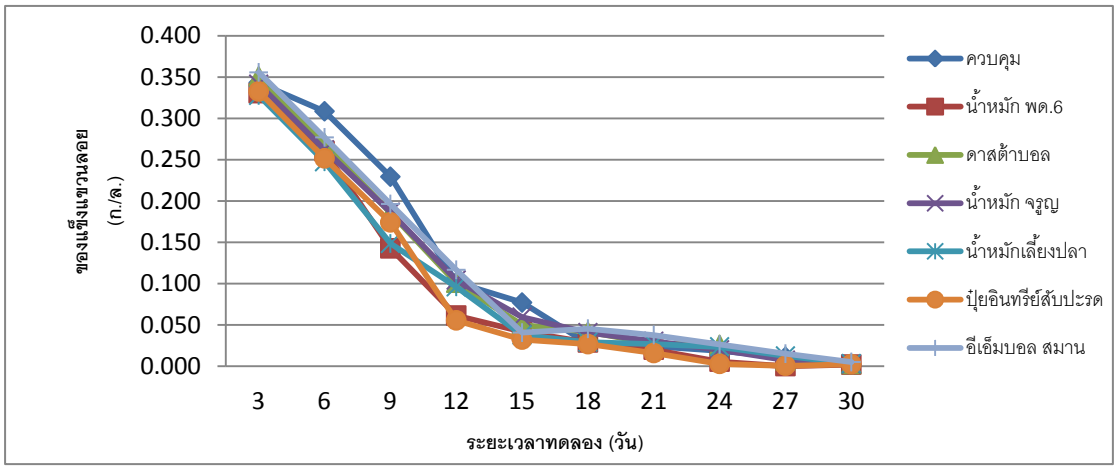
pH ในวันที่ 3 ของทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.51 (ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา) ถึง 7.64 (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) แล้ว pH สูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป แต่ลดต่ำลงเมื่อมีการเติมน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอล โดย pH ตลอดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.97-8.01 และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 15, 18 และ 21 เท่านั้น (รูปที่ 34 และภาคผนวกตารางที่ 34)



รูปที่ 34 pH ของน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย

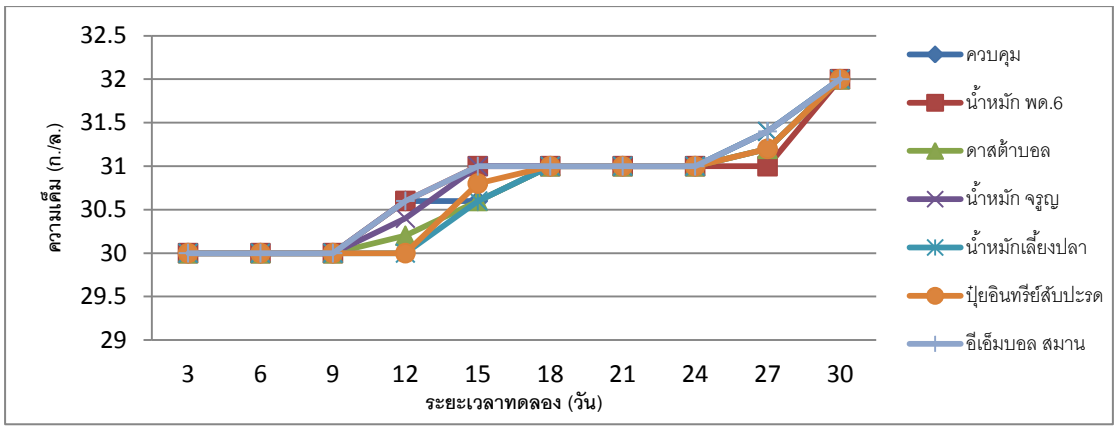
ในวันเริ่มต้นตรวจวัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (0.328 กรัม/ลิตร) และชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีค่าสูงที่สุด (0.355 กรัม/ลิตร) แล้วปริมาณของแข็งแขวนลอยในทุกชุดการทดลองลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยในวันที่ 12 ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดดาสต้าบอล ปริมาณของแข็งแขวนลอยน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และผ่านมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษที่ 0.07 กรัม/ลิตร นอกจากนี้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทุกชุดการทดลองยกเว้นชุดควบคุมผ่านมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษได้ใน 15 วัน (รูปที่ 35 และภาคผนวกตารางที่ 35)



รูปที่ 35 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.4 ความเค็ม

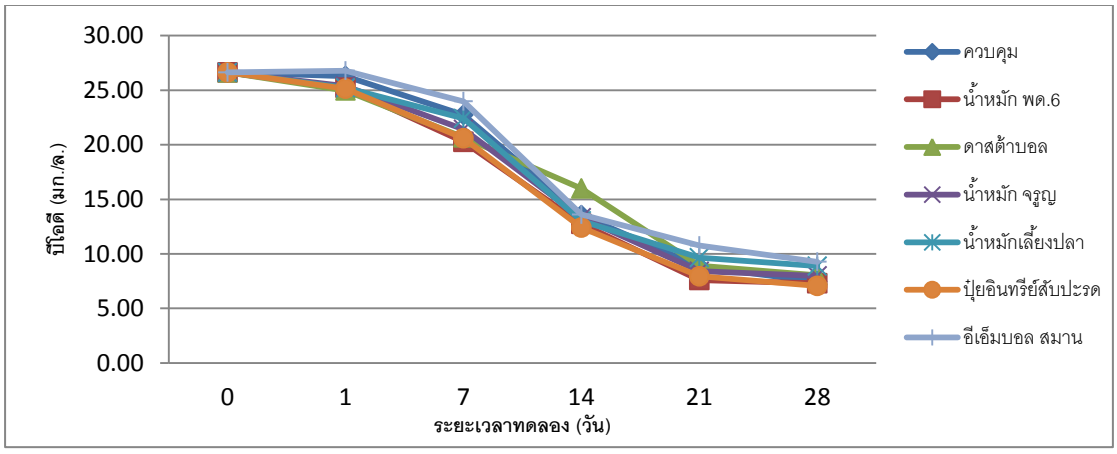
ความเค็มในวันเริ่มต้นตรวจวัดของทุกชุดการทดลองอยู่ที่ 30 กรัม/ลิตร แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และไปสูงสุดที่ 32 กรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในปริมาณเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดการทดลอง (รูปที่ 36 และภาคผนวกตารางที่ 36)



รูปที่ 36 ความเค็มของน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.5 บีโอดี

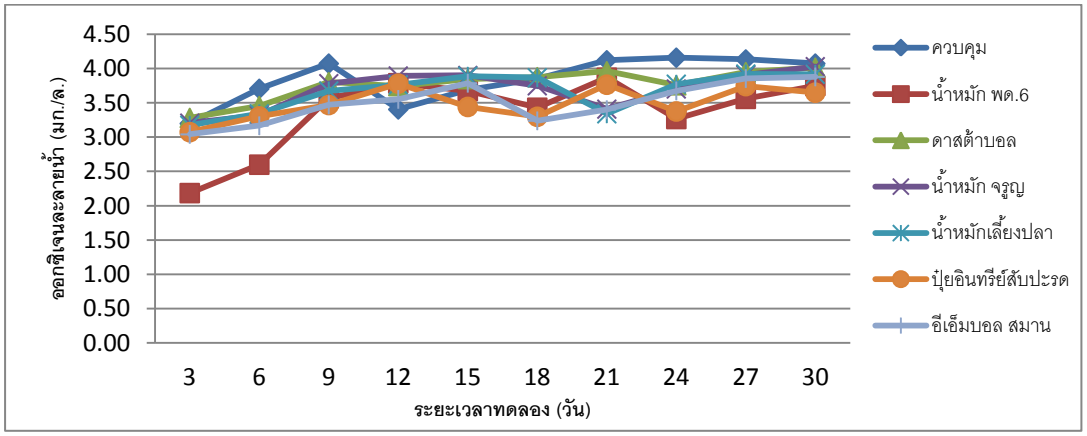
ทุกชุดการทดลองค่าเฉลี่ยบีโอดีเริ่มต้นคือ 26.62 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นค่าบีโอดีค่อยๆลดลงตามเวลา และอยู่ในช่วง 7.06-9.28 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ระหว่างชุดการทดลองตลอดการทดลอง และค่าบีโอดีทุกชุดการทดลองสามารถผ่านมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษที่ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ได้ใน 14 วัน (รูปที่ 37 และภาคผนวกตารางที่ 37)



รูปที่ 37 ปริมาณบีโอดีในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.6 ออกซิเจนละลายน้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในวันเริ่มตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.19 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) ถึง 3.28 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดดาสต้าบอล) หลังจากนั้นค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้น แล้วลดลงอีกเมื่อมีการเติมน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอล และมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่ไม่กว้าง เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.65-4.07 มิลลิกรัม/ลิตร มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) ตลอดการทดลอง (รูปที่ 38 และภาคผนวกตารางที่ 38)

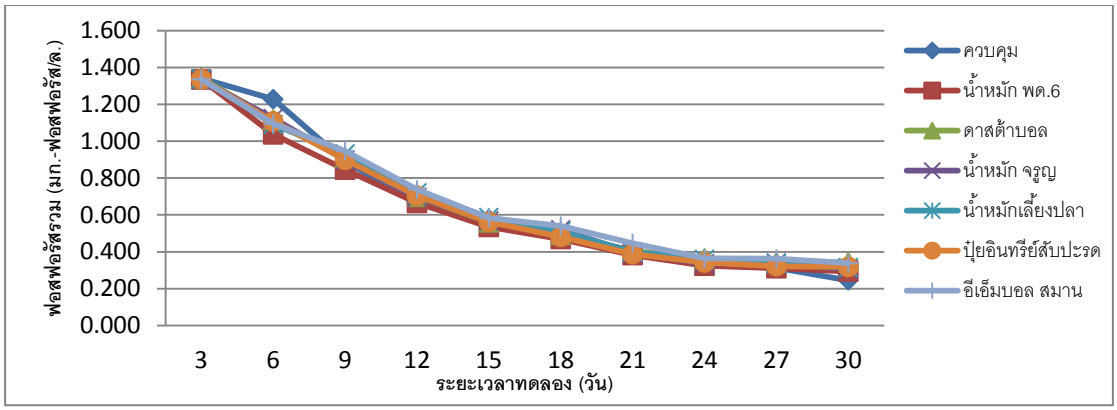


รูปที่ 38 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.7 ฟอสฟอรัสรวม

ฟอสฟอรัสรวมมีค่าสูงที่สุดในวันเริ่มต้นตรวจวัด โดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.333-1.342 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร แล้วลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสลงได้เร็วที่สุด ใน 6 และ 9 วันตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น และยังผ่านมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษที่ 0.4 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร ได้ใน 21 วัน เช่นเดียวกับชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.245 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร (ชุดควบคุม) ถึง 0.344 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร (ชุดดาสต้าบอล)

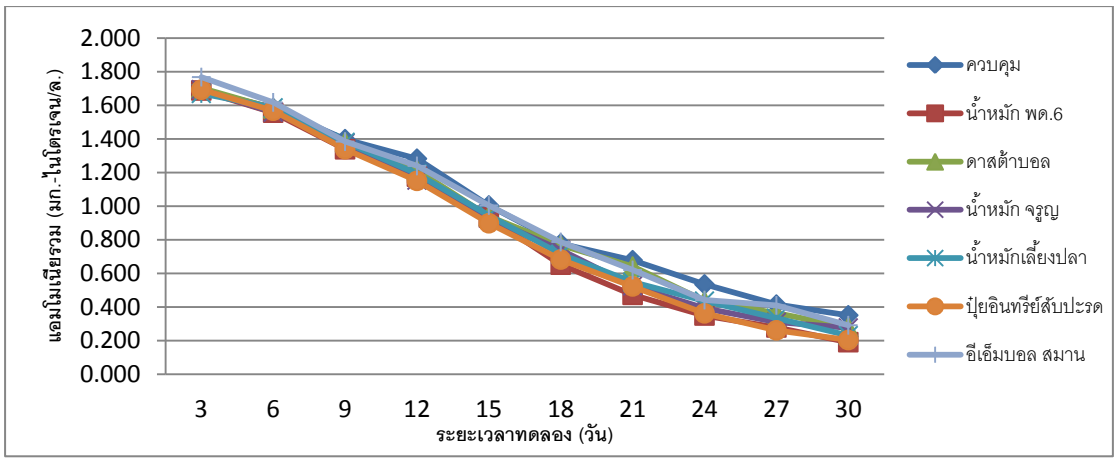
และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดการทดลอง ยกเว้นวันที่ 3 และ 15 (รูปที่ 39 และภาคผนวกตารางที่ 39)



รูปที่ 39 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.8 แอมโมเนียรวม

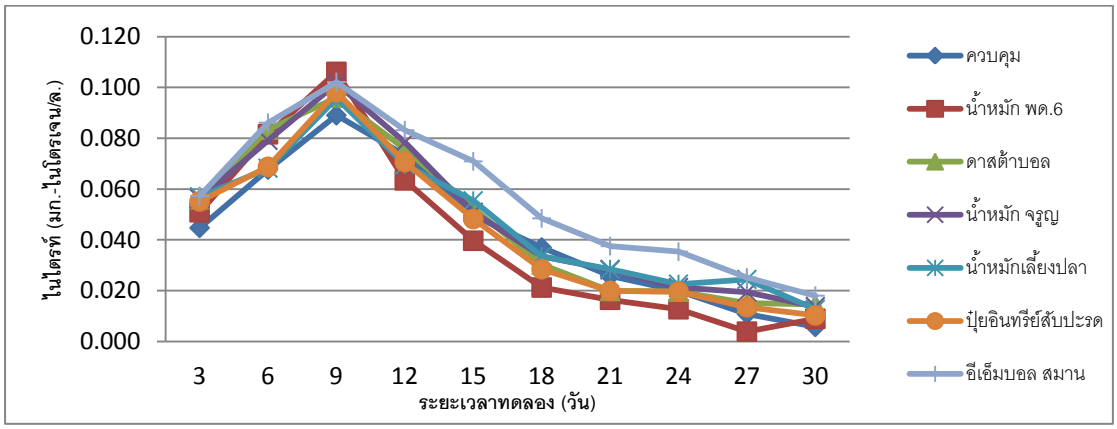
แอมโมเนียรวมมีค่าสูงที่สุดในวันเริ่มต้นตรวจวัด โดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.670 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา) ถึง 1.768 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมานยะธาตุ) แล้วค่อยลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย สามารถลดปริมาณแอมโมเนียลงจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดควบคุมได้ในเวลา 12 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.191 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) ถึง 0.351 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดควบคุม) และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดการทดลอง ยกเว้นวันที่ 3 และ 9 (รูปที่ 40 และภาคผนวกตารางที่ 40)



รูปที่ 40 ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.9 ไนไตรท์-ไนโตรเจน

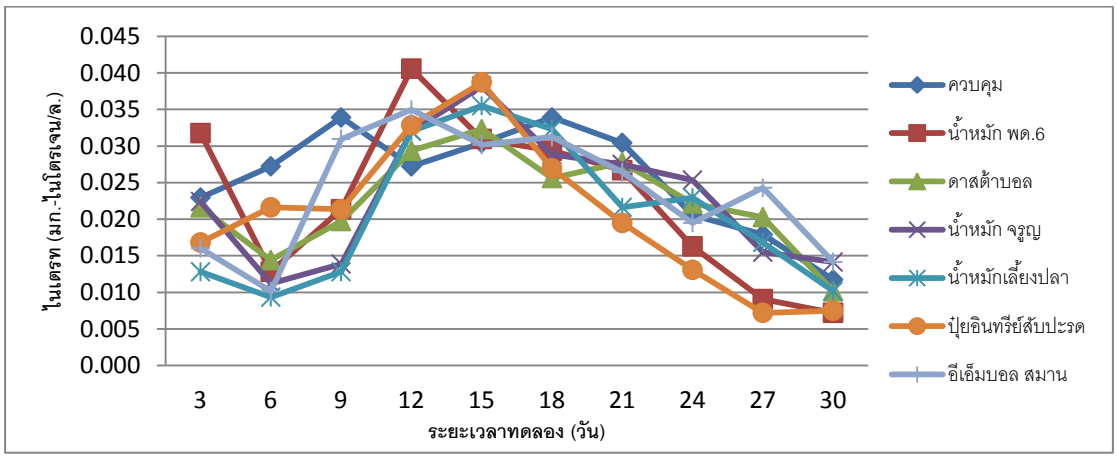
ปริมาณไนไตรท์ในวันเริ่มต้นตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.045-0.057 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วเพิ่มขึ้นไปจนถึงวันที่ 9 จากนั้นลดลงไปตามเวลา โดยค่าเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.006 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดควบคุม) ถึง 0.018 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตลอดการทดลอง (รูปที่ 41 และภาคผนวกตารางที่ 41)



รูปที่ 41 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.2.10 ไนเตรท-ไนโตรเจน

ในวันเริ่มตรวจวัดปริมาณไนเตรทเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.013 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา) ถึง 0.032 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) จากนั้นในชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ชุดดาสต้าบอล ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดอีเอ็มบอล สูตรคุณสมาน ยะธาตุ มีปริมาณไนเตรทลดลงในวันที่ 6 แล้วจึงเพิ่มสูงขึ้น จนถึงวันที่ 12-15 แล้วจึงค่อยๆลดลงจนสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.007 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด) ถึง 0.014 มิลลิกรัม/ลิตร (ชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ) โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นวันที่ 3, 6, 9 และ 27 (รูปที่ 42 และภาคผนวกตารางที่ 42)



รูปที่ 42 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)

3.5.4 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพและคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

จำนวนยีสต์ในทุกชุดการทดลองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ($p<0.01$) กับปริมาณไนไตรท์ และแปรผกผัน ($p<0.05$) กับความเค็ม ในชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด และดาสต้าบอล

จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในทุกชุดการทดลองไม่มีความสัมพันธ์ ($p>0.05$) กับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในทุกพารามิเตอร์

จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในทุกชุดการทดลองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ($p<0.05$) กับปริมาณของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี นอกจากนี้จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนแปรผกผัน ($p<0.05$) กับความเค็ม (ยกเว้นชุดควบคุม ชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และชุดดาสต้าบอล) และ pH (ยกเว้นชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน) และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆในน้ำเค็ม

ชุดการทดลอง	ชนิดจุลินทรีย์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์									
		อุณหภูมิ	ความเค็ม	pH	ออกซิเจนละลาย	ของแข็งแขวนลอย	แอมโมเนียรวม	ไนไตรท์	ไนเตรท	ฟอสฟอรัสรวม	บีโอดี
ควบคุม	ยีสต์	-0.256	-0.777*	-0.292	-0.013	0.634	0.662	0.931**	0.500	0.575	0.549
	LAB	-0.138	-0.497	-0.447	-0.199	0.536	0.507	0.412	-0.019	0.553	0.536
	PTB	0.257	-0.715	-0.926**	-0.734*	0.865*	0.808*	0.289	-0.330	0.901**	0.888**
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	ยีสต์	-0.161	-0.731*	0.018	-0.080	0.380	0.561	0.947**	-0.505	0.405	0.418
	LAB	-0.077	-0.531	-0.376	-0.519	0.553	0.536	0.465	-0.583	0.465	0.539
	PTB	0.103	-0.855*	-0.548	-0.706	0.841*	0.835*	0.709	-0.402	0.793*	0.827*
ดาสต้าบอล	ยีสต์	-0.171	-0.744*	-0.020	-0.208	0.480	0.614	0.916**	-0.709	0.508	0.553
	LAB	-0.118	-0.490	-0.451	-0.488	0.477	0.508	0.492	-0.700	0.472	0.483
	PTB	0.283	-0.723	-0.899**	-0.933**	0.897**	0.821*	0.445	-0.643	0.878*	0.841*
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	ยีสต์	-0.190	-0.680	-0.157	0.196	0.371	0.522	0.928**	-0.705	0.396	0.365
	LAB	-0.049	-0.533	-0.596	-0.439	0.514	0.539	0.434	-0.609	0.526	0.569
	PTB	0.377	-0.747*	-0.981**	-0.772*	0.908**	0.823*	0.350	-0.512	0.898**	0.907**
น้ำหมักเลี้ยงปลา	ยีสต์	-0.117	-0.677	0.011	0.061	0.310	0.536	0.889**	-0.574	0.419	0.359
	LAB	-0.116	-0.563	-0.552	-0.323	0.519	0.584	0.386	-0.539	0.498	0.607
	PTB	0.364	-0.718	-0.992**	-0.743*	0.942**	0.817*	0.280	-0.657	0.878*	0.903**
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	ยีสต์	-0.175	-0.751*	-0.020	-0.097	0.470	0.586	0.911**	-0.017	0.482	0.433
	LAB	-0.130	-0.562	-0.560	-0.332	0.531	0.577	0.390	0.053	0.533	0.579
	PTB	0.261	-0.909**	-0.871*	-0.735*	0.976**	0.937**	0.584	-0.186	0.966**	0.960**
อีเอ็มบอลสมานฉะธาตุ	ยีสต์	-0.116	-0.713	-0.046	-0.232	0.426	0.521	0.895**	0.046	0.451	0.395
	LAB	-0.134	-0.505	-0.456	-0.445	0.454	0.476	0.463	-0.668	0.415	0.519
	PTB	0.187	-0.854*	-0.853*	-0.810*	0.894**	0.862*	0.503	-0.739*	0.863*	0.892**

* ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

หมายเหตุ LAB คือ Lactic acid bacteria

PTB คือ Proteolytic bacteria

บทที่ 4

วิจารณ์

1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล

การเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพ ที่ทำการตรวจวัด คือ pH ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเกิดกระบวนการหมักภายใต้สภาวะออกซิเจนต่ำ จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (heterotroph) จำเป็นจะต้องได้รับสารอาหารจากภายนอก ก็จะใช้น้ำตาลในวัตถุดิบเป็นแหล่งของคาร์บอนและพลังงาน (ดวงพร และคณะ, 2548) จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในน้ำหมักสูตรต่างๆค่อยๆลดลง ในปริมาณที่ไม่เท่ากันเพราะมีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นต่างกัน ส่วนสูตรของคุณจรูญ ไกรเนตร ที่พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่สองของการหมักเนื่องจากมีการเติมน้ำและกากน้ำตาลตามวิธีการที่เจ้าของสูตรคิดค้น แล้วจึงค่อยๆลดลง และจากการหมักจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกแอสิดแบคทีเรียเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นกลูโคสแล้วเป็นกรดเช่น กรดแลคติก กรดอะซิติก และเอทานอล (ดวงพร และคณะ, 2548) จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำหมักเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป โดยพบว่าในปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสียมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุดในวันสุดท้าย และน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 รองลงมา แต่อีกสองสูตรคือ น้ำหมักสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร และน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลากลับมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงเพราะมีการเติมน้ำหลังจากหมักไปได้ระยะเวลาหนึ่งจึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดเจือจางลง ค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรมีค่าลดต่ำลงเรื่อยๆตามระยะเวลาหมักเนื่องจากจุลินทรีย์ผลิตกรดออกมา และพบว่าน้ำหมักสูตรสารเร่ง พด.6 มี pH ต่ำที่สุดในวันสุดท้ายเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นสูงและปริมาณกรดทั้งหมดสูงด้วย ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพ 3 สูตร คือ สูตรคุณจรูญ ไกรเนตร สูตรน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และสูตรสารเร่ง พด.6 มีค่าสูงในช่วง 4 วันแรกของการหมักและลดลงหลังจากนั้น เนื่องจากในช่วงแรกมีการละลายของแร่ธาตุในวัตถุดิบสู่น้ำหมักสูงเพราะความเป็นกรดของน้ำหมัก แล้วก็ค่อยๆลดลงเพราะปริมาณแร่ธาตุในวัตถุดิบลดลง และมีการใช้โดยจุลินทรีย์ในน้ำหมักเอง โดยค่าการนำไฟฟ้านี้ บ่งบอกถึงปริมาณของแร่ธาตุในน้ำหมัก (ดวงพร และคณะ, 2548) แต่ในสูตรคุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์ ที่มีค่าต่ำในวันแรก และสูงขึ้นในวันสุดท้าย โดยสูงที่สุด คือ 10.36 mS/cm เป็นเพราะน้ำหมักชีวภาพ สูตรของคุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์ มีระยะเวลาหมักเพียงแค่ 7 วัน ซึ่งสับปะรดที่ใช้หมักเริ่มเปื่อย และแร่ธาตุยังละลายสู่น้ำหมักไม่หมด จากการศึกษาของ Prachyakij และคณะ (2008) พบว่าในสภาวะของน้ำหมักชีวภาพที่เป็นกรด จะช่วยให้

แร่ธาตุในรูปของสารประกอบละลายออกมาในรูปของไอออนทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีทั้งไอออนบวกและลบ ซึ่งหลายชนิดเป็นธาตุอาหารในพืชเช่น Ca^{2+}, PO_4^{3-} เป็นต้น

4.2 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

จากการใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 3 ชนิด คือ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ได้ทำการติดตามปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ 3 กลุ่มในน้ำ คือ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน ทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 25 วัน พบว่า ยีสต์สามารถเจริญได้ดีในน้ำทั้ง 3 ระดับความเค็ม ในน้ำเค็มมียีสต์น้อยกว่าในน้ำจืดและน้ำกร่อยไม่มากนัก เพราะในธรรมชาติมียีสต์อยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม เช่น ยีสต์ที่เจริญในสภาวะที่มีความเค็มต่ำได้แก่ *Hansenula anomala* และ *Debaryomyces hansenii* ส่วนยีสต์ที่เจริญได้ในความเค็มสูง ได้แก่ *Zygosaccharomyces bailii* (จารุวรรณ, 2550) และจำนวนยีสต์มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยในแต่ละการทดลอง เนื่องจากยีสต์ใช้สารอินทรีย์พวกแป้งและน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน (จารุวรรณ, 2550) นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนของยีสต์อาจมีผลมาจากสภาวะที่มีออกซิเจนพอเพียงซึ่งยีสต์จะเพิ่มจำนวนเซลล์มากในสภาวะที่มีออกซิเจน (Walker, 1998) ส่วนการลดจำนวนลงในทั้ง 3 น้ำ เนื่องมาจากปริมาณอาหาร และแร่ธาตุลดลงโดยดูจากคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ลดลง นอกจากนี้อาจเป็นเพราะเกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์โดยแบคทีเรียดั้งเดิมที่มีอยู่ในน้ำ และแลคติกแอสิดแบคทีเรีย ซึ่ง Magnusson และคณะ (2003) กล่าวว่าแบคทีเรียกลุ่ม *Lactobacillus* sp. สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ยับยั้งยีสต์และราได้

แลคติกแอสิดแบคทีเรียสามารถเจริญได้ในน้ำทุกระดับความเค็ม จึงมีการนำแลคติกแอสิดแบคทีเรียไปใช้ในการถนอมอาหารต่างๆที่มีความเค็มสูงเช่น การทำน้ำปลา โดย Tanasupawat และคณะ (1998) พบแบคทีเรียกลุ่มแลคติกแอสิดในผลิตภัณฑ์น้ำปลาหลายชนิด ได้แก่ *Lactobacillus farciminis, L. petosus, L.plantarum* และ *Leuconostoc* sp. แต่ในการทดลองนี้แลคติกแอสิดแบคทีเรียเพิ่มจำนวนในน้ำเค็ม โดยพบว่าในน้ำเค็มที่วันที่ 5 มีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียมากขึ้นเมื่อเทียบกับวันที่ 1 และน้ำกร่อยและน้ำเค็มมีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียไม่มากในวันที่ 1 จะเพิ่มมากสุดในวันที่ 5 หลังจากวันที่ 5 ทั้ง 3 การทดลองมีจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียลดลง เพราะแลคติกแอสิดแบคทีเรียทนความเค็มได้ดีกว่า ยีสต์ และแบคทีเรียย่อยโปรตีนจึงสามารถเพิ่มจำนวนในน้ำเค็มได้ แต่หลังจากนั้นก็ลดลงตามปริมาณสารอินทรีย์ และ pH ที่เพิ่มขึ้น เพราะแลคติกแอสิดแบคทีเรียเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดที่เหมาะสมคือ pH 4.0-4.5 แต่ก็

มีบางชนิดที่เจริญได้ใน pH สูงถึง 9 (จารุวรรณ, 2550) และเนื่องจากแลคติกแอสิดแบคทีเรียเป็นกลุ่มที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นอาหารแล้วสร้างกรดแลคติกและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา (บุษกร, 2545) และเมื่อเวลาผ่านไปแบคทีเรียกลุ่มนี้ในทุกชุดการทดลองลดจำนวนลง เนื่องจากในน้ำทิ้งมีปริมาณน้ำตาลลดลง จะมีการเพิ่มขึ้นบ้างก็เนื่องมาจากมีการเติมน้ำหมักตามเวลาที่ผู้คิดค้นสูตรกำหนด

แบคทีเรียย่อยโปรตีนจากน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลสามารถเจริญได้ในน้ำทั้ง 3 ระดับความเค็ม สอดคล้องกับการศึกษาของ สุทธินี และคณะ (2544) ซึ่งเก็บตัวอย่างแอมโมเนียออกซิไดซิ่งแบคทีเรียในดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าปริมาณแอมโมเนียออกซิไดซิ่งแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์ และ pH ที่เป็นด่าง (pH 7.5-8.5) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มแสดงให้เห็นว่าแอมโมเนียออกซิไดซิ่งแบคทีเรียสามารถอยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ในการทดลองในน้ำจืดมีปริมาณแบคทีเรียย่อยโปรตีนสูงในช่วง 5 วันแรกของการทดลอง หลังจากนั้นทุกชุดการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนลดลง ส่วนในน้ำกร่อยจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่มากนักในช่วง 20 วัน แล้วจึงค่อยๆลดลง ในน้ำเค็มจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนค่อนข้างคงที่ในช่วง 5 วันแรกแล้วค่อยๆลดลงตามเวลาที่ผ่านไป ซึ่งการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท เมื่อเวลาผ่านไปจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ลดลง เนื่องจากแบคทีเรียย่อยโปรตีนเป็นแบคทีเรียกลุ่ม ammonifying bacteria ที่ปล่อยแอมโมเนียออกมาจากการย่อยโปรตีน และบางชนิดมีความสามารถใช้ NO_2^- และ NO_3^- ในการหายใจในสภาวะที่ขาดออกซิเจนแต่ประสิทธิภาพไม่ดีเท่า หรือใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อการเจริญ (ดวงพร, 2545) แบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสำคัญและเป็นกลุ่มหลักที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะกลุ่มของ *Bacillus* sp. เพราะเป้าหมายในการบำบัดน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือการลดสารที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่น แอมโมเนีย และไนไตรท์ (Boyd, 1990)

จากการทดลองทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม พบจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มในทุกชุดการทดลองรวมถึงชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าในน้ำตามธรรมชาติมีจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มอยู่แล้วเพียงแต่มีปริมาณน้อยกว่าชุดการทดลองที่เติมน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลลงไป จึงอาจไม่เพียงพอหรือประสิทธิภาพไม่ดีเท่าในการใช้บำบัดน้ำทิ้งที่เร่งด่วน การใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลจึงช่วยเพิ่มจำนวนหรือใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ได้ แต่หากดูจำนวนเชื้อที่เพิ่มขึ้นแล้วก็ไม่ได้มากกว่าที่มีในธรรมชาติมากนัก เพราะการจะเพิ่มหรือต่อเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำที่มี

สิ่งแวดล้อมต่างออกไปจากน้ำหมักชีวภาพอาจทำให้เชื้อบางส่วนตายนี้ แสดงว่าเชื้อที่อยู่ในน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลมีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อธรรมชาติ โดยเฉพาะน้ำหมักชีวภาพสูตรสารเร่ง พด. 6 ซึ่งผ่านการคัดเลือกเชื้อมาแล้ว

4.3 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

การทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในน้ำทิ้งเทียมทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม โดยใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอล เมื่อดำเนินการทดลองจนครบ 30 วัน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า

pH ของน้ำทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ทุกชุดการทดลองมีค่าต่ำลงเมื่อมีการเติมน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอล เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 4 สูตรที่เตรียมเสร็จมีฤทธิ์เป็นกรด โดย pH อยู่ในช่วง 3.56 – 3.93 การเติมน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้น และปล่อยแอมโมเนียจากการย่อยโปรตีนจึงทำให้ pH สูงขึ้น หลังจากเติมน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลแล้ว pH ค่อยสูงขึ้นในวันถัดไป ตลอดระยะเวลาการทดลอง pH ของน้ำจืดมีค่าสูงในวันเริ่มต้นแล้วลดต่ำลงและคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน ซึ่งตลอดการทดลองทุกชุดการทดลองมี pH อยู่ในช่วง 6.82 – 8.07 ส่วนในน้ำกร่อยและน้ำเค็ม pH เพิ่มขึ้นหลังจากวันแรกที่ตรวจวัด ปกติ pH ของน้ำกร่อยและน้ำเค็มสูงกว่าในน้ำจืดเนื่องจากมีปริมาณของไอออนและแร่ธาตุต่างๆสูงกว่าน้ำจืดจึงต้านทานการเปลี่ยนแปลงของ pH ได้ดีกว่า (Boyd, 1990) โดย pH ของน้ำกร่อยในทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.73 - 8.10 และน้ำเค็มในทุกชุดการทดลองมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.51 – 8.04 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2553ข)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งเทียมทั้ง 3 ระดับความเค็มมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันคือ มีค่าสูงในวันเริ่มต้น เนื่องจากตะกอนยังไม่นอนก้น แล้วจึงค่อยลดลงในภายหลัง โดยน้ำจืดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงได้ช้าที่สุด ถัดมาคือ น้ำเค็ม และ น้ำกร่อย ตามลำดับ โดยน้ำจืดใช้เวลา 24 วันจึงผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ (ยกเว้นชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลาที่ไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง) ส่วนน้ำเค็มใช้เวลา 18 วัน และน้ำกร่อยใช้เวลา 6 วัน ปริมาณของแข็งแขวนลอยในทุกชุดการทดลองก็อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เนื่องจากในน้ำกร่อย และ น้ำเค็ม มีปริมาณไอออนต่างๆมากกว่าน้ำจืด (Boyd, 1990) ไอออนจึงจับตัวกับของแข็งแขวนลอยตกตะกอนได้เร็วกว่า และเป็นผลมาจากการเติมอากาศที่ทำให้ตะกอนตกช้าลง จากการศึกษาของดำรง (2540) ทดลองเปรียบเทียบระบบให้อากาศแบบเป่าที่พื้นบ่อเพื่อให้ตะกอนแขวนลอยกับการใช้ระบบให้อากาศหมุนเวียนรวมตะกอนพบว่าทั้งสองแบบมีผลทำให้ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น แต่สาเหตุที่ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำกร่อยลดลงเร็วกว่า

ในน้ำเค็มเป็นเพราะในวันเริ่มต้น ในน้ำเค็มมีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากกว่าในน้ำกร่อยค่อนข้างมากจึงทำให้ลดลงได้ช้ากว่า และเมื่อพิจารณาในแต่ละการทดลองพบว่าในน้ำจืดชุดควบคุมปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงช้ากว่าชุดการทดลองอื่นในช่วง 12 วันแรก น้ำกร่อย และน้ำเค็มชุดควบคุมปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงช้ากว่าชุดการทดลองอื่นในช่วง 9 วันแรก แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นน้ำเค็มที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นๆในวันที่ 6 สอดคล้องกับกรรณิการ์ (2543) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อบาซิลลัสลงในบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้น้ำมีความขุ่นน้อยกว่าบ่อที่ไม่ใส่ในเวลาเท่ากัน

ปริมาณแอมโมเนียรวมในการทดลองด้วยน้ำทิ้งเทียมทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน คือ มีค่าสูงในวันเริ่มต้นแล้วจึงค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยทุกชุดการทดลองรวมถึงชุดควบคุมสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ เพราะในน้ำมีจุลินทรีย์กลุ่มไนตริไฟอิงอยู่แล้วตามธรรมชาติ เมื่อมีแหล่งของแอมโมเนีย และมีการเติมออกซิเจนจุลินทรีย์กลุ่มไนตริไฟอิงก็สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียโดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นให้อยู่ในรูป ของไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-)ได้ (Boyd, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับสิริและชนินทร์ (2541) ที่พบว่าถังบำบัดไนตริฟิเคชันที่มีการเติมอากาศสามารถบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ให้เป็นไนเตรทได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยีสต์ก็สามารถใช้ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียได้ (Spencer et al., 1997) และเมื่อพิจารณาในแต่ละการทดลองพบว่า ชุดน้ำหมักชีวภาพ สารเร่ง พด.6 และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสียสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ค่อนข้างเร็วกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เพราะมีการเติมน้ำหมักบ่อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยเติมน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ทุกๆ 10 วัน และเติมปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดทุกๆ 5 วัน

ปริมาณไนไตรท์ในการทดลองในน้ำจืดและน้ำกร่อย มีค่าลดต่ำลงเมื่อเวลาผ่านไปหลังจากตรวจวัดครั้งแรก แต่การทดลองในน้ำเค็มไนไตรท์มีค่าค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นหลังจากวันเริ่มต้นตรวจวัดแล้วจึงลดต่ำลงหลังจากวันที่ 9 ของการทดลอง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำหมักเจริญในน้ำเค็มได้ช้ากว่าในน้ำจืด และน้ำกร่อย โดยจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดในน้ำเค็มทั้ง 3 กลุ่ม คือ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน ในครั้งแรกที่ตรวจวัดมีจำนวนต่ำกว่าช่วงวันที่ 5 – 10 หลังจากนั้นจึงค่อยลดจำนวนลงไปเรื่อยๆ สอดคล้องกับ พรชัย (2545) ซึ่งศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ประกอบด้วยแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*, *B. cereus* และ *B. licheniformis* พบว่าการเติมจุลินทรีย์สามารถลดระดับของแอมโมเนีย และไนไตรท์ได้เมื่อการเลี้ยงผ่านไประยะหนึ่ง นอกจากนั้นยีสต์ก็สามารถใช้แอมโมเนียได้ เนื่องจากยีสต์ต้องการแอมโมเนียในการเจริญโดยเป็นแหล่งไนโตรเจนและผลิตเอทานอล ในเซลล์และผนังเซลล์ของยีสต์มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบถึงประมาณ 10% ของน้ำหนักแห้ง (Walker, 1998) และเมื่อพิจารณาในแต่ละการทดลองก็พบว่า ชุด

น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย มีแนวโน้มบำบัดไนไตรท์ ได้เร็วกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เช่นเดียวกับแอมโมเนีย

ปริมาณไนเตรทในการทดลองในน้ำจืดและน้ำเค็มค่อยๆเพิ่มขึ้นและสูงสุดในวันที่ 12 ของการทดลอง แล้วจึงค่อยลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไนตริไฟอิงแบคทีเรียจะเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ก่อนแล้วจึงเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรท (Boyd, 1990) โดยปริมาณไนไตรท์จะสูงสุดในช่วงวันที่ 9 ของการทดลอง ส่วนในน้ำกร่อยปริมาณไนเตรทสูงสุดตั้งแต่วันเริ่มต้นตรวจวัด แล้วค่อยๆลดลงในช่วงวันที่ 9 ถึง 12 แต่ก็ลดลงช้ากว่าไนไตรท์เช่นเดียวกัน การบำบัดไนเตรทอาศัยแบคทีเรียกลุ่มดีไนตริไฟอิงในสภาวะขาดออกซิเจน หรือการใช้ไนเตรทของแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ซึ่งในการทดลองนี้ไม่ได้ทำการศึกษาว่ามีจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวอยู่หรือไม่ แต่ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดไนเตรทได้รวมทั้งชุดควบคุมที่มีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติอยู่ด้วย ทั้งนี้เพราะยีสต์ และแบคทีเรียย่อยโปรตีนสามารถใช้ไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ และจากการทดลองของเจนจิรา และคณะ (2548) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการใช้แบคทีเรียผสม 6 ชนิด ที่แยกได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งสามารถลด ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดได้ แสดงว่าในน้ำธรรมชาติมีจุลินทรีย์กลุ่มนี้อยู่แล้ว ส่วนการทดลองในน้ำทั้ง 3 ชนิด พบว่า ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่งพด.6 และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย สามารถลดไนเตรทค่อนข้างเร็วกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองก็มีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกัน

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในการทดลองด้วยน้ำทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูงในวันเริ่มต้น แล้วค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยทุกชุดการทดลองรวมทั้งชุดควบคุมสามารถบำบัดฟอสฟอรัสรวมได้ และในการทดลองทั้ง 3 ระดับความเค็ม ชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้เร็วที่สุด โดยใช้เวลา 21 วันในการบำบัดฟอสฟอรัสจนผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่ 0.4 มก.-ฟอสฟอรัส/ล. แต่ก็ใกล้เคียงกับชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งการลดลงของฟอสฟอรัสรวมนี้เกิดขึ้นได้จากการใช้ของจุลินทรีย์ จากการทดลองของเจนจิรา และคณะ (2548) และจันทสิงห์ (2544) พบว่าการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเลี้ยงกุ้งสามารถลดปริมาณฟอสเฟตได้ นอกจากนั้นยีสต์ และจุลินทรีย์อื่นๆ ยังใช้ฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานในรูปของ ATP โดยยีสต์จะใช้ในรูปของเกลือฟอสเฟต (เทพปัญญา, 2545)

บีโอดีในวันเริ่มต้นของแต่ละการทดลองไม่เท่ากันโดย บีโอดีในการทดลองในน้ำจืดและน้ำเค็มมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 26 มก./ล. ส่วนในน้ำกร่อยมีค่าประมาณ 21 มก./ล. เนื่องจากการเตรียมน้ำทิ้งเทียมให้ได้ค่าบีโอดีเริ่มต้นใกล้เคียงกับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งคือประมาณ 20 มก./ล.หรือมากกว่า แต่ในแต่ละการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันคือ เมื่อมีการเติมน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลในวันแรก จากนั้นค่าบีโอดีจะยังไม่ลดแต่กลับเพิ่มสูงขึ้นในกรณีเติมอีเอ็มบอล เพราะการเติมน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลมีสารอินทรีย์จากวัตถุดิบที่ใช้ทำจึงเป็นการเพิ่มบีโอดีสู่น้ำ และเชื้อจุลินทรีย์ยังไม่ทำงานทันทีหลังจากเติม จากนั้นเมื่อผ่านไป 7 วันในน้ำจืดและน้ำกร่อย จึงเริ่มมีชุดการทดลองที่บำบัดค่าบีโอดีผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่ น้อยกว่า 20 มก./ล. ส่วนในน้ำเค็มใช้เวลาผ่านเกณฑ์ช้ากว่าคือ 14 วัน ยกเว้นชุดควบคุมในน้ำกร่อยที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ใน 1 วัน เนื่องจาก มีค่าบีโอดีเกินมาตรฐานเพียง 1 มก./ล. และไม่ได้เติมน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลลงไป บีโอดีจึงลดลงได้เร็ว เมื่อพิจารณาค่าบีโอดีในแต่ละการทดลอง พบว่าชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่าบีโอดีได้เร็วกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งก็สอดคล้องกับ กรรณิการ์ (2543) ที่รายงานว่าการใส่เชื้อบาซิลลัสลงในบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำดีขึ้น ทำให้น้ำเลี้ยงกุ้งขุ่นช้ากว่าบ่อที่ไม่เติม และชลิต (2535) คัดแยกเชื้อแบคทีเรียจากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีชื่อทางการค้าว่า โปรแคน พบว่าเป็นเชื้อ *Bacillus subtilis* และสามารถลดตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้

จากการทดลองพบว่าน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ เพราะในน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลที่เตรียมจากสูตรของผู้คิดค้นมีการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ในรูปแบบต่างๆทั้งแบบน้ำหรือ EM (Effective microorganism) และแบบผงแล้วแต่จะคิดค้นสูตร ซึ่งในผลิตภัณฑ์เหล่านั้นล้วนแล้วแต่มีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ เช่น ศิริโฉม (2536) ได้แยกเชื้อจากจุลินทรีย์ชนิดผงที่ใช้กำจัดของเสียในนากุ้ง พบว่าเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยโปรตีนคือแบคทีเรียสกุล *Bacillus*, *Micrococcus* และ *Pseudomonas* และเป็นสกุลซึ่งสามารถเจริญได้ดีในที่มีความเข้มข้นของเกลือด้วย นอกจากนี้ องอาจ (2541) ศึกษาผลิตภัณฑ์ ทั้งรูปน้ำและผงที่จำหน่ายในตลาด พบมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ระหว่างล้าน (10^6) ถึงร้อยล้าน (10^9) เซลล์ต่อปริมาตร 1 ซีซี. และแยกชนิดจุลินทรีย์ได้ 3 ชนิด คือ *B. subtilis, Enterobacter aerogenas* และ *Pseudomonas cerceri* แต่มีเพียง *B. subtilis* เท่านั้น ที่เจริญในสภาพมีเกลือระดับความเข้มข้นร้อยละ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

และแม้แต่ไม่เติมผลิตภัณฑ์ใดเลยในชุดควบคุมก็สามารถบำบัดน้ำได้หากไม่มีการใช้สารฆ่าเชื้อในน้ำ เมื่อมีอาหารและเติมอากาศจุลินทรีย์ก็สามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้ เพียงแต่บำบัดได้ช้ากว่าชุดการทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ เพราะจำนวนจุลินทรีย์ในชุดควบคุมไม่เพียงพอต่อการบำบัดน้ำที่มีของเสียมากๆ หรือประสิทธิภาพไม่ดีเท่าเชื้อที่ผ่านการคัดเลือก ส่วนชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ของกรมพัฒนาที่ดิน ที่สามารถบำบัดน้ำได้ค่อนข้างเร็วกว่าชุดการทดลองอื่นๆในเกือบทุกพารามิเตอร์เพราะมีการใช้จุลินทรีย์ที่คัดสายพันธุ์มาแล้วประกอบด้วย *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp. และ *Saccharomyces* sp. (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) และชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา สูตร คุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์ที่บำบัดได้รองลงมาเพราะมีการใส่สารเร่ง พด.2 ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์กลุ่มยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย แบคทีเรียย่อยไขมัน แบคทีเรียย่อยโปรตีน และแบคทีเรียละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) แต่ไม่ระบุชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งใช้ในการทำปุ๋ยหมักแต่เกษตรกรนำมาประยุกต์ใช้ สอดคล้องกับจันทสิงห์ (2544) ที่พบว่าการเติมแบคทีเรียชนิด *Bacillus* S11, *B. subtilis* และ *B. firmus* ร่วมด้วยในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดสามารถลดค่าบีโอดี แอมโมเนียทั้งหมด ไนไตรท์ ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต และสารอินทรีย์ในตะกอนดินได้ และทั้ง 2 ชุดการทดลองมีการเติมน้ำหมักบ่อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยเติมน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 ทุก 10 วัน และเติมปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดทุก 5 วัน

บทที่ 5

สรุป

5.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพที่เตรียมขึ้นทั้ง 4 สูตร คือ น้ำหมักสารเร่ง พด.6, น้ำหมักสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา และปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำเสียบ่อกุ้ง-ปลาสูตรคุณอนุสรณ์ หว่านฉรงค์ มีการเปลี่ยนแปลงของ pH การนำไฟฟ้า ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ระดับการเปลี่ยนแปลงอาจแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างกันในด้านชนิดของจุลินทรีย์ที่เติมลงไป ระยะเวลาการหมัก และการเติมส่วนผสมเป็นระยะๆ โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.01 ถึง 4.77 ในช่วงวันเริ่มต้นของการหมัก แล้วลดลงไปอยู่ในช่วง 3.56 ถึง 3.93 ในวันสุดท้าย

ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 7.71 ถึง 12.33 mS/cm ในวันเริ่มต้น แล้วค่อยๆลดลงไปอยู่ที่ระดับ 3.89 ถึง 7.68 mS/cm ในวันสุดท้ายของการหมัก ทุกสูตรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน ยกเว้นในสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรด บำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลามีค่าการนำไฟฟ้า 8.91 mS/cm ในวันเริ่มแรก แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 10.36 mS/cmในการวัดวันสุดท้าย เพราะมีระยะเวลาหมักสั้น แร่ธาตุยังละลายสู่น้ำไม่หมด

ปริมาณกรดทั้งหมดวันเริ่มต้นของการหมัก น้ำหมักชีวภาพ สูตรน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา สารเร่ง พด.6 และปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา มีค่าในช่วง 0.08 ถึง 0.94 g/100 ml แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ 0.87 ถึง 2.33 g/100 ml ในวันสุดท้าย ทุกสูตรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน ยกเว้นในสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร ที่มีค่า 2.49 g/100 ml ในวันเริ่มต้น แล้วลดลงเหลือ 0.97 g/100 ml ในวันสุดท้าย เพราะมีการเติมน้ำ

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในช่วงวันเริ่มต้นมีค่าระหว่าง 18.19 ถึง 48.72 g/100 ml แล้วลดลง เหลือ 1.44 ถึง 11.15 g/100 ml ในวันสุดท้าย ทุกสูตรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

เหมือนกัน แต่ในสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากมีการเติมน้ำและกากน้ำตาล เป็น 31.59 g/100 ml แล้วลดลงเหลือ 1.44 g/100 ml ในวันสุดท้าย

5.2 คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพระหว่างการบำบัดของน้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอล ในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม โดยตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม คือ ยีสต์ แลคติกแอสิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียย่อยโปรตีน พบว่า จุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มสามารถเจริญได้ในน้ำทั้ง 3 ระดับความเค็มโดยยีสต์ในทั้ง 3 การทดลอง มีแนวโน้มการเจริญแบบเดียวกันคือ มีจำนวนมากในวันแรก และค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไปจนถึงวันที่ 15 ของการทดลอง โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 มีจำนวนยีสต์สูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าวทั้ง 3 การทดลอง หลังจากนั้นจำนวนยีสต์ในทุกชุดการทดลองจึงลดลง และจำนวนยีสต์ในชุดการทดลองส่วนใหญ่มีแนวโน้มแปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณสารอินทรีย์และสารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำ แต่แปรผกผัน ($p<0.05$) กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและความเค็ม

แลคติกแอสิดแบคทีเรียทุกชุดการทดลองแนวโน้มการเจริญแบบเดียวกัน มีจำนวนมากในวันแรก และค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไปจนถึงวันที่ 5 ของการทดลอง หลังจากนั้นจำนวนในทุกชุดการทดลองจึงลดลง โดยจำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรียในน้ำจืดและน้ำกร่อยในชุดการทดลองส่วนใหญ่แปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณของแข็งแขวนลอย แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี แต่แปรผกผัน ($p<0.05$) กับอุณหภูมิ pH และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ยกเว้นในน้ำเค็มไม่มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ใดเลย

แบคทีเรียย่อยโปรตีน ในน้ำจืดหลังจากวันที่ 5 ทุกชุดการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนลดลง ในน้ำกร่อยจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 10 แล้วจึงลดลง ยกเว้นชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ส่วนในน้ำเค็มมีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 แล้วลดลงตามลำดับ ยกเว้นชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด มีจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 เนื่องจากการเติมน้ำหมัก การลดลงของจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม เป็นไปตามปริมาณสารอินทรีย์ที่ลดลง และจำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีนในชุดการทดลองส่วนใหญ่แปรผัน ($p<0.05$) ตามปริมาณของแข็ง

แขวนลอย แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี แต่แปรผกผัน ($p<0.05$) กับความเค็ม pH และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

5.3 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

การบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอล ในระยะเวลา 30 วัน ในน้ำ 3 ชนิดคือ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดน้ำทิ้งในพารามิเตอร์ pH ปริมาณของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ ฟอสฟอรัสรวม และบีโอดี ให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษได้ ยกเว้น ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจืดของชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา โดยชุดน้ำหมักชีวภาพสูตร พด. 6 และ ชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดบำบัดน้ำบ่อกุ้ง-ปลา สูตร คุณอนุสรณ์ หว่านณรงค์ สามารถบำบัดน้ำทิ้งได้เร็วกว่าสูตรอื่นๆหากน้ำทิ้งมีค่าบีโอดีเริ่มต้นประมาณ 20 มก./ล. แต่การใช้มีข้อควรระวังคือ เมื่อเติมน้ำหมักชีวภาพสูตร พด.6 จะทำให้ pH ลดต่ำลงจนอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จึงไม่ควรใช้เกินปริมาณที่แนะนำ และควรมีการเติมอากาศในระหว่างการบำบัด จากการทดลองพบว่า ชุดควบคุมก็สามารถบำบัดน้ำได้หากไม่มีการใช้สารฆ่าเชื้อในน้ำ และเติมอากาศจุลินทรีย์ก็สามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้ เพียงแต่การบำบัดน้ำจะช้ากว่าชุดการทดลองที่เติมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2553ก. มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th (เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2553).

กรมควบคุมมลพิษ. 2553ข. มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th (เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2553).

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. สารเร่ง พด.6. เข้าถึงได้จาก http://www.ldd.go.th (เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2554).

กรรณิการ์ อธิราช. 2543. การใช้แบคทีเรียและซีโอไลท์ในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ พูนสุข. 2544. จุลินทรีย์กับการเพาะเลี้ยงกุ้ง. เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com (เข้าถึงเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2554).

คณิต ไชยาคำ และพุทธ ส่องแสงจินดา. 2535. คุณสมบัติ และปริมาณน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2535. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา.

จันทสิงห์ ดวงบ้านเซ่า. 2544. การใช้แบคทีเรียเพื่อจัดการคุณภาพน้ำและปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ มณีศรี. 2550. เทคโนโลยีอาหารหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.

จิราภรณ์ คชเสนี, สุทัศนีย์ บุณคง และทศพร โลแพทย์. 2525. การศึกษานิเวศวิทยาเปรียบเทียบของสัตว์ระหว่างป่าชายเลนที่ถูกตัดฟันกับป่าชายเลนธรรมชาติ. รายงานสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 4 จังหวัดสุราษฎร์ธานี. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

เจนจิรา ศุกรพันธ์, สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และชุติวรรณ เดชสกุลวัฒนา. 2548. ประสิทธิภาพในการลดไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนียและฟอสเฟตในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดโดยแบคทีเรียผสม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

ชลิต โนระดี. 2535. ผลของแบคทีเรียต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีพื้นเป็นดินเหนียว. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชัยวุฒิ พวงสุวรรณ. 2553. รพ.กรุงเทพภูเก็ตร่วมมือกับมูลนิธิมรรคาวาณิชระดมอาสาสมัครปั้นและโยนอีเอ็มบอล. เข้าถึงได้จาก http://hktpromotion.blogspot.com/2009/12/blog-post_20.html (เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2554).

ดวงพร คันธโชติ. 2545. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ดวงพร คันธโชติ, วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล และ ณรงค์ฤทธิ์ อัศวเรืองพิภพ. 2548. ลักษณะของน้ำหมักชีวภาพจากพืชในภาคใต้ของประเทศไทย. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 27: 601-615.

ดวงพร คันธโชติ, สุเมธ ไชยประพัทธ์ และ นัสที กรโอชาเลิศ. 2552. การใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงและน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจากการทำยางแผ่นของสหกรณ์โรงรมยาง. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ดำรง โลหะลักษณาเดช. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ระบบการให้อากาศต่างๆกันเพื่อจัดการคุณภาพน้ำและดินพื้นบ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) ในระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2531. ระบบน้ำและของเสียในบ่อกุ้ง. ศรีเมืองการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

เทพปัญญา เจริญรัตน์. 2545. การผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังแบบครั้งคราวโดยการเติมสับสเตรทขึ้นกับพีเอช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นวรัตน์ ใจศิล. 2539. การลดปริมาณมูลฝอยชุมชนด้วยการใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

นัยนา ศรีชัย, อ้อย ชูหนุน และลำไย ชูทอง. 2547. ผลการเติมน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะน้ำทิ้ง. รายงานการเสนอผลงานวิจัย การประชุมวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย วันที่ 2 กรกฎาคม 2547 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. ปัตตานี.

นิรนาม. 2552. จากภูผาสู่มหานที. เข้าถึงได้จาก www. southpeace.go.th /column/column_520902 .htm/ (เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2554).

นิรนาม. 2553. ผลวิจัยพบ คุณสมบัติพิเศษ “บอลจุลินทรีย์บำบัดน้ำทะเล พิสูจน์เห็นผลแล้วที่ตราด เผยสุดยอดผลงาน อพท. จับมือนักวิชาการเดินหน้าใช้วิทยาศาสตร์ฟื้นแหล่งท่องเที่ยวให้ยั่งยืน. เข้าถึงได้จาก www.farmrachan.com/.../บอลจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย.html (เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2554).

นิรนาม. 2554ก. สูตรน้ำหมักชีวภาพ และจุลินทรีย์ก้อนของเกษตรกรที่ได้รับความนิยม. เข้าถึงได้จาก http://www.rakbankerd.com/agriculture/ (เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2554).

นิรนาม. 2554ข. การหมัก. วิศวกรรมอาหาร1. เข้าถึงได้จากhttp://www.pdffactory.com/ (เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2554).

บุษกร อุตรภิชาติ. 2545. แบคทีเรียโคลิฟอร์ม. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา.

ผู้จัดการออนไลน์. 2554. รมว.กระทรวงทรัพยากรฯ และแม่ทัพภาค 4 วางปะการังเทียม-ทิ้งจุลินทรีย์ ‘อีเอ็มบอล’ ฟื้นฟูทะเลอ่าวไทยตอนล่าง. เข้าถึงได้จาก http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9530000061799 (เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2554).

พรชัย รุ่งศรี. 2545. การใช้สารประกอบจุลินทรีย์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียสกุล วิบริโอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2539. เคมีสภาวะแวดล้อม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ นัยเนตร. 2534. ผลกระทบของการทำนากุ้งต่อพวกครัสเตเซียนที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในป่าชายเลน. *ใน* การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 22-25 กรกฎาคม พ.ศ. 2534 ณ โรงแรมธรรมรินทร์ จังหวัดตรัง.

วลีรัตน์ มูสิกะสังข์ และพุทธ ส่องแสงจินดา. 2551. ผลของชนิดอาหารและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำและดินใต้กระชังปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1970) ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 41/2551. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา.

วีระพล วงษ์ประพันธ์, วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง และสุธา ภู่สิทธิศักดิ์. 2546. ประสิทธิภาพของ EM ในการบำบัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากโรงครัวโรงพยาบาล. ว. วิจัย มข. (บศ). ขอนแก่น 3(2): 100-110.

ศิริโฉม เหลืองอ่อน. 2536. จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในนากุ้งกุลาดำ. รายงานการวิจัย. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

ศิริพร วรกุลดำรงชัย. 2540. อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งต่อโครงสร้างและการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. นครปฐม.

สมใจ ศิริโภค. 2544. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

สมชัย จันทร์สว่าง, ชลศักดิ์ สินรัชตานันท์, เกียรติไกร อายุวัฒน์ และปราโมทย์ ศิริโรจน์. 2537. ผลงานการวิจัยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร. บทความเสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตว์ ครั้งที่ 32 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

สมศักดิ์ นุกูลอุดมพานิชย์. 2543. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM): กรณีศึกษาบ่อพักน้ำเสียโรงพยาบาลคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย. ว.อนามัยสิ่งแวดล้อม 4(3): 3-13.

สิริ ทุกข์วินาศ และชนินทร์ แสงรุ่งเรือง. 2541. การศึกษาวิจัยบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาด้วยระบบ Bio-filter. ว.การประมง 51: 535-540.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2552. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน: บทบาทของจุลินทรีย์และการประยุกต์ใช้. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, รณชัย ทองสนธิ, สุนิสา สุขสวัสดิ์, นเรศ เชื้อสุวรรณ, บุญรัตน์ ประทุมชาติ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2550. การใช้โพรไบโอติกในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. ว.การประมง 60: 128-136.

สุปรีชา กลิ่นพูน. 2551. ปุ๋ยเปรี้ยวๆใช้บำบัดน้ำในบ่อกุ้งปลา. Aqua Biz. 2: 18-20.

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2547. รายงานประสบการณ์ การใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในวิธีการผลิตของชุมชนบางขุนไทร: กรณีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยหมักโบกาฉิ. สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ.

สุทธินี ลิ้มธรรมมหิศร, คมน์ ศิลปาจารย์ และ รัชดาภรณ์ เอี่ยมสำอางค์. 2544. ปริมาณแอมโมเนียออกซิไดซ์ซึ่งแบคทีเรียในดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 22. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประจวบคีรีขันธ์. กรมประมง. กรุงเทพฯ.

เสงี่ยม เอียดตน. 2553. ชาวบ้านบางลาทำอีเอ็มบอล แก้น้ำเสียชุมชนป่าชายเลนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. เข้าถึงได้จาก http://www.deephuket.com/content/1154 (เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2554).

แสงไทย เค้าภูไทย. 2544. กุ้งก้ามกราม/กุ้งซีพีเอฟ เปิดทางเลือกกุ้งน้ำจืด (แต่ระวังกุ้งนุ่งสาหรีลอบเข้ามาถล่มกุ้งไทย). ฟาร์มกุ้ง 1: 7-9.

องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. 2554. DASTA Ball (ลูกบอลดาสต้า). เข้าถึงได้จาก www.dasta.or.th (เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2554).

องอาจ เลาหวินิจ. 2541. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเลี้ยงโดยการเพิ่มบักเตรีในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ, อารี ไชยาภินันท์ และเสาวนีย์ สุนทรพิทักษ์. 2539. การลดปริมาณสารอาหารในน้ำเสียโดยอีเอ็ม. ว.เกษตรศาสตร์ 30(วิทย์): 211-218.

อานัฐ ต้นโช. 2554. แนวคิด หลักการ เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย เกษตรธรรมชาติประยุกต์. เข้าถึงได้จาก http://www.maejonaturalfarming.org (เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2554).

APHA, AWWA and WPCF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. American Public Health Association. Washington, D.C.

Avnimelech, Y. and Lacher, M. 1979. A tentative nutrient balance for intensive fish ponds. Bamidgeh 31: 3-8.

Balcazar, J.L., de Bals, I., Ruiz-Zarzuela, I., Cunningham, D., Vendrell, D. and Muzquiz, J.L. 2006. The role of probiotics in aquaculture. Vet. Microbiol. 114: 173-186.

Boyd, C.E. 1985. Chemical budgets in channel catfish ponds. Trans. Am. Fish. Soc. 114: 291-298.

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. Alabama.

Briggs, M.R.P. and Funge-Smith, S.J. 1994. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. Aquacult Res. 25: 789-811.

Cole, B.A. and Boyd, C.E. 1986. Feeding rate, water quality and channel catfish production in ponds. Prog Fish Cult. 48: 25-29.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356.

Gowen, R.J. and Bradbury, N.B. 1987. The ecological impact of salmon farming in coastal waters: A review. Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev. 25: 563-575.

Lin, C.K., Ruamthaveesub, P. and Wanuchsoontorn, P. 1993. Integrated culture of the green mussel (*Perna viridis*) in waste water from an intensive shrimp pond. Concept and practice. World Aquacult. 24: 68-73.

Magnusson, J., Strom, K., Roos, S., Sjogren, J. and Schnurer, J. 2003. Broad and complex antifungal activity among environmental isolate of lactic acid bacteria. FEMS Microbiology Letters 219: 129-135.

Nimrat, S., Sakanuchaichan, K., Chuersuwan, N. and Vuthiphandchai, V. 2005. Prevalence of *Vibrio* spp. in aquatic organism collected from natural environments and aquaculture systems. Burapha Science Journal 10: 83-91.

Penczak, T., Galicka, W., Molinski, M., Kusto, E. and Zalewski, M. 1982. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Appl. Ecol. 19: 371-393.

Pillay, T.V.R. 1992. Aquaculture and the Environment. Fishing News Books. Oxford.

Prachyakij, P., Charernjiratrakul, W. and Kantachote, D. 2008. Improvement in the quality of a fermented seaweed beverage using an antiyeast starter of *Lactobacillus plantarum* DW3 and partial sterilization. World J Microbiol Biotechnol. 24: 1713-1720.

Saha, S., Roy, R.N., Sen, S.K. and Ray, A.K. 2006. Characterization of cellulase-producing bacteria from the digestive tract of tilapia, *Oreochromis mossambica* (Peters) and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). Aquaculture 37: 380-388.

Shariff, M., Yusoff, F.M., Devaraja, T.N. and Rao, P.S.S. 2001. The effectiveness of a commercial microbial product in poorly prepared tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius) ponds. Aqua. Res. 32: 181-187.

Siripornadulsil, S. and Labteephanao, W. 2008. The efficiency of effective microorganisms (EM) on oil and grease treatment of the food debris wastewater. KKU Sci.J. 36(Suppl.): 27-35.

Spencer, J.F.T., Spencer, D.M. and Figueroa, L.I.C. 1997. Yeasts as living object : Yeast nutrition. *In* J.F.T. Spencer and D.M. Spencer (eds.), Yeasts in Natural and Artificial Habitats. Springer. New York. pp 68-79.

Staley, J.T. and Stanley, P.M. 1986. Potential commercial applications in aquatic microbiology. Microb. Ecol. 12: 79-100.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. 2nd edition. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa.

Szymanski, N. and Patterson, R.A. 2003. Effective Microorganisms (EM) and Wastewater Systems. Future Direction for On-site Systems: Best Management Practice Proceeding of On-site '03 Conference. Held at University of New England, Amidale 30th September to 2nd October 2003.

Tacon, A.G.J., Phillips, M.J. and Barg, U.C. 1995. Aquaculture feeds and the environment. The Asian experience. Wat. Sci. 31 : 41-59.

Tanasupawat, S., Okada, S. and Komagata, K. 1998. Lactic acid bacteria found in fermented fish in Thailand. J. Gen. Appl. Microbiol. 44: 193-200.

Taylor, M.J. and Richardson, T. 1979. Applications of microbial enzymes in food systems and biotechnology. Adv. Appl. Microbiol. 25: 7-35.

Walker, G.M. 1998. Yeast Physiology and Biotechnology. John Wiley & Sons, England.

Wood, C.M. 1993. Ammonia and urea metabolism and excretion. *In*: Evans, D.H., editor. The Physiology of Fishes. CRC Press. Boca Raton. pp 379–425.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 pH ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ระยะเวลาหมัก (วัน)	สูตร คุณจรูญไกรเนตร	น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา	น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6	ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรด
1	4.77±0.00^{d}	4.22±0.00^{b}	4.01±0.02^{a}	4.47±0.01^{c}
2	4.78±0.01^{d}	4.21±0.00^{c}	3.97±0.01^{a}	4.15±0.00^{b}
3	4.78±0.00^{d}	4.17±0.01^{c}	3.62±0.01^{a}	3.92±0.00^{b}
4	4.78±0.03^{d}	4.17±0.01^{c}	3.46±0.02^{a}	3.80±0.00^{b}
5	4.82±0.01^{d}	4.14±0.00^{c}	3.49±0.01^{a}	3.78±0.00^{b}
6	4.83±0.00^{d}	4.09±0.01^{c}	3.49±0.01^{a}	3.76±0.01^{b}
7	4.89±0.01^{d}	4.02±0.02^{c}	3.49±0.01^{a}	3.71±0.00^{b}
8	4.88±0.01^{c}	3.94±0.01^{b}	3.52±0.01^{a}	-
9	4.89±0.00^{c}	3.91±0.00^{b}	3.51±0.01^{a}	-
10	4.88±0.01^{c}	3.96±0.00^{b}	3.57±0.01^{a}	-
11	4.88±0.00^{c}	3.98±0.01^{b}	3.51±0.02^{a}	-
12	4.86±0.00^{c}	3.95±0.00^{b}	3.58±0.01^{a}	-
13	4.84±0.00^{c}	3.92±0.00^{b}	3.55±0.01^{a}	-
14	4.86±0.00^{b}	3.94±0.01^{b}	3.58±0.01^{a}	-
15	4.84±0.01^{c}	3.93±0.01^{b}	3.56±0.01^{a}	-
16	4.84±0.00^{c}	3.95±0.01^{b}	3.59±0.03^{a}	-
17	4.37±0.00^{c}	3.94±0.01^{b}	3.60±0.00^{a}	-
18	3.96±0.00^{c}	3.94±0.01^{b}	3.60±0.01^{a}	-
19	3.86±0.01^{b}	3.96±0.01^{c}	3.59±0.01^{a}	-
20	3.77±0.01^{c}	3.96±0.00^{c}	3.58±0.01^{a}	-
21	3.76±0.00^{b}	3.91±0.00^{c}	3.57±0.02^{a}	-
22	3.75±0.01^{b}	3.93±0.01^{c}	3.56±0.00^{a}	-

*ในแนวนอนค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity (mS/cm)) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ระยะเวลาหมัก (วัน)	สูตร คุณจรูญ ไกรเนตร	น้ำหมักชีวภาพ เลี้ยงปลา	น้ำหมักชีวภาพ สารเร่ง พด.6	ปุ๋ยอินทรีย์จาก สับปะรด
1	12.33±0.02^{d}	7.71±0.01^{a}	12.06±0.03^{c}	8.91±0.01^{b}
2	12.49±0.02^{d}	7.62±0.00^{a}	11.81±0.06^{c}	9.35±0.02^{b}
3	12.52±0.02^{d}	7.54±0.01^{a}	11.55±0.03^{c}	10.08±0.06^{b}
4	12.53±0.03^{d}	7.48±0.03^{a}	11.53±0.11^{c}	10.38±0.06^{b}
5	10.22±0.03^{b}	2.72±0.01^{a}	10.59±0.00^{d}	10.46±0.07^{c}
6	10.21±0.01^{c}	2.78±0.01^{a}	9.34±0.01^{b}	10.57±0.05^{d}
7	10.27±0.02^{c}	2.89±0.03^{a}	8.52±0.04^{b}	10.36±0.02^{d}
8	10.31±0.02^{c}	3.16±0.01^{a}	8.70±0.01^{b}	-
9	10.82±0.01^{c}	3.40±0.00^{a}	7.88±0.11^{b}	-
10	10.57±0.03^{c}	3.63±0.00^{a}	7.83±0.08^{b}	-
11	10.48±0.02^{c}	3.66±0.01^{a}	8.17±0.02^{b}	-
12	10.45±0.04^{c}	3.69±0.00^{a}	7.69±0.19^{b}	-
13	10.64±0.03^{c}	3.77±0.01^{a}	8.24±0.01^{b}	-
14	10.62±0.03^{c}	3.76±0.01^{a}	8.15±0.06^{b}	-
15	10.53±0.01^{c}	3.82±0.01^{a}	8.20±0.05^{b}	-
16	10.26±0.02^{c}	3.74±0.01^{a}	7.61±0.21^{b}	-
17	6.60±0.02^{b}	3.79±0.01^{a}	8.89±0.04^{c}	-
18	6.71±0.02^{b}	3.68±0.01^{a}	6.55±1.60^{b}	-
19	7.05±0.00^{b}	3.84±0.01^{a}	7.91±0.07^{c}	-
20	7.05±0.01^{b}	3.81±0.01^{a}	7.79±0.08^{c}	-
21	7.07±0.01^{b}	3.81±0.01^{a}	7.56±0.02^{c}	-
22	7.07±0.02^{b}	3.89±0.01^{a}	7.68±0.08^{c}	-

*ในแนวนอนค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity (g/100 ml)) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ระยะเวลาหมัก (วัน)	สูตร คุณจรูญไกรเนตร	น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา	น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6	ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรด
1	2.49±0.19^{c}	0.08±0.02^{a}	0.15±0.02^{a}	0.94±0.19^{b}
2	2.40±0.24^{c}	0.09±0.02^{a}	0.23±0.02^{a}	1.55±0.24^{b}
3	2.49±0.19^{b}	0.15±0.02^{a}	0.23±0.02^{a}	2.49±0.19^{b}
4	2.32±0.38^{c}	0.09±0.00^{a}	0.20±0.02^{a}	1.89±0.24^{b}
5	2.32±0.24^{b}	0.73±0.04^{a}	1.94±0.05^{a}	2.40±0.24^{c}
6	2.40±0.24^{c}	0.87±0.08^{a}	1.99±0.02^{b}	2.83±0.39^{d}
7	2.40±0.24^{c}	1.01±0.11^{a}	2.00±0.09^{b}	2.33±0.04^{c}
8	1.97±0.24^{b}	1.12±0.07^{a}	2.24±0.04^{c}	-
9	2.32±0.19^{c}	0.72±0.04^{a}	2.07±0.04^{b}	-
10	2.32±0.36^{c}	0.76±0.02^{a}	2.13±0.02^{b}	-
11	1.80±0.36^{b}	0.80±0.02^{a}	2.22±0.04^{c}	-
12	2.32±0.38^{b}	0.84±0.04^{a}	2.21±0.08^{b}	-
13	1.97±0.24^{b}	0.86±0.03^{a}	2.16±0.09^{c}	-
14	2.40±0.24^{b}	0.82±0.03^{a}	2.28±0.11^{b}	-
15	2.32±0.24^{b}	0.81±0.02^{a}	2.23±0.07^{b}	-
16	2.32±0.38^{b}	0.84±0.02^{a}	2.24±0.02^{b}	-
17	0.52±0.19^{a}	0.82±0.04^{b}	2.40±0.08^{c}	-
18	0.73±0.03^{a}	0.86±0.03^{b}	2.22±0.11^{c}	-
19	0.91±0.04^{a}	0.88±0.02^{a}	2.25±0.07^{b}	-
20	0.90±0.03^{a}	0.88±0.02^{a}	2.26±0.08^{b}	-
21	0.89±0.02^{b}	0.82±0.02^{a}	2.21±0.09^{c}	-
22	0.97±0.02^{b}	0.87±0.02^{a}	2.28±0.10^{c}	-

*ในแนวนอนค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar (g/100 ml)) ของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆที่หมักเป็นเวลา 22 วัน ยกเว้นสูตรปุ๋ยอินทรีย์สับปะรดหมักเพียง 7 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ระยะเวลาหมัก (วัน)	สูตร คุณจรูญไกรเนตร	น้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา	น้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6	ปุ๋ยอินทรีย์จากสับปะรด
5	3.02±0.08^{b}	4.87±0.04^{d}	4.16±0.13^{c}	1.82±0.06^{a}
10	2.50±0.07^{d}	0.50±0.01^{a}	1.39±0.06^{c}	1.11±0.04^{b}
15	3.16±0.06^{c}	0.34±0.05^{a}	1.27±0.03^{b}	-
20	0.14±0.01^{a}	0.25±0.01^{b}	1.00±0.03^{c}	-

*ในแนวนอนค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 จำนวนยีสต์ (CFU/ml) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$4.1\times10^{5\ bc}$	$6.4\times10^{5\ a}$	$4.1\times10^{6\ a}$	$1.51\times10^{5\ a}$	$5.24\times10^{4\ a}$	$3.23\times10^{4\ a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$5.5\times10^{5\ ab}$	$5.97\times10^{5\ a}$	$9.77\times10^{6\ b}$	$5.17\times10^{4\ b}$	$3.8\times10^{4\ ab}$	$6.64\times10^{3\ b}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$3.4\times10^{5\ c}$	$3.5\times10^{5\ a}$	$4\times10^{6\ a}$	$7.22\times10^{4\ b}$	$4.08\times10^{4\ ab}$	$6.72\times10^{3\ b}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$6.9\times10^{5\ a}$	$3.1\times10^{6\ b}$	$4.6\times10^{6\ a}$	$5.2\times10^{5\ c}$	$5.7\times10^{4\ a}$	$6.44\times10^{3\ b}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$3.2\times10^{5\ c}$	$3.55\times10^{6\ c}$	$3.87\times10^{6\ a}$	$3.4\times10^{4\ b}$	$6.8\times10^{3\ c}$	$4.02\times10^{3\ b}$
ดาสต้าบอล	$6.95\times10^{5\ a}$	$7.5\times10^{6\ a}$	$6.53\times10^{5\ c}$	$5.07\times10^{4\ b}$	$3.77\times10^{4\ b}$	$4.96\times10^{3\ b}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$4.15\times10^{5\ bc}$	$6.55\times10^{5\ a}$	$4.33\times10^{6\ a}$	$5.8\times10^{5\ d}$	$5.0\times10^{4\ a}$	$6.72\times10^{3\ b}$

* ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 6 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรีย (CFU/ml) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$6.52\times10^{4\ a}$	$1.09\times10^{5\ a}$	$9.1\times10^{4\ a}$	$5.17\times10^{3\ a}$	$3.75\times10^{3\ b}$	$5.28\times10^{2\ cd}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$2.28\times10^{5\ c}$	$4.9\times10^{5\ b}$	$5.45\times10^{4\ b}$	$4.48\times10^{3\ a}$	$4.02\times10^{3\ ab}$	$7.76\times10^{2\ e}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$1.21\times10^{5\ ab}$	$6.45\times10^{4\ a}$	$4.3\times10^{4\ c}$	$5.3\times10^{3\ a}$	$3.95\times10^{3\ ab}$	$5.64\times10^{2\ d}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$5.65\times10^{4\ a}$	$3.6\times10^{4\ a}$	$5.27\times10^{4\ bc}$	$4.8\times10^{4\ a}$	$4.32\times10^{3\ c}$	$4.52\times10^{2\ bc}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$6.57\times10^{4\ a}$	$3\times10^{4\ a}$	$4.8\times10^{3\ d}$	$4.8\times10^{3\ a}$	$4.14\times10^{2\ a}$	$3.33\times10^{2\ a}$
ดาสต้าบอล	$1.19\times10^{5\ ab}$	$8.2\times10^{4\ a}$	$4.2\times10^{3\ d}$	$4.63\times10^{3\ a}$	$6.36\times10^{2\ a}$	$3.52\times10^{2\ ab}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$1.78\times10^{5\ bc}$	$4.3\times10^{5\ b}$	$5.9\times10^{3\ b}$	$6.83\times10^{3\ b}$	$3.96\times10^{3\ ab}$	$5.1\times10^{2\ cd}$

* ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 7 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีน (CFU/ml) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$1.11\times10^{5\ ab}$	$3.4\times10^{5\ a}$	$1.09\times10^{4\ a}$	$8.97\times10^{3\ a}$	$5.08\times10^{3\ a}$	$9.94\times10^{2\ a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$7.82\times10^{4\ a}$	$4.7\times10^{5\ a}$	$4.65\times10^{4\ bc}$	$3.6\times10^{4\ b}$	$4.84\times10^{3\ ab}$	$1.75\times10^{3\ b}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$1.96\times10^{5\ b}$	$3.7\times10^{5\ a}$	$7.72\times10^{3\ a}$	$3.7\times10^{4\ b}$	$4.84\times10^{3\ ab}$	$1.08\times10^{3\ a}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$1.53\times10^{5\ ab}$	$1.25\times10^{5\ c}$	$4.8\times10^{4\ c}$	$6\times10^{3\ bc}$	$8.7\times10^{2\ c}$	$4.1\times10^{2\ d}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$1.13\times10^{5\ ab}$	$5.0\times10^{4\ c}$	$4.23\times10^{4\ bc}$	$5.45\times10^{3\ bc}$	$3.9\times10^{3\ b}$	$1.03\times10^{3\ a}$
ดาสต้าบอล	$1.6\times10^{5\ ab}$	$1.45\times10^{6\ b}$	$3.6\times10^{4\ b}$	$8.08\times10^{3\ bc}$	$4.2\times10^{3\ ab}$	$7.8\times10^{2\ c}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$1.63\times10^{5\ ab}$	$3.65\times10^{4\ a}$	$4.15\times10^{4\ bc}$	$4.08\times10^{3\ c}$	$1.65\times10^{3\ c}$	$7.74\times10^{2\ c}$

* ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 8 จำนวนยีสต์ (CFU/ml) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$8.8\times10^{5\ bc}$	$2.97\times10^{4\ ab}$	$2.02\times10^{5\ a}$	$4.7\times10^{4\ b}$	$9.5\times10^{3\ a}$	$4.4\times10^{3\ a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$1.7\times10^{7\ a}$	$1.38\times10^{4\ a}$	$8.76\times10^{4\ a}$	$3.7\times10^{4\ ab}$	$3.3\times10^{4\ b}$	$4.2\times10^{3\ a}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$1.51\times10^{6\ b}$	$7.2\times10^{4\ b}$	$4.90\times10^{4\ a}$	$9.93\times10^{3\ a}$	$7.3\times10^{4\ d}$	$5.3\times10^{3\ ab}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$7.1\times10^{5\ cd}$	$2.58\times10^{4\ ab}$	$6.5\times10^{4\ a}$	$4.1\times10^{3\ a}$	$5.7\times10^{4\ c}$	$5.2\times10^{3\ ab}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$4.7\times10^{5\ cd}$	$6.2\times10^{3\ a}$	$1.72\times10^{6\ c}$	$5.23\times10^{3\ bc}$	$5.1\times10^{4\ c}$	$8.5\times10^{3\ bc}$
ดาสต้าบอล	$1.21\times10^{6\ bc}$	$2.9\times10^{4\ ab}$	$8.35\times10^{5\ b}$	$3.1\times10^{4\ ab}$	$5.6\times10^{4\ c}$	$1.07\times10^{4\ c}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$8.2\times10^{4\ d}$	$4.3\times10^{5\ c}$	$8.37\times10^{4\ a}$	$8.9\times10^{4\ c}$	$8.9\times10^{4\ e}$	$5.5\times10^{3\ ab}$

* ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรีย (CFU/ml) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรือ อีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$1.04\times10^{4\,a}$	$6.2\times10^{2\,a}$	$1.85\times10^{3\,ab}$	$9.32\times10^{2\,a}$	$6.0\times10^{2\,a}$	$1.18\times10^{3\,a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$6.3\times10^{3\,a}$	$1.15\times10^{5\,e}$	$1.43\times10^{4\,c}$	$1.26\times10^{3\,a}$	$4.5\times10^{2\,a}$	$8.2\times10^{3\,c}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$8.43\times10^{3\,a}$	$8.85\times10^{3\,b}$	$5.5\times10^{3\,b}$	$1.18\times10^{3\,a}$	$8.38\times10^{2\,a}$	$1.71\times10^{3\,a}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$1.19\times10^{3\,a}$	$4.5\times10^{4\,d}$	$4.5\times10^{3\,ab}$	$9.85\times10^{3\,b}$	$7.9\times10^{2\,a}$	$4.57\times10^{3\,b}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$4.2\times10^{5\,b}$	$5.4\times10^{3\,ab}$	$5.2\times10^{3\,a}$	$7.25\times10^{2\,a}$	$6.87\times10^{2\,a}$	$8.97\times10^{2\,a}$
ดาสต้าบอล	$8.45\times10^{3\,a}$	$3.6\times10^{4\,c}$	$4.9\times10^{3\,ab}$	$1.44\times10^{3\,a}$	$4.15\times10^{2\,a}$	$1.12\times10^{4\,d}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$1.3\times10^{4\,c}$	$3.85\times10^{2\,a}$	$4.8\times10^{3\,ab}$	$4.7\times10^{2\,a}$	$6.7\times10^{2\,a}$	$8.1\times10^{2\,a}$

* ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 10 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีน (CFU/ml) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรือ อีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$2.24\times10^{5\,a}$	$5.4\times10^{4\,ab}$	$9.93\times10^{4\,a}$	$1.42\times10^{4\,a}$	$1.75\times10^{5\,a}$	$7.9\times10^{3\,a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$1.33\times10^{6\,c}$	$5.77\times10^{4\,b}$	$1.32\times10^{5\,a}$	$4.45\times10^{4\,b}$	$6.3\times10^{4\,bc}$	$1.26\times10^{4\,a}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$7.6\times10^{5\,b}$	$3.7\times10^{4\,a}$	$1.28\times10^{5\,a}$	$1.25\times10^{4\,a}$	$1.14\times10^{5\,d}$	$1.02\times10^{4\,a}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$6.77\times10^{5\,b}$	$5.3\times10^{4\,ab}$	$1.43\times10^{5\,a}$	$1.16\times10^{4\,a}$	$1.18\times10^{4\,d}$	$8.47\times10^{3\,a}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$9\times10^{4\,a}$	$5.13\times10^{4\,ab}$	$1.44\times10^{5\,a}$	$6.77\times10^{3\,a}$	$4.83\times10^{3\,cd}$	$8.03\times10^{3\,a}$
ดาสต้าบอล	$7.93\times10^{5\,b}$	$7.1\times10^{4\,b}$	$8.78\times10^{5\,b}$	$1.10\times10^{4\,a}$	$9.15\times10^{4\,b}$	$9.13\times10^{3\,a}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$1.92\times10^{5\,a}$	$6.2\times10^{4\,b}$	$6.55\times10^{4\,a}$	$6.8\times10^{3\,a}$	$3.53\times10^{4\,cd}$	$9.84\times10^{3\,a}$

* ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 11 จำนวนยีสต์ (CFU/ml) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$8.12\times10^{4\,a}$	$4.08\times10^{5\,a}$	$4.16\times10^{5\,a}$	$8.7\times10^{4\,a}$	$5.04\times10^{2\,a}$	$3.6\times10^{2\,a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$6.96\times10^{4\,a}$	$5.9\times10^{5\,a}$	$8.0\times10^{5\,a}$	$5.24\times10^{4\,bc}$	$4.2\times10^{2\,a}$	$5.44\times10^{2\,bc}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$5.24\times10^{4\,a}$	$3.86\times10^{5\,a}$	$7.18\times10^{5\,a}$	$6.86\times10^{4\,ab}$	$4.34\times10^{2\,a}$	$6.52\times10^{2\,cd}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$6.8\times10^{4\,a}$	$4.8\times10^{5\,a}$	$8.9\times10^{5\,a}$	$4.38\times10^{4\,bc}$	$5.2\times10^{2\,a}$	$6.6\times10^{2\,cd}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$7.84\times10^{4\,a}$	$4.46\times10^{5\,a}$	$6.18\times10^{5\,a}$	$3.88\times10^{4\,c}$	$6.34\times10^{2\,a}$	$4.14\times10^{2\,ab}$
ดาสต้าบอล	$7.22\times10^{4\,a}$	$4.78\times10^{5\,a}$	$5.46\times10^{5\,a}$	$4.64\times10^{4\,bc}$	$3.54\times10^{2\,a}$	$4.54\times10^{2\,ab}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$6.8\times10^{4\,a}$	$5.2\times10^{5\,a}$	$7.26\times10^{5\,a}$	$6.56\times10^{4\,ab}$	$5.08\times10^{3\,b}$	$7.4\times10^{2\,d}$

* ในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 12 จำนวนแลคติกแอสิดแบคทีเรีย (CFU/ml) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$6.96\times10^{3\,ab}$	$1\times10^{5\,a}$	$7.84\times10^{3\,a}$	$5.5\times10^{3\,a}$	$3.96\times10^{2\,a}$	$4.02\times10^{2\,a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$1.07\times10^{4\,bc}$	$8.3\times10^{4\,a}$	$5.76\times10^{3\,a}$	$4.62\times10^{3\,a}$	$4.1\times10^{2\,a}$	$6.14\times10^{2\,c}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$8.48\times10^{3\,ab}$	$6.02\times10^{4\,a}$	$4.82\times10^{3\,a}$	$4.84\times10^{3\,a}$	$4.04\times10^{2\,a}$	$4.82\times10^{2\,d}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$5.64\times10^{3\,a}$	$3.9\times10^{4\,a}$	$5.94\times10^{3\,a}$	$4.98\times10^{3\,a}$	$4.68\times10^{2\,ab}$	$4.94\times10^{2\,d}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$6.3\times10^{3\,a}$	$3.9\times10^{4\,a}$	$4.48\times10^{3\,a}$	$3.9\times10^{3\,a}$	$3.9\times10^{2\,a}$	$3.2\times10^{2\,b}$
ดาสต้าบอล	$7.42\times10^{3\,ab}$	$8.4\times10^{4\,a}$	$4.44\times10^{3\,a}$	$5.38\times10^{3\,a}$	$6.96\times10^{2\,b}$	$3.3\times10^{2\,ab}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$1.31\times10^{4\,c}$	$5.12\times10^{5\,b}$	$5.06\times10^{4\,b}$	$7.96\times10^{3\,b}$	$4.36\times10^{3\,c}$	$5.34\times10^{2\,d}$

* ในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 13 จำนวนแบคทีเรียย่อยโปรตีน (CFU/ml) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 25 วัน (ค่าเฉลี่ย, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	1	5	10	15	20	25
ควบคุม	$7.18\times10^{4\ ab}$	$8.48\times10^{4\ a}$	$6.74\times10^{3\ a}$	$3.62\times10^{3\ a}$	$3.88\times10^{2\ a}$	$3.34\times10^{2\ a}$
น้ำหมักสารเร่ง พด.6	$5.9\times10^{4\ a}$	$1.14\times10^{5\ b}$	$4.64\times10^{4\ c}$	$8.08\times10^{3\ c}$	$3.98\times10^{3\ c}$	$5.94\times10^{2\ c}$
น้ำหมักจรูญ ไกรเนตร	$6.8\times10^{4\ ab}$	$6.6\times10^{4\ a}$	$7.08\times10^{3\ a}$	$5.06\times10^{3\ ab}$	$5.1\times10^{2\ ab}$	$3.64\times10^{2\ ab}$
น้ำหมักเลี้ยงปลา	$8.44\times10^{4\ b}$	$7.62\times10^{4\ a}$	$7.18\times10^{3\ a}$	$4.06\times10^{3\ ab}$	$7.28\times10^{2\ b}$	$4.54\times10^{2\ ab}$
ปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด	$7.38\times10^{4\ ab}$	$7.5\times10^{4\ a}$	$3.48\times10^{4\ b}$	$4.76\times10^{3\ ab}$	$6.52\times10^{2\ b}$	$4.32\times10^{2\ ab}$
ดาสต้าบอล	$7.06\times10^{4\ ab}$	$7.76\times10^{4\ a}$	$7.02\times10^{3\ a}$	$5\times10^{3\ ab}$	$4.08\times10^{2\ a}$	$3.82\times10^{2\ ab}$
อีเอ็มบอลสมาน ยะธาตุ	$1.03\times10^{5\ c}$	$1.54\times10^{5\ c}$	$4.94\times10^{4\ c}$	$5.8\times10^{3\ b}$	$1.32\times10^{3\ d}$	$7.18\times10^{2\ d}$

* ในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 14 อุณหภูมิ (ºC) น้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.90± 0.22
T2	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.90± 0.22	28.00± 0.00	27.00± 0.00
T3	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.90± 0.22	28.00± 0.00	27.00± 0.00
T4	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	27.00± 0.00
T5	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	28.00± 0.00	27.00± 0.00
T6	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	27.00± 0.00
T7	28.00± 0.00	27.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.50± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	28.00± 0.00	26.90± 0.22

*ตลอดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 15 pH น้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	7.97± 0.24^{ab}	7.14± 0.29^{ab}	7.30± 0.13^{a}	7.42± 0.20^{a}	7.45± 0.17^{bc}	7.49± 0.20^{a}	7.33± 0.20^{a}	7.52± 0.20^{a}	7.60± 0.12^{a}	7.67± 0.12^{a}
T2	7.98± 0.21^{ab}	7.14± 0.39^{ab}	7.25± 0.17^{a}	7.48± 0.18^{b}	7.17± 0.12^{ab}	7.41± 0.40^{a}	7.28± 0.40^{ab}	7.31± 0.31^{ab}	7.30± 0.16^{b}	7.32± 0.11^{b}
T3	7.94± 0.19^{ab}	6.97± 0.54^{a}	6.95± 0.21^{b}	7.03± 0.42^{a}	7.11± 0.26^{ab}	7.15± 0.31^{a}	6.82± 0.17^{c}	7.05± 0.27^{b}	7.04± 0.10^{c}	7.12± 0.10^{c}
T4	7.98± 0.21^{ab}	7.30± 0.78^{ab}	7.17± 0.27^{ab}	7.01± 0.42^{a}	7.07± 0.37^{a}	7.16± 0.48^{a}	6.97± 0.35^{abc}	7.10± 0.34^{b}	7.15± 0.26^{bc}	7.26± 0.23^{bc}
T5	7.96± 0.14^{ab}	7.68± 0.33^{ab}	7.27± 0.12^{a}	6.94± 0.38^{a}	7.19± 0.18^{ab}	7.14± 0.25^{a}	7.01± 0.23^{abc}	7.04± 0.23^{b}	7.27± 0.12^{b}	7.10± 0.08^{c}
T6	8.07± 0.11^{b}	7.07± 0.25^{ab}	7.21± 0.09^{a}	7.07± 0.37^{a}	7.27± 0.29^{ab}	7.10± 0.36^{a}	6.90± 0.35^{bc}	7.04± 0.39^{b}	7.13± 0.12^{bc}	7.19± 0.13^{bc}
T7	7.80± 0.13^{a}	7.18± 0.40^{b}	7.29± 0.26^{a}	7.42± 0.23^{a}	7.49± 0.17^{c}	7.42± 0.21^{a}	7.10± 0.21^{abc}	7.11± 0.25^{b}	7.15± 0.09^{bc}	7.20± 0.08^{bc}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 16 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (กรัม/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรือ อีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	0.412± 0.001^{a}	0.409± 0.002^{a}	0.323± 0.017^{a}	0.278± 0.010^{a}	0.215± 0.006^{a}	0.156± 0.007^{bc}	0.090± 0.001^{abc}	0.086± 0.003^{a}	0.060± 0.006^{ab}	0.044± 0.004^{ab}
T2	0.418± 0.001^{a}	0.376± 0.003^{a}	0.297± 0.004^{a}	0.206± 0.004^{b}	0.168± 0.003^{a}	0.122± 0.001^{ab}	0.070± 0.006^{ab}	0.038± 0.000^{b}	0.027± 0.001^{a}	0.027± 0.004^{a}
T3	0.419± 0.003^{a}	0.376± 0.001^{a}	0.306± 0.012^{a}	0.255± 0.008^{ab}	0.214± 0.004^{a}	0.141± 0.005^{abc}	0.105± 0.006^{bc}	0.060± 0.004^{ab}	0.067± 0.004^{ab}	0.068± 0.005^{bc}
T4	0.420± 0.002^{a}	0.380± 0.009^{a}	0.310± 0.005^{a}	0.259± 0.010^{a}	0.215± 0.010^{a}	0.176± 0.008^{c}	0.126± 0.008^{c}	0.092± 0.001^{a}	0.087± 0.002^{b}	0.088± 0.002^{c}
T5	0.421± 0.002^{a}	0.382± 0.007^{a}	0.305± 0.004^{a}	0.268± 0.006^{a}	0.198± 0.008^{a}	0.143± 0.012^{abc}	0.110± 0.005^{bc}	0.058± 0.011^{ab}	0.053± 0.011^{ab}	0.050± 0.011^{abc}
T6	0.391± 0.010^{a}	0.331± 0.010^{b}	0.283± 0.004^{a}	0.204± 0.006^{b}	0.170± 0.009^{a}	0.101± 0.007^{a}	0.062± 0.007^{a}	0.041± 0.002^{b}	0.036± 0.004^{a}	0.034± 0.003^{ab}
T7	0.417± 0.002^{a}	0.376± 0.001^{a}	0.303± 0.004^{a}	0.258± 0.001^{ab}	0.210± 0.004^{a}	0.144± 0.001^{abc}	0.130± 0.002^{c}	0.047± 0.001^{b}	0.037± 0.001^{a}	0.036± 0.001^{ab}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 17 บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	0	**1**	**7**	**14**	**21**	**28**
T1	26.31±1.44^{a}	24.05±1.28^{a}	18.87±1.61^{abc}	16.63±0.26^{c}	13.93±0.13^{a}	8.30±0.51^{c}
T2	26.31±1.44^{a}	24.32±1.20^{a}	18.10±0.86^{a}	14.91±0.60^{b}	11.91±0.90^{ab}	6.33±0.36^{a}
T3	26.31±1.44^{a}	24.32±1.83^{a}	18.21±1.00^{ab}	15.37±1.89^{bc}	12.41±0.65^{ab}	7.97±0.21^{bc}
T4	26.31±1.44^{a}	25.12±0.80^{ab}	18.87±0.61^{abc}	12.73±0.91^{a}	10.61±1.35^{b}	7.06±0.65^{ab}
T5	26.31±1.44^{a}	24.32±0.40^{a}	20.60±0.61^{c}	15.48±0.34^{bc}	11.48±0.47^{b}	7.97±0.06^{bc}
T6	26.31±1.44^{a}	25.12±0.69^{ab}	20.60±1.66^{c}	15.65±0.46^{bc}	11.96±0.65^{ab}	7.33±0.99^{bc}
T7	26.31±1.44^{a}	27.11±2.49^{b}	20.46±1.61^{bc}	21.61±0.55^{d}	12.04±2.10^{ab}	9.40±0.25^{d}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 18 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	3.91± 0.35^{a}	4.24± 0.13^{ab}	4.21± 0.09^{a}	4.11± 0.07^{a}	4.07± 0.07^{a}	3.91± 0.17^{a}	4.45± 0.26^{c}	3.91± 0.34^{a}	4.47± 0.14^{a}	4.38± 0.10^{ab}
T2	3.91± 0.43^{a}	4.22± 0.19^{ab}	4.30± 0.11^{a}	4.73± 0.10^{de}	4.72± 0.10^{d}	3.73± 0.12^{a}	4.19± 0.26^{abc}	3.78± 0.27^{a}	4.53± 0.12^{a}	4.70± 0.10^{c}
T3	3.75± 0.45^{a}	4.39± 0.15^{bc}	4.50± 0.11^{b}	4.63± 0.09^{cd}	4.49± 0.15^{c}	3.83± 0.25^{a}	4.20± 0.23^{bc}	3.81± 0.32^{a}	4.59± 0.15^{a}	4.61± 0.06^{c}
T4	3.75± 0.85^{a}	4.27± 0.28^{ab}	4.40± 0.18^{ab}	4.38± 0.17^{b}	4.28± 0.19^{b}	3.89± 0.36^{a}	4.16± 0.26^{abc}	3.85± 0.33^{a}	4.21± 0.14^{b}	4.23± 0.07^{a}
T5	4.14± 0.85^{a}	4.63± 0.31^{c}	4.24± 0.24^{a}	4.48± 0.21^{bc}	4.28± 0.13^{b}	3.84± 0.13^{a}	4.15± 0.30^{abc}	3.75± 0.43^{a}	4.16± 0.17^{b}	4.33± 0.19^{ab}
T6	4.34± 0.40^{a}	4.61± 0.14^{c}	4.77± 0.13^{c}	4.88± 0.13^{e}	4.65± 0.14^{cd}	3.76± 0.20^{a}	3.81± 0.20^{a}	3.82± 0.24^{a}	4.18± 0.11^{b}	4.32± 0.04^{ab}
T7	4.21± 0.32^{a}	4.07± 0.13^{a}	4.26± 0.05^{a}	4.61± 0.09^{cd}	4.60± 0.12^{cd}	3.92± 0.39^{a}	3.99± 0.32^{ab}	3.98± 0.50^{a}	4.47± 0.21^{a}	4.44± 0.19^{b}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 19 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	1.313± 0.018^{a}	1.249± 0.027^{c}	0.974± 0.080^{bc}	0.720± 0.037^{ab}	0.616± 0.027^{bc}	0.529± 0.038^{a}	0.444± 0.036^{bc}	0.381± 0.015^{a}	0.353± 0.036^{a}	0.339± 0.025^{a}
T2	1.302± 0.014^{a}	0.965± 0.096^{a}	0.802± 0.086^{a}	0.685± 0.022^{a}	0.523± 0.077^{a}	0.502± 0.023^{a}	0.395± 0.036^{a}	0.366± 0.039^{a}	0.347± 0.023^{a}	0.340± 0.011^{a}
T3	1.314± 0.027^{a}	1.050± 0.114^{ab}	0.956± 0.069^{bc}	0.729± 0.054^{ab}	0.609± 0.039^{bc}	0.550± 0.031^{ab}	0.485± 0.039^{c}	0.385± 0.038^{a}	0.366± 0.042^{a}	0.364± 0.034^{a}
T4	1.315± 0.018^{a}	1.106± 0.107^{ab}	0.917± 0.069^{ab}	0.772± 0.064^{bc}	0.611± 0.053^{bc}	0.519± 0.021^{a}	0.458± 0.020^{bc}	0.413± 0.039^{ab}	0.374± 0.046^{a}	0.369± 0.043^{a}
T5	1.317± 0.019^{a}	1.085± 0.095^{ab}	0.916± 0.079^{ab}	0.751± 0.101^{ab}	0.559± 0.042^{ab}	0.515± 0.035^{a}	0.434± 0.036^{ab}	0.398± 0.035^{a}	0.368± 0.035^{a}	0.352± 0.037^{a}
T6	1.309± 0.028^{a}	1.071± 0.130^{ab}	0.914± 0.113^{ab}	0.799± 0.070^{bc}	0.571± 0.034^{ab}	0.513± 0.020^{a}	0.449± 0.028^{bc}	0.393± 0.032^{a}	0.370± 0.022^{a}	0.348± 0.015^{a}
T7	1.318± 0.015^{a}	1.130± 0.093^{bc}	1.050± 0.092^{c}	0.852± 0.042^{c}	0.657± 0.027^{c}	0.591± 0.054^{b}	0.545± 0.036^{d}	0.450± 0.028^{b}	0.388± 0.031^{a}	0.372± 0.024^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 20 ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	1.680±0.088^{a}	1.531±0.021^{a}	1.282±0.017^{a}	1.153±0.030^{a}	0.804±0.014^{a}	0.705±0.030^{a}	0.610±0.014^{d}	0.440±0.018^{d}	0.343±0.010^{d}	0.293±0.016^{a}
T2	1.504±0.036^{b}	1.262±0.016^{b}	1.174±0.035^{b}	0.758±0.033^{b}	0.685±0.012^{b}	0.547±0.013^{b}	0.431±0.008^{a}	0.321±0.015^{a}	0.201±0.015^{a}	0.133±0.010^{f}
T3	1.511±0.048^{b}	1.256±0.026^{b}	1.162±0.039^{b}	0.864±0.036^{c}	0.739±0.016^{de}	0.634±0.025^{d}	0.532±0.036^{b}	0.376±0.016^{c}	0.292±0.015^{b}	0.180±0.014^{cd}
T4	1.549±0.045^{b}	1.306±0.014^{c}	1.107±0.042^{c}	0.926±0.033^{d}	0.745±0.025^{e}	0.630±0.034^{d}	0.534±0.016^{b}	0.493±0.033^{e}	0.326±0.014^{c}	0.202±0.021^{c}
T5	1.521±0.057^{b}	1.234±0.043^{b}	1.100±0.021^{c}	0.865±0.044^{c}	0.718±0.014^{cd}	0.581±0.032^{bc}	0.473±0.034^{a}	0.351±0.015^{bc}	0.282±0.012^{b}	0.159±0.015^{de}
T6	1.505±0.033^{b}	1.230±0.021^{b}	1.088±0.058^{c}	0.840±0.051^{c}	0.705±0.018^{bc}	0.591±0.019^{c}	0.441±0.022^{a}	0.336±0.020^{ab}	0.211±0.012^{a}	0.142±0.021^{ef}
T7	1.560±0.017^{b}	1.373±0.027^{d}	1.256±0.019^{a}	0.923±0.027^{d}	0.786±0.021^{a}	0.646±0.026^{d}	0.569±0.095^{bc}	0.476±0.021^{e}	0.379±0.014^{e}	0.244±0.027^{b}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 21 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	0.066± 0.012^{a}	0.059± 0.010^{abc}	0.043± 0.007^{a}	0.028± 0.009^{ab}	0.024± 0.008^{ab}	0.024± 0.008^{bc}	0.019± 0.005^{a}	0.017± 0.005^{ab}	0.014± 0.010^{bc}	0.007± 0.005^{a}
T2	0.063± 0.010^{a}	0.047± 0.012^{a}	0.043± 0.010^{a}	0.028± 0.007^{ab}	0.022± 0.006^{a}	0.019± 0.008^{ab}	0.018± 0.005^{a}	0.010± 0.006^{a}	0.005± 0.004^{a}	0.007± 0.005^{a}
T3	0.067± 0.007^{a}	0.054± 0.012^{ab}	0.049± 0.012^{ab}	0.036± 0.004^{bc}	0.026± 0.005^{ab}	0.021± 0.007^{abc}	0.018± 0.006^{a}	0.016± 0.005^{ab}	0.013± 0.006^{bc}	0.012± 0.005^{ab}
T4	0.064± 0.011^{a}	0.063± 0.009^{bc}	0.045± 0.006^{a}	0.038± 0.006^{c}	0.029± 0.007^{ab}	0.022± 0.005^{abc}	0.018± 0.007^{a}	0.017± 0.003^{ab}	0.015± 0.004^{bc}	0.013± 0.007^{ab}
T5	0.062± 0.005^{a}	0.053± 0.011^{ab}	0.047± 0.009^{a}	0.025± 0.005^{a}	0.023± 0.008^{ab}	0.015± 0.003^{a}	0.016± 0.003^{a}	0.016± 0.005^{ab}	0.008± 0.005^{ab}	0.008± 0.002^{a}
T6	0.069± 0.012^{a}	0.059± 0.008^{abc}	0.046± 0.006^{a}	0.032± 0.006^{abc}	0.025± 0.008^{ab}	0.018± 0.005^{ab}	0.017± 0.006^{a}	0.013± 0.005^{a}	0.012± 0.004^{abc}	0.008± 0.002^{a}
T7	0.065± 0.008^{a}	0.073± 0.009^{c}	0.059± 0.004^{b}	0.049± 0.006^{d}	0.032± 0.007^{b}	0.028± 0.002^{c}	0.022± 0.006^{a}	0.021± 0.005^{b}	0.020± 0.006^{c}	0.016± 0.006^{b}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 22 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำจืดที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	0.037± 0.009^{a}	0.052± 0.009^{a}	0.074± 0.011^{a}	0.071± 0.009^{a}	0.061± 0.004^{ab}	0.048± 0.010^{a}	0.046± 0.002^{ab}	0.050± 0.004^{a}	0.040± 0.012^{a}	0.027± 0.010^{a}
T2	0.054± 0.022^{a}	0.064± 0.022^{a}	0.071± 0.017^{a}	0.074± 0.014^{a}	0.053± 0.006^{a}	0.050± 0.008^{a}	0.041± 0.008^{a}	0.024± 0.004^{b}	0.011± 0.003^{c}	0.008± 0.007^{b}
T3	0.041± 0.013^{a}	0.050± 0.013^{a}	0.062± 0.020^{a}	0.071± 0.008^{a}	0.059± 0.008^{ab}	0.055± 0.012^{a}	0.056± 0.010^{b}	0.033± 0.006^{bc}	0.028± 0.009^{ab}	0.026± 0.008^{a}
T4	0.055± 0.020^{a}	0.061± 0.020^{a}	0.060± 0.012^{a}	0.066± 0.013^{a}	0.056± 0.006^{ab}	0.054± 0.004^{a}	0.055± 0.004^{b}	0.033± 0.011^{bc}	0.025± 0.009^{b}	0.020± 0.007^{a}
T5	0.051± 0.013^{a}	0.070± 0.013^{a}	0.077± 0.005^{a}	0.079± 0.011^{a}	0.059± 0.002^{ab}	0.052± 0.009^{a}	0.047± 0.011^{ab}	0.027± 0.008^{bc}	0.021± 0.007^{bc}	0.019± 0.007^{a}
T6	0.033± 0.016^{a}	0.056± 0.016^{a}	0.065± 0.011^{a}	0.068± 0.009^{a}	0.064± 0.009^{b}	0.050± 0.006^{a}	0.058± 0.012^{b}	0.032± 0.007^{bc}	0.024± 0.009^{b}	0.022± 0.008^{a}
T7	0.054± 0.022^{a}	0.063± 0.022^{a}	0.068± 0.011^{a}	0.067± 0.015^{a}	0.064± 0.006^{b}	0.056± 0.008^{a}	0.055± 0.005^{b}	0.038± 0.011^{c}	0.030± 0.012^{ab}	0.029± 0.008^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 23 อุณหภูมิ (ºC) น้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	26.90± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.40± 0.22	26.50± 0.0	26.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.50± 0.00	26.90± 0.22
T2	27.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.40± 0.00	26.50± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.90± 0.22	26.60± 0.22	27.00± 0.00
T3	27.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.4± 0.22	26.50± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.90± 0.22	26.50± 0.00	27.00± 0.00
T4	27.10± 0.22	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.30± 0.27	26.50± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.60± 0.224	27.00± 0.00
T5	27.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.20± 0.27	26.50± 0.00	26.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.40± 0.224	27.00± 0.00
T6	26.90± 0.22	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.50± 0.00	26.50± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.5o± 0.00	27.00± 0.00
T7	26.90± 0.22	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.40± 0.22	26.50± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.40± 0.22	26.90± 0.22

*ตลอดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดทดลอง ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 24 pH น้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	7.29± 0.06^{a}	7.64± 0.03^{ab}	8.06± 0.05^{a}	7.72± 0.44^{a}	7.49± 0.47^{a}	7.11± 0.63^{bc}	6.86± 0.26^{d}	7.70± 0.21^{a}	7.72± 0.16^{a}	7.74± 0.15^{a}
T2	6.92± 0.05^{d}	7.55± 0.08^{b}	8.10± 0.04^{a}	7.99± 0.15^{a}	7.71± 0.58^{a}	7.57± 0.53^{ab}	6.83± 0.29^{d}	7.54± 0.20^{a}	7.66± 0.08^{a}	7.70± 0.10^{a}
T3	7.23± 0.03^{ab}	7.74± 0.06^{a}	8.02± 0.12^{a}	7.78± 0.51^{a}	7.59± 0.47^{a}	7.14± 0.55^{bc}	7.40± 0.35^{abc}	7.65± 0.42^{a}	7.68± 0.15^{a}	7.72± 0.10^{a}
T4	7.02± 0.17^{cd}	7.65± 0.10^{ab}	8.05± 0.11^{a}	7.67± 0.29^{a}	7.30± 0.59^{a}	7.40± 0.38^{ab}	7.55± 0.20^{ab}	7.78± 0.25^{a}	7.76± 0.11^{a}	7.77± 0.10^{a}
T5	7.11± 0.12^{bc}	7.67± 0.09^{ab}	8.05± 0.21^{a}	7.86± 0.48^{a}	7.84± 0.54^{a}	7.81± 0.35^{a}	7.71± 0.22^{a}	7.56± 0.37^{a}	7.65± 0.17^{a}	7.72± 0.11^{a}
T6	7.27± 0.25^{ab}	7.60± 0.06^{b}	8.03± 0.14^{a}	7.71± 0.32^{a}	7.35± 0.32^{a}	7.12± 0.24^{bc}	7.13± 0.10^{cd}	7.83± 0.15^{a}	7.77± 0.15^{a}	7.78± 0.16^{a}
T7	7.03± 0.07^{cd}	7.58± 0.16^{b}	7.99± 0.08^{a}	8.01± 0.08^{a}	7.47± 0.43^{a}	6.73± 0.29^{c}	7.29± 0.09^{bc}	7.74± 0.06^{a}	7.66± 0.06^{a}	7.69± 0.07^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 25 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (กรัม/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรือ อีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	0.361± 0.133^{a}	0.331± 0.131^{a}	0.041± 0.000^{ab}	0.038± 0.003^{a}	0.028± 0.000^{ab}	0.019± 0.003^{a}	0.012± 0.002^{a}	0.014± 0.002^{a}	0.011± 0.001^{a}	0.010± 0.002^{a}
T2	0.087± 0.003^{a}	0.050± 0.000^{a}	0.042± 0.003^{ab}	0.024± 0.001^{a}	0.030± 0.001^{ab}	0.016± 0.002^{a}	0.012± 0.000^{a}	0.015± 0.002^{a}	0.014± 0.001^{a}	0.014± 0.001^{ab}
T3	0.097± 0.004^{a}	0.054± 0.004^{a}	0.052± 0.002^{a}	0.034± 0.000^{a}	0.036± 0.000^{a}	0.021± 0.001^{a}	0.019± 0.001^{a}	0.019± 0.003^{a}	0.015± 0.002^{a}	0.015± 0.002^{b}
T4	0.086± 0.001^{a}	0.040± 0.004^{a}	0.034± 0.003^{a}	0.021± 0.002^{a}	0.023± 0.000^{ab}	0.018± 0.002^{a}	0.011± 0.002^{a}	0.013± 0.004^{a}	0.017± 0.002^{a}	0.019± 0.001^{ab}
T5	0.101± 0.006^{a}	0.047± 0.002^{a}	0.033± 0.001^{a}	0.026± 0.001^{a}	0.028± 0.001^{ab}	0.020± 0.001^{a}	0.014± 0.001^{a}	0.015± 0.007^{a}	0.015± 0.003^{a}	0.015± 0.003^{ab}
T6	0.082± 0.006^{a}	0.050± 0.004^{a}	0.029± 0.004^{b}	0.022± 0.004^{a}	0.024± 0.003^{b}	0.016± 0.002^{a}	0.011± 0.005^{a}	0.017± 0.006^{a}	0.015± 0.003^{a}	0.015± 0.003^{ab}
T7	0.084± 0.002^{a}	0.053± 0.006^{a}	0.029± 0.000^{a}	0.032± 0.001^{a}	0.031± 0.002^{ab}	0.023± 0.004^{a}	0.016± 0.001^{a}	0.022± 0.004^{a}	0.042± 0.010^{a}	0.043± 0.010^{b}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสด้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 26 ความเค็ม (กรัม/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	11.60± 0.89	12.20± 0.45	12.20± 0.45	11.80± 0.45	12.80± 0.45	12.80± 0.45	12.80± 0.45	11.40± 0.89	11.40± 0.89	11.40± 0.89
T2	11.60± 0.89	12.00± 0.71	12.00± 0.71	11.60± 0.55	12.20± 0.84	12.20± 0.84	12.20± 0.84	11.40± 0.55	11.40± 0.55	11.40± 0.55
T3	12.00± 0.00	12.00± 0.00	12.00± 0.00	12.20± 0.84	12.60± 0.89	12.60± 0.89	12.60± 0.89	11.60± 0.55	11.60± 0.55	11.60± 0.55
T4	11.20± 0.84	11.80± 0.45	11.80± 0.45	12.20± 0.45	12.00± 0.71	12.00± 0.71	12.00± 0.71	11.20± 1.10	11.20± 1.10	11.20± 1.10
T5	11.40± 0.55	12.00± 0.70	12.00± 0.71	12.00± 0.71	12.40± 0.55	12.40± 0.55	12.40± 0.55	11.40± 0.55	11.40± 0.55	11.40± 0.55
T6	11.60± 1.14	12.40± 0.55	12.40± 0.55	12.40± 0.89	12.60± 0.89	12.60± 0.89	12.60± 0.89	11.80± 0.84	11.80± 0.84	11.80± 0.81
T7	12.00± 0.71	12.40± 0.55	12.40± 0.55	12.60± 0.89	12.80± 0.84	12.80± 0.84	12.80± 0.84	12.00± 0.71	12.00± 0.71	12.00± 0.71

*ตลอดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 27 ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอล สูตรต่างๆเป็นเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	0	**1**	**7**	**14**	**21**	**28**
T1	21.41±2.34	20.01±1.22^{a}	12.98±2.24^{ab}	10.07±10.64^{ab}	3.37±1.24^{a}	2.42±1.19^{a}
T2	21.41±2.34	26.62±2.77^{bc}	10.58±3.20^{ab}	4.44±1.65a	3.46±0.51^{a}	2.14±0.07^{a}
T3	21.41±2.34	27.11±0.76^{c}	16.04±9.79^{b}	11.83±8.40^{ab}	2.82±0.77^{a}	3.67±2.01^{a}
T4	21.41±2.34	24.47±0.62^{b}	11.82±1.49^{ab}	6.09±1.39^{a}	3.24±1.03^{a}	3.03±1.05^{a}
T5	21.41±2.34	19.01±0.29^{a}	7.69±0.25^{a}	3.87±0.49^{a}	3.41±2.16^{a}	2.94±2.48^{a}
T6	21.41±2.34	19.84±1.14^{a}	14.63±1.87^{ab}	7.28±0.20^{a}	3.58±1.68^{a}	3.35±0.62^{a}
T7	21.41±2.34	20.34±1.63^{a}	12.23±2.67^{ab}	19.06±2.65^{b}	3.11±0.64^{a}	2.50±1.01^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 28 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	3.90± 0.40^{ab}	4.20± 0.30^{ab}	5.91± 0.32^{a}	6.87± 1.61^{a}	6.14± 0.35^{d}	6.11± 0.29^{a}	6.74± 2.65^{ab}	7.08± 2.18^{a}	7.88± 2.54^{a}	5.80± 0.27^{a}
T2	0.35± 0.17^{a}	3.77± 0.59^{a}	5.47± 1.30^{a}	6.31± 0.36^{a}	4.75± 0.34^{a}	5.39± 0.21^{b}	8.61± 2.86^{a}	6.92± 1.95^{a}	7.75± 4.25^{a}	5.77± 0.25^{a}
T3	3.58± 0.57^{ab}	4.25± 0.37^{ab}	2.35± 4.42^{b}	8.00± 4.15^{a}	5.85± 0.14^{cd}	5.82± 0.25^{ab}	8.93± 0.53^{a}	8.10± 3.83^{a}	8.08± 2.50^{a}	5.96± 0.34^{a}
T4	3.02± 1.41^{b}	4.08± 0.45^{ab}	5.09± 1.40^{a}	6.77± 2.02^{a}	5.87± 0.18^{cd}	5.88± 0.25^{ab}	5.75± 0.12^{b}	7.10± 2.60^{a}	5.81± 0.40^{a}	5.88± 0.13^{a}
T5	4.20± 0.33^{d}	4.71± 0.19^{b}	5.63± 0.81^{a}	7.28± 2.52^{a}	5.50± 0.62^{bc}	5.51± 0.44^{b}	5.74± 0.25^{b}	8.85± 2.73^{a}	8.74± 2.64^{a}	5.97± 0.16^{a}
T6	4.16± 0.32^{d}	4.14± 0.83^{ab}	5.06± 0.66^{a}	8.42± 3.35^{a}	5.17± 0.54^{ab}	5.69± 0.55^{ab}	6.83± 2.36^{ab}	6.92± 1.78^{a}	6.78± 1.54^{a}	5.63± 0.39^{a}
T7	3.46± 0.93^{ab}	4.47± 1.06^{ab}	5.18± 0.87^{a}	6.11± 0.22^{a}	5.60± 0.33^{bcd}	5.87± 0.42^{ab}	5.78± 0.46^{b}	5.85± 0.27^{a}	6.66± 1.76^{a}	5.84± 0.38^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 29 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	1.264± 0.043^{a}	0.655± 0.048^{ab}	0.768± 0.109^{ab}	0.696± 0.035^{ab}	0.532± 0.008^{a}	0.505± 0.010^{a}	0.419± 0.056^{ab}	0.368± 0.023^{a}	0.351± 0.042^{a}	0.357± 0.026^{ab}
T2	1.263± 0.027^{a}	0.591± 0.145^{a}	0.672± 0.140^{a}	0.678± 0.019^{a}	0.512± 0.053^{a}	0.498± 0.045^{a}	0.360± 0.053^{a}	0.374± 0.036^{a}	0.350± 0.032^{a}	0.367± 0.018^{ab}
T3	1.251± 0.050^{a}	0.587± 0.133^{a}	0.811± 0.219^{ab}	0.722± 0.054^{ab}	0.533± 0.058^{a}	0.465± 0.037^{a}	0.404± 0.052^{ab}	0.366± 0.033^{a}	0.395± 0.024^{a}	0.390± 0.030^{b}
T4	1.595± 0.760^{a}	0.672± 0.191^{ab}	0.817± 0.156^{ab}	0.717± 0.014^{ab}	0.558± 0.036^{a}	1.096± 1.385^{a}	0.388± 0.060^{ab}	0.369± 0.056^{a}	0.350± 0.067^{a}	0.341± 0.060^{ab}
T5	1.286± 0.024^{a}	0.925± 0.114^{c}	0.905± 0.370^{ab}	0.705± 0.026^{ab}	0.517± 0.068^{a}	0.495± 0.052^{a}	0.416± 0.042^{ab}	0.356± 0.019^{a}	0.333± 0.063^{a}	0.330± 0.074^{ab}
T6	1.242± 0.014^{a}	0.796± 0.084^{bc}	0.850± 0.318^{ab}	0.744± 0.070^{ab}	0.540± 0.046^{a}	0.492± 0.042^{a}	0.436± 0.028^{b}	0.377± 0.033^{a}	0.366± 0.018^{a}	0.347± 0.014^{ab}
T7	1.275± 0.037^{a}	1.112± 0.133^{d}	1.041± 0.262^{b}	0.813± 0.060^{c}	0.571± 0.040^{a}	0.495± 0.039^{a}	0.445± 0.047^{b}	0.357± 0.051^{a}	0.331± 0.046^{a}	0.328± 0.032^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 30 ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	1.415±0.063^{c}	1.063±0.043^{ab}	1.255±0.134^{a}	0.238±0.149^{a}	0.270±0.090^{a}	0.217±0.099^{ab}	0.156±0.050^{a}	0.102±0.016^{ab}	0.153±0.024^{a}	0.090±0.016^{ab}
T2	1.319±0.023^{a}	1.023±0.113^{a}	0.841±0.295^{a}	0.569±0.145^{b}	0.324±0.147^{a}	0.296±0.097^{bc}	0.185±0.013^{a}	0.100±0.012^{ab}	0.174±0.015^{ab}	0.104±0.010^{bc}
T3	1.380±0.045^{abc}	1.064±0.118^{ab}	1.215±0.912^{a}	0.657±0.070^{b}	0.534±0.458^{a}	0.309±0.056^{bc}	0.105±0.037^{b}	0.109±0.025^{ab}	0.198±0.044^{b}	0.097±0.014^{ab}
T4	1.402±0.040^{bc}	1.012±0.090^{a}	1.131±0.129^{a}	0.661±0.037^{b}	0.253±0.062^{a}	0.275±0.071^{abc}	0.169±0.036^{a}	0.154±0.086^{bc}	0.218±0.040^{b}	0.084±0.010^{a}
T5	1.399±0.057^{bc}	1.005±0.093^{a}	1.177±0.049^{a}	0.658±0.080^{b}	0.480±0.289^{a}	0.364±0.089^{bc}	0.172±0.025^{a}	0.125±0.031^{abc}	0.201±0.036^{b}	0.118±0.008^{cd}
T6	1.339±0.046^{ab}	1.106±0.059^{ab}	0.981±0.389^{a}	0.576±0.126^{b}	0.274±0.134^{a}	0.265±0.063^{abc}	0.183±0.012^{a}	0.088±0.035^{a}	0.179±0.024^{ab}	0.133±0.025^{d}
T7	1.407±0.041^{c}	1.183±0.131^{b}	1.280±0.086^{a}	0.627±0.073^{b}	0.298±0.054^{a}	0.178±0.032^{a}	0.192±0.027^{a}	0.176±0.040^{c}	0.218±0.030^{b}	0.127±0.013^{d}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 31 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	0.037± 0.027^{a}	0.023± 0.001^{a}	0.014± 0.002^{ab}	0.011± 0.004^{a}	0.011± 0.003^{a}	0.007± 0.004^{a}	0.007± 0.003^{a}	0.008± 0.003^{a}	0.007± 0.003^{a}	0.010± 0.004^{a}
T2	0.029± 0.008^{a}	0.023± 0.004^{a}	0.012± 0.003^{ab}	0.010± 0.002^{a}	0.011± 0.002^{a}	0.007± 0.004^{a}	0.009± 0.003^{a}	0.008± 0.002^{a}	0.009± 0.002^{a}	0.007± 0.004^{a}
T3	0.047± 0.044^{ab}	0.026± 0.004^{a}	0.012± 0.003^{ab}	0.011± 0.003^{a}	0.011± 0.002^{a}	0.005± 0.003^{a}	0.007± 0.003^{a}	0.009± 0.003^{a}	0.008± 0.002^{a}	0.008± 0.003^{a}
T4	0.027± 0.006^{a}	0.024± 0.003^{a}	0.010± 0.003^{a}	0.012± 0.003^{ab}	0.009± 0.001^{a}	0.008± 0.003^{a}	0.009± 0.002^{a}	0.007± 0.004^{a}	0.006± 0.003^{a}	0.009± 0.004^{a}
T5	0.039± 0.017^{a}	0.026± 0.005^{a}	0.015± 0.003^{b}	0.011± 0.002^{ab}	0.010± 0.002^{a}	0.006± 0.003^{a}	0.008± 0.003^{a}	0.009± 0.004^{a}	0.009± 0.003^{a}	0.008± 0.002^{a}
T6	0.080± 0.052^{b}	0.041± 0.004^{b}	0.027± 0.002^{c}	0.015± 0.001^{b}	0.011± 0.002^{a}	0.008± 0.005^{a}	0.008± 0.003^{a}	0.008± 0.003^{a}	0.009± 0.003^{a}	0.008± 0.002^{a}
T7	0.026± 0.006^{a}	0.025± 0.003^{a}	0.024± 0.003^{c}	0.012± 0.003^{ab}	0.009± 0.002^{a}	0.027± 0.008^{b}	0.025± 0.003^{b}	0.011± 0.003^{a}	0.009± 0.003^{a}	0.010± 0.003^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 32 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำกร่อยที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	0.047±0.003^{ab}	0.043±0.006^{b}	0.036±0.006^{a}	0.031±0.003^{b}	0.017±0.006^{a}	0.024±0.009^{a}	0.021±0.001^{a}	0.011±0.006^{a}	0.008±0.002^{a}	0.009±0.007^{a}
T2	0.067±0.092^{ab}	0.026±0.004^{a}	0.037±0.004^{a}	0.029±0.005^{ab}	0.016±0.004^{a}	0.018±0.004^{a}	0.016±0.003^{ab}	0.013±0.006^{a}	0.011±0.004^{ab}	0.013±0.004^{a}
T3	0.049±0.004^{ab}	0.041±0.006^{b}	0.042±0.004^{ab}	0.033±0.003^{b}	0.017±0.002^{a}	0.020±0.005^{a}	0.016±0.004^{ab}	0.010±0.004^{a}	0.014±0.003^{bcd}	0.013±0.004^{a}
T4	0.048±0.008^{ab}	0.040±0.006^{b}	0.042±0.007^{ab}	0.024±0.004^{a}	0.016±0.003^{a}	0.017±0.004^{a}	0.015±0.003^{ab}	0.016±0.004^{a}	0.017±0.003^{d}	0.014±0.005^{a}
T5	0.045±0.010^{a}	0.041±0.009^{b}	0.039±0.004^{a}	0.032±0.004^{b}	0.019±0.002^{a}	0.018±0.005^{a}	0.015±0.004^{ab}	0.011±0.002^{a}	0.012±0.004^{abc}	0.011±0.004^{a}
T6	0.035±0.008^{a}	0.044±0.011^{b}	0.044±0.010^{ab}	0.042±0.007^{c}	0.018±0.005^{a}	0.018±0.004^{a}	0.019±0.001^{ab}	0.014±0.004^{a}	0.013±0.003^{abcd}	0.014±0.004^{a}
T7	0.098±0.017^{b}	0.076±0.015^{c}	0.051±0.008^{b}	0.043±0.005^{c}	0.030±0.007^{b}	0.041±0.008^{b}	0.014±0.008^{b}	0.015±0.004^{a}	0.016±0.004^{bcd}	0.013±0.004^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 33 อุณหภูมิ (ºC) น้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	26.00± 0.00	26.00± 0.00	25.00± 0.00	25.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00
T2	26.00± 0.00	26.00± 0.00	25.00± 0.00	25.00± 0.00	26.00± 0.00	26.90± 0.22	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00
T3	26.00± 0.00	26.10± 0.22	25.10± 0.22	25.00± 0.00	26.00± 0.00	26.90± 0.22	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.10± 0.22
T4	26.10± 0.22	26.10± 0.22	25.10± 0.22	25.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.10± 0.22	26.10± 0.22
T5	26.00± 0.00	26.00± 0.00	25.00± 0.00	25.00± 0.00	26.10± 0.22	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00
T6	26.00± 0.00	26.00± 0.00	25.00± 0.00	25.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00
T7	26.02± 0.27	26.00± 0.00	25.00± 0.00	25.00± 0.00	26.00± 0.00	27.00± 0.00	26.00± 0.00	26.00± 0.00	26.02± 0.27	26.00± 0.00

*ตลอดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 34 pH น้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	7.60± 0.10^{a}	7.74± 0.14^{a}	7.94± 0.10^{a}	8.03± 0.06^{a}	7.97± 0.05^{ab}	7.95± 0.10^{ab}	8.02± 0.05^{ab}	8.03± 0.03^{a}	8.04± 0.07^{a}	8.00± 0.02^{a}
T2	7.64± 0.09^{a}	7.78± 0.13^{a}	7.97± 0.06^{a}	7.93± 0.13^{a}	7.78± 0.12^{a}	8.03± 0.06^{a}	8.04± 0.02^{a}	8.02± 0.04^{a}	8.01± 0.03^{a}	8.01± 0.07^{a}
T3	7.61± 0.21^{a}	7.69± 0.20^{a}	7.93± 0.17^{a}	7.96± 0.19^{a}	8.03± 0.07^{ab}	7.94± 0.08^{ab}	8.01± 0.07^{ab}	8.02± 0.04^{a}	8.03± 0.05^{a}	7.97± 0.06^{a}
T4	7.51± 0.10^{a}	7.63± 0.11^{a}	8.01± 0.09^{a}	7.94± 0.12^{a}	8.00± 0.09^{b}	7.89± 0.07^{ab}	7.99± 0.04^{ab}	8.03± 0.05^{a}	8.01± 0.02^{a}	7.99± 0.06^{a}
T5	7.57± 0.06^{a}	7.67± 0.10^{a}	7.98± 0.08^{a}	7.78± 0.21^{a}	7.91± 0.09^{ab}	7.82± 0.08^{ab}	7.92± 0.08^{b}	7.98± 0.04^{a}	8.02± 0.03^{a}	7.98± 0.08^{a}
T6	7.63± 0.19^{a}	7.74± 0.16^{a}	7.98± 0.06^{a}	7.84± 0.38^{a}	7.86± 0.37^{ab}	7.80± 0.32^{b}	7.93± 0.14^{b}	8.00± 0.04^{a}	8.02± 0.04^{a}	8.00± 0.04^{a}
T7	7.61± 0.11^{a}	7.72± 0.10^{a}	7.99± 0.04^{a}	7.97± 0.16^{a}	8.01± 0.11^{ab}	7.87± 0.13^{ab}	7.98± 0.06^{ab}	7.99± 0.05^{a}	8.01± 0.04^{a}	7.98± 0.11^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 35 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (กรัม/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรือ อีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	0.343± 0.001^{abc}	0.308± 0.001^{d}	0.229± 0.007^{c}	0.101± 0.005^{a}	0.077± 0.001^{e}	0.027± 0.001^{a}	0.024± 0.001^{bc}	0.019± 0.001^{b}	0.011± 0.001^{bc}	0.002± 0.000^{a}
T2	0.330± 0.004^{ab}	0.260± 0.001^{abc}	0.143± 0.004^{a}	0.061± 0.004^{b}	0.042± 0.000^{bc}	0.029± 0.000^{a}	0.020± 0.000^{ab}	0.005± 0.000^{a}	0.000± 0.000^{a}	0.002± 0.001^{a}
T3	0.351± 0.003^{abc}	0.270± 0.003^{abc}	0.185± 0.007^{abc}	0.101± 0.006^{a}	0.050± 0.002^{d}	0.041± 0.002^{b}	0.028± 0.001^{c}	0.026± 0.001^{bc}	0.007± 0.000^{b}	0.003± 0.000^{a}
T4	0.341± 0.002^{a}	0.262± 0.002^{a}	0.186± 0.009^{a}	0.104± 0.004^{a}	0.059± 0.001^{ab}	0.041± 0.001^{a}	0.030± 0.001^{bc}	0.020± 0.001^{bc}	0.007± 0.001^{c}	0.002± 0.000^{a}
T5	0.328± 0.002^{ab}	0.247± 0.002^{ab}	0.148± 0.001^{ab}	0.096± 0.000^{b}	0.038± 0.000^{a}	0.029± 0.001^{a}	0.027± 0.000^{a}	0.023± 0.000^{a}	0.012± 0.000^{a}	0.003± 0.001^{a}
T6	0.332± 0.004^{cb}	0.251± 0.005^{bc}	0.174± 0.007^{abc}	0.055± 0.002^{b}	0.032± 0.001^{c}	0.027± 0.001^{b}	0.016± 0.001^{bc}	0.003± 0.001^{c}	0.001± 0.001^{b}	0.002± 0.000^{a}
T7	0.355± 0.001^{c}	0.277± 0.001^{c}	0.196± 0.003^{bc}	0.117± 0.003^{a}	0.041± 0.002^{ab}	0.045± 0.002^{b}	0.038± 0.001^{d}	0.026± 0.001^{c}	0.015± 0.001^{c}	0.005± 0.000^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 36 ความเค็ม (กรัม/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.60± 0.55	30.60± 0.55	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.20± 0.45	32.00± 0.00
T2	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.60± 0.55	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	32.00± 0.00
T3	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.40± 0.55	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.40± 0.55	32.00± 0.00
T4	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.60± 0.55	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.40± 0.55	32.00± 0.00
T5	30.00± 0.0	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.80± 0.45	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.20± 0.45	32.00± 0.00
T6	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.20± 0.45	30.60± 0.55	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.20± 0.45	32.00± 0.00
T7	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.00± 0.00	30.60± 0.55	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.00± 0.00	31.40± 0.55	32.00± 0.00

*ตลอดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 37 ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่					
	0	**1**	**7**	**14**	**21**	**28**
T1	26.62±1.15^{a}	26.29±0.66^{ab}	22.73±0.97^{bc}	13.54±1.16^{a}	8.83±0.26^{ab}	7.46±0.25^{a}
T2	26.62±1.15^{a}	25.21±0.76^{ab}	20.25±1.25^{a}	12.74±0.81^{a}	7.59±0.63^{a}	7.30±0.25^{a}
T3	26.62±1.15^{a}	25.38±0.38^{ab}	21.41±0.76^{ab}	13.31±1.52^{a}	8.41±0.45^{ab}	7.99±0.24^{ab}
T4	26.62±1.15^{a}	25.21±1.65^{ab}	22.40±0.52^{b}	13.03±1.03^{a}	9.64±0.39^{bc}	8.87±0.86^{bc}
T5	26.62±1.15^{a}	25.13±0.52^{ab}	20.58±0.43^{a}	12.40±0.77^{a}	7.94±0.67^{ab}	7.06±0.57^{a}
T6	26.62±1.15^{a}	24.97±0.38^{a}	20.67±0.38^{a}	15.99±0.20^{b}	8.92±1.48^{abc}	8.03±0.71^{ab}
T7	26.62±1.15^{a}	26.78±1.14^{b}	23.97±0.38^{c}	13.60±0.97^{a}	10.75±1.94^{c}	9.28±0.61^{c}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 38 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	3.20± 0.16^{ab}	3.71± 0.27^{a}	4.07± 0.15^{a}	3.41± 0.16^{a}	3.69± 0.21^{b}	3.85± 0.16^{a}	4.12± 0.10^{a}	4.16± 0.07^{a}	4.13± 0.07^{a}	4.07± 0.04^{a}
T2	2.19± 0.04^{a}	2.60± 0.26^{c}	3.57± 0.22^{b}	3.79± 0.21^{bc}	3.67± 0.16^{b}	3.43± 0.20^{b}	3.87± 0.13^{ab}	3.27± 0.09^{b}	3.56± 0.08^{d}	3.75± 0.14^{de}
T3	3.21± 0.23^{ab}	3.32± 0.29^{b}	3.78± 0.29^{ab}	3.89± 0.18^{c}	3.90± 0.11^{c}	3.75± 0.29^{a}	3.41± 0.14^{d}	3.70± 0.08^{c}	3.91± 0.08^{b}	4.03± 0.06^{ab}
T4	3.17± 0.06^{ab}	3.34± 0.11^{b}	3.68± 0.21^{b}	3.76± 0.09^{bc}	3.89± 0.08^{c}	3.87± 0.35^{a}	3.34± 0.16^{d}	3.77± 0.13^{c}	3.92± 0.08^{b}	3.92± 0.11^{bc}
T5	3.07± 0.09^{b}	3.30± 0.13^{b}	3.47± 0.26^{b}	3.78± 0.14^{bc}	3.44± 0.07^{a}	3.30± 0.25^{b}	3.77± 0.10^{c}	3.38± 0.09^{b}	3.75± 0.11^{c}	3.65± 0.13^{e}
T6	3.28± 0.10^{c}	3.45± 0.18^{ab}	3.80± 0.30^{ab}	3.75± 0.25^{bc}	3.85± 0.16^{bc}	3.88± 0.18^{a}	3.96± 0.11^{b}	3.76± 0.09^{c}	3.95± 0.11^{b}	4.01± 0.09^{abc}
T7	3.04± 0.06^{b}	3.17± 0.08^{b}	3.47± 0.17^{b}	3.55± 0.31^{ab}	3.79± 0.14^{bc}	3.24± 0.09^{b}	3.40± 0.06^{d}	3.68± 0.08^{c}	3.86± 0.08^{bc}	3.88± 0.12^{cd}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 39 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัส/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	1.342±0.018^{a}	1.228±0.029^{a}	0.889±0.020^{b}	0.670±0.025^{a}	0.575±0.014^{a}	0.498±0.022^{abc}	0.404±0.016^{ab}	0.337±0.027^{ab}	0.312±0.027^{a}	0.245±0.017^{a}
T2	1.335±0.021^{a}	1.037±0.030^{c}	0.846±0.034^{a}	0.665±0.025^{a}	0.535±0.042^{a}	0.469±0.017^{a}	0.382±0.040^{a}	0.324±0.015^{a}	0.311±0.031^{a}	0.293±0.021^{b}
T3	1.333±0.021^{a}	1.123±0.014^{b}	0.898±0.020^{bc}	0.696±0.024^{ab}	0.567±0.034^{a}	0.519±0.030^{cd}	0.393±0.035^{ab}	0.335±0.021^{ab}	0.338±0.011^{ab}	0.305±0.014^{bc}
T4	1.340±0.017^{a}	1.091±0.034^{b}	0.932±0.035^{cd}	0.720±0.025^{bc}	0.586±0.074^{a}	0.510±0.013^{bcd}	0.400±0.031^{ab}	0.359±0.024^{ab}	0.336±0.013^{ab}	0.314±0.022^{bc}
T5	1.337±0.020^{a}	1.108±0.022^{b}	0.899±0.029^{bc}	0.704±0.032^{abc}	0.562±0.021^{a}	0.480±0.022^{ab}	0.387±0.036^{ab}	0.341±0.025^{ab}	0.322±0.019^{a}	0.317±0.013^{bc}
T6	1.341±0.021^{a}	1.117±0.048^{b}	0.909±0.023^{bcd}	0.698±0.034^{abc}	0.560±0.027^{a}	0.493±0.024^{abc}	0.404±0.017^{ab}	0.364±0.020^{b}	0.344±0.024^{ab}	0.344±0.072^{bc}
T7	1.336±0.014^{a}	1.094±0.019^{b}	0.947±0.033^{d}	0.738±0.033^{c}	0.583±0.047^{a}	0.541±0.035^{d}	0.446±0.087^{b}	0.364±0.041^{b}	0.362±0.028^{b}	0.338±0.014^{c}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 40 ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	1.691± 0.090^{a}	1.583± 0.025^{a}	1.399± 0.083^{a}	1.282± 0.039^{a}	1.004± 0.039^{a}	0.777± 0.049^{a}	0.679± 0.046^{a}	0.535± 0.027^{a}	0.415± 0.051^{a}	0.351± 0.023^{a}
T2	1.688± 0.088^{a}	1.556± 0.053^{ab}	1.338± 0.033^{a}	1.175± 0.037^{cd}	0.932± 0.033^{ab}	0.652± 0.020^{d}	0.473± 0.030^{c}	0.350± 0.021^{d}	0.279± 0.022^{de}	0.191± 0.032^{d}
T3	1.694± 0.063^{a}	1.558± 0.038^{ab}	1.374± 0.060^{a}	1.155± 0.018^{cd}	0.927± 0.084^{ab}	0.739± 0.039^{ab}	0.525± 0.031^{bc}	0.392± 0.026^{c}	0.310± 0.018^{cd}	0.276± 0.013^{b}
T4	1.670± 0.073^{a}	1.585± 0.024^{ab}	1.380± 0.046^{a}	1.192± 0.036^{bcd}	0.944± 0.046^{ab}	0.714± 0.038^{bc}	0.548± 0.010^{b}	0.436± 0.031^{b}	0.334± 0.019^{bc}	0.231± 0.026^{c}
T5	1.693± 0.055^{a}	1.568± 0.022^{ab}	1.339± 0.025^{a}	1.151± 0.034^{d}	0.898± 0.059^{b}	0.683± 0.044^{cd}	0.523± 0.025^{bc}	0.363± 0.025^{cd}	0.262± 0.018^{e}	0.204± 0.027^{cd}
T6	1.701± 0.083^{a}	1.581± 0.070^{ab}	1.380± 0.062^{a}	1.213± 0.067^{bc}	0.940± 0.029^{ab}	0.767± 0.049^{ab}	0.641± 0.093^{a}	0.436± 0.037^{b}	0.363± 0.031^{b}	0.279± 0.017^{b}
T7	1.768± 0.050^{a}	1.617± 0.031^{b}	1.384± 0.079^{a}	1.239± 0.045^{ab}	1.004± 0.062^{a}	0.787± 0.039^{a}	0.620± 0.049^{a}	0.441± 0.027^{b}	0.410± 0.021^{a}	0.292± 0.031^{b}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 41 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**
T1	0.045± 0.009^{a}	0.068± 0.006^{a}	0.089± 0.007^{a}	0.073± 0.008^{abc}	0.050± 0.007^{a}	0.037± 0.006^{b}	0.026± 0.008^{bc}	0.020± 0.005^{ab}	0.011± 0.004^{b}	0.006± 0.006^{a}
T2	0.051± 0.005^{ab}	0.082± 0.006^{b}	0.106± 0.008^{b}	0.063± 0.008^{a}	0.040± 0.007^{a}	0.021± 0.003^{a}	0.016± 0.004^{a}	0.013± 0.004^{a}	0.004± 0.003^{a}	0.009± 0.005^{ab}
T3	0.056± 0.006^{b}	0.079± 0.007^{b}	0.102± 0.009^{b}	0.078± 0.007^{bc}	0.051± 0.011^{a}	0.034± 0.011^{b}	0.028± 0.004^{c}	0.021± 0.006^{b}	0.019± 0.003^{cd}	0.014± 0.005^{bc}
T4	0.057± 0.005^{b}	0.068± 0.008^{a}	0.096± 0.008^{ab}	0.070± 0.011^{ab}	0.055± 0.013^{a}	0.034± 0.010^{b}	0.028± 0.005^{c}	0.023± 0.005^{b}	0.024± 0.006^{de}	0.013± 0.005^{bc}
T5	0.055± 0.006^{b}	0.069± 0.007^{a}	0.098± 0.005^{ab}	0.071± 0.007^{ab}	0.048± 0.009^{a}	0.028± 0.004^{ab}	0.020± 0.005^{ab}	0.020± 0.005^{ab}	0.013± 0.003^{b}	0.010± 0.003^{ab}
T6	0.056± 0.005^{b}	0.083± 0.007^{b}	0.096± 0.007^{ab}	0.076± 0.007^{bc}	0.052± 0.008^{a}	0.030± 0.007^{ab}	0.020± 0.008^{ab}	0.020± 0.004^{ab}	0.015± 0.006^{bc}	0.015± 0.004^{bc}
T7	0.057± 0.003^{b}	0.086± 0.009^{b}	0.102± 0.010^{b}	0.083± 0.005^{c}	0.071± 0.018^{b}	0.048± 0.008^{c}	0.038± 0.005^{d}	0.035± 0.008^{c}	0.025± 0.003^{e}	0.018± 0.003^{c}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ตารางที่ 42 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม-ไนโตรเจน/ลิตร) ในน้ำเค็มที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพหรืออีเอ็มบอลสูตรต่างๆเป็นเวลา 30 วัน (ค่าเฉลี่ย±SD, n=5)*

ชุดการทดลอง	วันที่									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T1	0.023± 0.006^{ab}	0.027± 0.008^{a}	0.034± 0.016^{a}	0.027± 0.007^{a}	0.030± 0.010^{a}	0.034± 0.007^{a}	0.030± 0.012^{a}	0.021± 0.006^{a}	0.018± 0.008^{bc}	0.012± 0.008^{a}
T2	0.032± 0.011^{a}	0.013± 0.006^{bc}	0.021± 0.009^{ab}	0.041± 0.008^{a}	0.031± 0.004^{a}	0.029± 0.005^{a}	0.027± 0.004^{a}	0.016± 0.007^{a}	0.009± 0.006^{ab}	0.007± 0.006^{a}
T3	0.022± 0.007^{ab}	0.011± 0.007^{bc}	0.014± 0.012^{b}	0.032± 0.006^{a}	0.038± 0.014^{a}	0.029± 0.016^{a}	0.027± 0.007^{a}	0.025± 0.008^{a}	0.015± 0.008^{abc}	0.014± 0.010^{a}
T4	0.013± 0.011^{b}	0.009± 0.004^{c}	0.013± 0.006^{b}	0.032± 0.017^{a}	0.036± 0.017^{a}	0.032± 0.016^{a}	0.022± 0.010^{a}	0.023± 0.010^{a}	0.017± 0.005^{abc}	0.010± 0.003^{a}
T5	0.017± 0.008^{b}	0.022± 0.010^{ab}	0.021± 0.009^{ab}	0.033± 0.011^{a}	0.039± 0.009^{a}	0.027± 0.007^{a}	0.019± 0.007^{a}	0.013± 0.011^{a}	0.007± 0.006^{a}	0.007± 0.003^{a}
T6	0.022± 0.009^{ab}	0.014± 0.009^{bc}	0.020± 0.005^{ab}	0.029± 0.010^{a}	0.032± 0.008^{a}	0.026± 0.008^{a}	0.028± 0.010^{a}	0.022± 0.010^{a}	0.020± 0.009^{c}	0.010± 0.006^{a}
T7	0.016± 0.007^{b}	0.010± 0.009^{c}	0.031± 0.013^{a}	0.035± 0.010^{a}	0.030± 0.008^{a}	0.031± 0.018^{a}	0.026± 0.003^{a}	0.019± 0.009^{a}	0.024± 0.003^{c}	0.014± 0.007^{a}

*ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

หมายเหตุ T1 คือชุดควบคุม

T2 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสารเร่ง พด.6

T3 คือชุดน้ำหมักชีวภาพสูตรคุณจรูญ ไกรเนตร

T4 คือชุดน้ำหมักชีวภาพเลี้ยงปลา

T5 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์สับปะรด

T6 คือชุดดาสต้าบอล

T7 คือชุดอีเอ็มบอลสูตรคุณสมาน ยะธาตุ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายกานตกานท์ เทพณรงค์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210620001

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วาริชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2551

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

กานตกานท์ เทพณรงค์, สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ และ ดวงพร คันธโชติ. 2556. ประสิทธิภาพการใช้หมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย. *ใน* การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 30-31 กรกฎาคม 2556 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก. หน้า 281-288.