2419805469
VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

การบำบัดน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์

พิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2565

60G54800103_2419805469

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

WASTEWATER TREATMENT OF ALGAE BLOOM BY USING MICROORGANISM.

PISIT TONKITTIRATTANAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCES

IN INNOVATION OF ENVIRONMENTAL

GRADUATE SCHOOL

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY

UNDER THE ROYAL PATRONAGE PATHUM THANI

2022

GRAD VRU

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์
ชื่อนักศึกษา	พิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนากุล
รหัสประจำตัว	60G54800103
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	นวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.ศศิธร หาสิน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนัสพรรัศม์ สวัสดี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนัสพรรัศม์ สวัสดี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประภาพร ชุลีลัง)

..... กรรมการและเลขานุการ
(อาจารย์ ดร.ศศิธร หาสิน)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แก้วจำปา)

GRAD VRU

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 19 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

พิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนากุล. (2565). การบำบัดน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม. อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.ดร.ศศิธร หาสิน ผศ.ดร.วนัสพรรัศม์ สวัสดี

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่งในบึงแก่นนคร โดยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกและนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ *Pediococcus sp.* *Pichia sp.* และ *Dekkera sp.* กำหนดจุดเติมจุลินทรีย์ในน้ำและจุดเก็บตัวอย่าง 10 สถานี รอบบึงแก่นนคร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรด–ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าไนไตรท์ ไนเตรต ออโธฟอตเฟต อุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ความโปร่งแสง ของแข็งแขวนลอย และคลอโรฟิลล์เอในน้ำ จากนั้นวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาสาหร่ายสะพรั่งโดยการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบึงแก่นนครก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพน้ำก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียทั้ง 10 สถานี มีแนวโน้มในทางบวก แสดงดังพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ มีแนวโน้มแตกต่างกันหลังจากการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครจำนวน 6 วัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ค่าไนไตรท์ ไนเตรต ออโธฟอตเฟต การนำไฟฟ้า ของแข็งแขวนลอย และปริมาณคลอโรฟิลด์ เอ มีแนวโน้มลดลงหลังจากผ่านการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครจำนวน 6 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าความโปร่งแสงนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 6 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในสถานีที่ 7 และ 9 มีค่าสูงกว่าสถานีอื่น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในบึงแก่นนครโดยใช้จุลินทรีย์ พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด คือ ไนเตรต มีค่าร้อยละ 97.37 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงให้เห็นว่า การบำบัดน้ำเสียจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครนั้นมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ คือ การใช้จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สามารถแก้ไขปัญหาสาหร่ายสะพรั่งในบึงน้ำขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะดวก และรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถสนับสนุนการกำหนดแผนการบริหารจัดการน้ำในบึงขนาดใหญ่ที่รองรับน้ำเสียจากพื้นที่ชุมชน

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสีย สาหร่ายสะพรั่ง จุลินทรีย์

GRAD VRU

VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

Pisit Tonkittirattanakul. (2022). Wastewater Treatment of Algae Bloom by using Microorganism. Master of Sciences (Innovation of Environmental Management). Advisors: Dr.Sasitorn Hasin, Asst. Prof. Dr.Vanatpornratt Sawasdee

ABSTRACT

This is an experimental research. It aimed to study the efficiency of wastewater treatment using microorganism in the algal bloom phenomenon. Three species of microorganism were selected: *Pediococcus sp. Pichia sp.* and *Dekkera sp.* There were 10 stations around Kaen Nakhon Lake where the microorganisms were put in the water and water samples were taken. Water sampling was collected before and after using the microorganisms. The parameters for water quality analysis were pH, dissolved oxygen (DO), nitrite (NO^-_2), nitrate (NO^-_3), orthophosphate ($PO3^-_4$), temperature, conductivity, transparency, suspended solids and chlorophyll A. The data analysis was using one-way ANOVA at a statistically significant level of 0.05.

The results revealed that the water quality, before and after using the microorganisms at 10 stations had positive trends. Trends for pH and temperature were different after using the microorganisms for 6 days but were not significant ($P>0.05$). On the other hand, trends of nitrite, nitrate, orthophosphate, conductivity, suspended solids, and chlorophyll A decreased after using the microorganisms for 6 days. The differences were statistically ($P<0.05$). Transparency significantly increased after using the microorganisms for 6 days ($P<0.05$). In terms of dissolved oxygen, stations 7 and 9 had higher levels than other stations but not significantly ($P>0.05$). The wastewater treatment efficiency with microorganisms in Kaen Nakhon Lake showed that the highest treatment efficiency was nitrate, which was 97.37%. Therefore, the water quality results presented reveal that wastewater treatment of algae bloom with microorganisms was effective and rapid.

The knowledge from this research shows that the use of selective microorganisms can solve algae bloom phenomena problems in an effective, convenient, and rapid way. Moreover, this research can be applied to water management plans involving large ponds that receive wastewater from community areas.

Keywords: Wastewater Treatment, Algae Bloom, Microorganisms

241965469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.ศศิธร หาสิน อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนัสพรรัศม์ สวัสดี อาจารย์ ดร.ประภาพร ชุลีลัง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แก้วจำปา ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของคณะอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ นายธีระศักดิ์ ฑีฆายุพันธุ์ นายกเทศมนตรีนครขอนแก่น รวมถึงเจ้าหน้าที่เทศบาลเมืองของแก่นทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในร่วมกันวางแผนจัดการงานอย่างเป็นระบบ และยังรวมถึงประชาชนชาวขอนแก่นที่อยู่รอบบริเวณบึงแก่นนคร ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณ บริษัท จีแอนด์บี เอนไซม์ส จำกัด ที่ได้มอบ จุลินทรีย์ ECO-BOOST จุลินทรีย์คุณภาพสูงมาให้ใช้ทำงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนได้ผลสำเร็จลุล่วงจนเป็นที่พอใจของชาวขอนแก่นเป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงและจัดการน้ำเสียจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นโดยการใช้จุลินทรีย์ จึงขอมอบส่วนดีนี้ทั้งหมดให้แก่คณะอาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นประโยชน์ต่อสังคมต่อไป และขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่ บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียวและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

พิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนากุล

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 2

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย 6

2.2 จุลินทรีย์สำหรับการบำบัดน้ำเสีย 12

2.3 ปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (Algae Bloom) 16

2.4 การพัฒนาจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย 18

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 21

3.1 พื้นที่ศึกษา 21

3.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคลอโรฟิลล์เอในน้ำ 26

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 27
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 28
4.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางเคมีในแหล่งน้ำ 28
4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพในแหล่งน้ำ 34
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางชีวภาพในแหล่งน้ำ 40
บทที่ 5 สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 54
5.1 สรุปผลการวิจัย 54
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 54
5.3 ข้อเสนอแนะ 56
บรรณานุกรม 58
ภาคผนวก 62
ภาคผนวก ก แบบประเมินความพึงพอใจในการจัดการปัญหาด้านกลิ่นเหม็นรบกวนและด้านความสะอาดรวมถึงการปรับปรุงภูมิทัศน์โดยรอบบึงแก่นนคร 63
ประวัติผู้วิจัย 66

2419805469
VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23
GRAD VRU

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในบึงแก่นนคร 34

2419805469
VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23
GRAD VRU

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 2
ภาพที่ 2 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสีย 12
ภาพที่ 3 กลไกการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน 14
ภาพที่ 4 แผนผังขั้นตอนของระบบในการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ 15
ภาพที่ 5 ผลของการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ 16
ภาพที่ 6 Pediococcus spp. 18
ภาพที่ 7 Pichia spp. 19
ภาพที่ 8 Dekkera anomala 20
ภาพที่ 9 Dekkera bruxellensis 20
ภาพที่ 10 การเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งบริเวณขอบบึงแก่นนคร 21
ภาพที่ 11 ประตูระบายน้ำทิ้งและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 10 จุด (S1 – S10) รอบบึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น 22
ภาพที่ 12 พื้นที่รับน้ำเข้าบึงแก่นนครที่ควรตั้งสถานีผสมจุลินทรีย์ 23
ภาพที่ 13 พื้นที่รับน้ำเข้าบึงแก่นนครที่ควรตั้งสถานีผสมจุลินทรีย์ 25
ภาพที่ 14 แผนภูมิค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่าง 28
ภาพที่ 15 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 29
ภาพที่ 16 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 30
ภาพที่ 17 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ในบึงแก่นนคร 30
ภาพที่ 18 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์ (NO_3^-) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 31
ภาพที่ 19 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ (NO_3^-) ในบึงแก่นนคร 31
ภาพที่ 20 แผนภูมิเปรียบเทียบออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร ... 33

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ภาพที่ 21 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ในบึงแก่นนคร 33
ภาพที่ 22 แผนภูมิค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในบึงแก่นนคร 35
ภาพที่ 23 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 36
ภาพที่ 24 แผนภูมิค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (Conductivity) ในบึงแก่นนคร 37
ภาพที่ 25 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความโปร่งแสง (Transparency) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 37
ภาพที่ 26 แผนภูมิค่าเฉลี่ยผลรวมความโปร่งแสงของน้ำในบึงแก่นนคร 38
ภาพที่ 27 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 39
ภาพที่ 28 แผนภูมิค่าเฉลี่ยผลรวมปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำในบึงแก่นนคร 39
ภาพที่ 29 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ ในบึงแก่นนคร 40
ภาพที่ 30 แผนภูมิค่าเฉลี่ยผลรวมปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A) ของน้ำในบึงแก่นนคร . 41
ภาพที่ 31 น้ำตัวอย่างบริเวณตลาดริมบึงแก่นนคร (S1) 42
ภาพที่ 32 น้ำตัวอย่างจากบริเวณประตูรับน้ำ (ประตู 6) (S2) 43
ภาพที่ 33 น้ำตัวอย่างบริเวณหน้าศาลเจ้าพ่อมเหศักดิ์ (S3) 44
ภาพที่ 34 น้ำตัวอย่างบริเวณหน้าวัดกลาง (S4) 45
ภาพที่ 35 น้ำตัวอย่างจากบริเวณจุดเริ่มต้นสะพานฝั่งวัดหนองแวง (S5) 46
ภาพที่ 36 น้ำตัวอย่างบริเวณหลังศาลเจ้าแม่สองนาง (S6) 47
ภาพที่ 37 น้ำตัวอย่างบริเวณประตูรับน้ำเสียหมู่บ้านชลพฤกษ์เลควิลล์ (S7) 48
ภาพที่ 38 น้ำตัวอย่างจากบริเวณประตูรับน้ำเสียหน้าศาลเจ้าแม่สองนาง (สวนหินไห) (S8) 49
ภาพที่ 39 น้ำตัวอย่างบริเวณเจ้าแม่กวนอิม (S9) 50
ภาพที่ 40 ตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณ อพปร. (S10) 51
ภาพที่ 41 ลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง 52

2419805469
VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23
GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบนิเวศแหล่งน้ำ (aquatic ecosystem) นับเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่งได้อำนวยประโยชน์ให้แก่มนุษย์หลากหลายประการ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพชีวิตของประชาชน ตลอดจนเป็นแหล่งกักเก็บน้ำฝนและน้ำท่า ป้องกันหรือลดผลกระทบจากสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศและอุทกภัย รวมทั้งเป็นระบบที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ระบบนิเวศแหล่งน้ำยังเป็นส่วนหนึ่งของระบบสิ่งแวดล้อมโลกที่มีความเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์ อย่างใกล้ชิดกับชั้นบรรยากาศ พื้นดิน ชีวภาค และอุทกภาค ในกระบวนการแลกเปลี่ยน ถ่ายเทพลังงานและสสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต ในรูปของคาร์บอนไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ซึ่งปัจจุบันการขยายตัวของชุมชนเมืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยชุมชนที่ขยายตัวนั้นมีทั้งอยู่บริเวณโดยรอบแหล่งน้ำ หรือพื้นที่ใกล้เคียง จึงอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชน บึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น เป็นแหล่งน้ำที่มีชุมชนอาศัยอยู่โดยรอบ เช่น ตลาด ร้านค้า หมู่บ้าน และ อพปร. เป็นต้น สถานที่เหล่านี้มีกิจกรรมในแต่ละวันที่สามารถปล่อยน้ำทิ้งลงสู่บึงแก่นนคร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝนที่มีการชะล้างของเสียเป็นจำนวนมากลงสู่บึงแก่นนคร และจากการที่พื้นที่บึงแก่นนครเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากชุมชนโดยรอบ ซึ่งน้ำทิ้งชุมชนส่วนใหญ่จะปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์และสารซักล้างต่าง ๆ (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2557) มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมในบึงแก่นนครมากพอที่ทำให้เกิดสาหร่ายสะพรั่งได้และจากการที่บึงแก่นนครเป็นบึงน้ำนิ่ง ทำให้เกิดการสะสมของของเสียต่าง ๆ บริเวณปากท่อระบายน้ำและขอบบึงเป็นจำนวนมากอีกด้วย ซึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นนั้น มีทั้งกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ากระบวนการทางชีวภาพนั้นมีประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจนได้สูงถึงร้อยละ 80 โดยที่ไม่ส่งผลกระทบอื่น ๆ ต่อแหล่งน้ำ (Sharp, Khunjar, Daly, Perez-Terrero, Chandran & Niemiec, 2020)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการบำบัดน้ำเสียจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่งในบึงแก่นนครด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยจุลินทรีย์ 3 สกุลหลัก ได้แก่ *Pediococcus spp. Pichia spp.* และ *Dekkera spp*. ซึ่งสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ และทนต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันได้ สามารถเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำของบึงแก่นนครอีกด้วย

GRAD VRU

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่งในบึงแก่นนคร

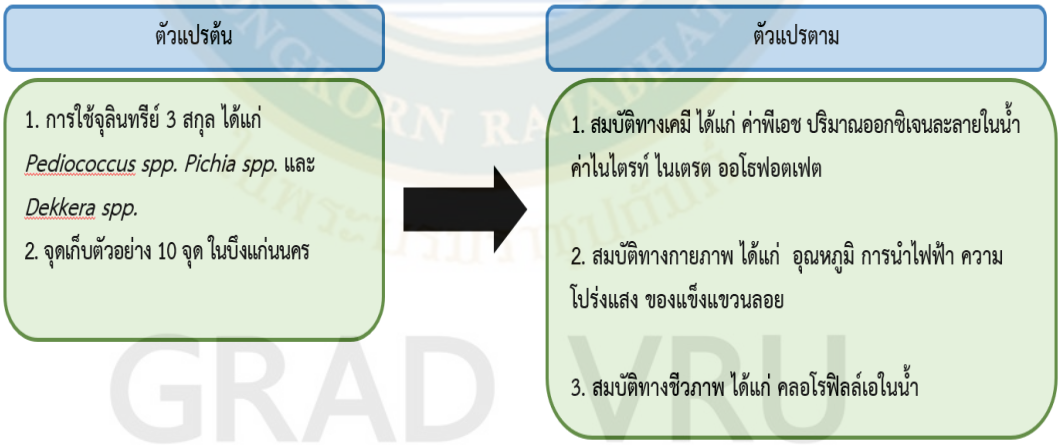
1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่งในบึงแก่นนคร โดยตัวชี้วัดความสำเร็จของการใช้เลือกจุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus spp. Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* เพื่อแก้ไขสถานการณ์การเกิดปัญหาสาหร่ายสะพรั่ง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO: mg/L) ค่าไนไตรท์ (NO^-_2: mg/L) ไนเตรต (NO^-_3: mg/L) ออโธฟอตเฟต (OPO_4-P: mg/L)

2. การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature: ˚C) และการนำไฟฟ้า (Conductivity: µS/cm) ความโปร่งแสง (Transparency: cm) ของแข็งแขวนลอย (Suspended solid)

3. การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอในน้ำ (Chlorophyll a: µg/m^3)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาการใช้จุลินทรีย์เพื่อแก้ไขสถานการณ์การเกิดปัญหาสาหร่ายสะพรั่งในบึงแก่นนคร โดยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกและนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ *Pediococcus* spp. *Pichia* spp. และ *Dekkera* spp. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้จุลินทรีย์ เพื่อแก้ไขสถานการณ์การเกิดปัญหาสาหร่ายสะพรั่ง โดยการเปรียบเทียบ สมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของน้ำในบึงแก่นนคร ก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ โดยมีขอบเขตการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าไนไตรท์ไนเตรต ออโธฟอตเฟต

2) สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ และการนำไฟฟ้า ความโปร่งแสง ของแข็งแขวนลอย

(3) สมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอในน้ำ

1.4.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

บึงแก่นนคร เขตเทศบาลกลางเมืองขอนแก่น ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น มีบึงแก่นนคร เป็นบึงธรรมชาติเนื้อที่ 603 ไร่ ตั้งอยู่กลางเมืองขอนแก่น เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ มีถนนรอบบึงไว้สำหรับวิ่งออกกำลังกาย หรือปั่นจักรยาน

1.4.3 ขอบเขตด้านเวลา

ดำเนินการศึกษา ระหว่างเดือน มกราคม ถึง ธันวาคม 2563

1.4.3 ขอบเขตด้านสิ่งสนับสนุนจากภายนอก

จุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus* spp. *Pichia* spp. และ *Dekkera* spp. ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานเอกชน

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 การบำบัดน้ำเสียจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่ง หมายถึง องค์ความรู้ของการบำบัดโดยน้ำเสียจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นด้วยขบวนการทางวิทยาศาสตร์และการมีส่วนร่วมของผู้รู้ โดยที่ ผู้รู้ หมายถึง บุคคลในหน่วยงานภาครัฐที่มีความรอบรู้เกี่ยวกับน้ำเสียชุมชนและเป็น เป็นผู้ที่ให้ความรู้หรือถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียแก่ชุมชนด้วยวิธีการต่าง ๆ เป็นผู้ที่มีการติดต่อประสานงานเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน ในหรือนอกชุมชน และ มีการเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของชุมชนอย่างสม่ำเสมอ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

1.5.2 จุลินทรีย์ หมายถึง กลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการพัฒนาเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus* spp. *Pichia* spp. และ *Dekkera* spp. เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เป็นประโยชน์เพาะเลี้ยงให้อยู่ร่วมกัน แบบเกื้อกูลซึ่งกันและกัน และสามารถทำงานได้ในช่วงที่กว้างของสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus spp. Pichia spp.* และ *Dekkera spp.*ในการแก้ไขปัญหาสาหร่ายสะพรั่ง

1.6.2 ได้เทคนิคทางชีวภาพในการแก้ไขปัญหาสาหร่ายสะพรั่งภายในบึงแก่นนคร

1.6.3 ได้แนวทางการแก้ไขปัญหาสาหร่ายสะพรั่งภายในบึงแก่นนคร

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การศึกษาการใช้จุลินทรีย์เพื่อแก้ไขสถานการณ์การเกิดปัญหาสาหร่ายสะพรั่งในบึงแก่นนคร ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

2.1 น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย

2.2 จุลินทรีย์สำหรับการบำบัดน้ำเสีย

2.3 ปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (Algae Bloom)

2.4 การพัฒนาจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 น้ำเสีย หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมวลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น สิ่งปนเปื้อนที่ปะปนมากับน้ำเสียจะมีคุณลักษณะแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิดนั้น ๆ อาจมีสี กลิ่นน้ำมันสารอินทรีย์สารอนินทรีย์สารแขวนลอยเชื้อโรคตลอดจนสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไปน้ำเสียจะก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเสียหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2538) ให้ความหมายของน้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป

เกษม จันทร์แก้ว (2541) น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของมลสาร สารเคมีที่เป็นพิษหรือมีสัดส่วนขององค์ประกอบผิดไปจากธรรมชาติจนมีผลต่อสุขภาพ และอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืช

กรมควบคุมมลพิษ (2560) ให้ความหมายของน้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมายจนกระทั่งมีลักษณะ กลิ่น สี รส น่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ (2551) น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนต่าง ๆ อาทิ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ความร้อน สีและกลิ่น สารที่ทำให้เกิดฟอง สารเคมีและสารพิษต่าง ๆ เช่นสาร Antibiotic ต่างๆจากยาที่รับประทานเข้าไป รวมถึงฮอร์โมนต่าง ๆ สารปราบวัชพืช สารปราบศัตรูพืช สารอินทรีย์ต่าง ๆ กรดด่าง เกลือชนิดต่าง ๆ ของแข็งหรือ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ตะกอนแขวนลอย น้ำมัน ไขมัน และแร่ธาตุที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนักต่าง ๆ สารกัมมันตรังสี ฯลฯ ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่สามารถใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ ทั้งยังเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย เช่น เกิดการเน่าเหม็น เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ น้ำเสียอาจเจือปนในแหล่งน้ำสาธารณะ คูคลอง ห้วย หนอง ลำคลอง แม่น้ำ ปากแม่น้ำ และทะเล

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า น้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ จนทำให้ลักษณะของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จนไม่สามารถนำน้ำตามสภาพธรรมชาติมาใช้งานได้ น้ำที่นำมาใช้ต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพหรือบำบัดก่อนจึงจะนำมาใช้งานได้

2.1.2 ประเภทของน้ำเสีย

โดยทั่วไปน้ำเสียสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2557) ดังนี้

2.1.2.1 น้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากชุมชน รวมถึงบ้านเรือน โรงแรม อาคาร ร้านค้า ร้านอาหาร ซึ่งสิ่งปนเปื้อนที่มาจากน้ำเสียประเภทนี้จะปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สิ่งสกปรกจากการขับถ่าย การซักล้าง การชำระร่างกาย รวมถึงสารทำความสะอาด และสารลดแรงตึงผิว

2.1.2.2 น้ำเสียเกษตรกรรม (Agricultural wastewater) น้ำเสียประเภทนี้ เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร ซึ่งปนเปื้อนสารอินทรีย์ สิ่งปฏิกูล เศษอาหาร รวมไปถึงปุ๋ย ยาฆ่าแมลง อีกด้วย

2.1.2.3 น้ำเสียอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีสองส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่เป็นกระบวนการผลิต และส่วนที่เป็นสำนักงาน ดังนั้นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการปล่อยน้ำเสียทั้งสองส่วน ซึ่งทำให้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีลักษณะที่แตกต่างกัน

2.1.3 ลักษณะเฉพาะของน้ำและน้ำเสีย

ลักษณะเฉพาะของน้ำเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำและน้ำเสีย สามารถบ่งบอกถึงความเหมาะสมของน้ำในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ บ่งบอกถึงชนิดและปริมาณมลสารในน้ำ รวมทั้งบ่งบอกประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยลักษณะของสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ลักษณะเฉพาะทางกายภาพ ลักษณะเฉพาะทางเคมี และลักษณะเฉพาะทางชีวภาพ (มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2552)

2.1.3.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical Characteristics)

2.1.3.1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด ประกอบด้วยปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (TSS, Total Suspended Solids) และปริมาณของแข็งละลาย (TDS, Total Dissolved

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

Solids) ค่าปริมาณของแข็งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสกปรกและความหนาแน่นของน้ำเสียได้ และยังสามารถบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ ที่เลือกใช้ในการบำบัดได้

2.1.3.1.2 กลิ่นส่วนมากจะมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เช่นก๊าซไข่เน่าเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน โดยทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ ในการกำจัดกลิ่นในน้ำเสียอาจใช้สารเคมีที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้ เช่น คลอรีน หรือการใช้ผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

2.1.3.1.3 อุณหภูมิของน้ำเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นกว่าปกติ จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำถูกใช้เพิ่มมากขึ้น และทำให้การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำมีมากกว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.3.1.4 สี เป็นปัญหาเนื่องจากโรงงานหลายแห่ง เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานสีย้อมและอื่น ๆ ปล่อยน้ำเสียออกมา หรือสีเขียวซึ่งเกิดจากการเกิดสาหร่ายมาก ๆ ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดผลเสีย คือ จะเป็นตัวกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าดู เนื่องจากสามารถมองเห็นสีของน้ำเสียได้ด้วยตาเปล่า

2.1.3.1.5 ความขุ่น เกิดจากการมีสารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ จะกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำได้มากกว่า 100% เช่นเดียวกันกับสี น้ำที่มีความขุ่นมากจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำ

2.1.3.2 สมบัติทางเคมี (Chemical Characteristics)

สมบัติทางเคมีของน้ำเสียมีมากมายหลายชนิด เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ธาตุอาหาร สารพิษ และพวกโลหะหนัก ในแต่ละชนิดยังแยกย่อยออกไปได้อีกหลายอย่าง การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อทราบองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่ปนมาหรือเหลืออยู่ในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งเช่น

2.1.3.2.1 ค่าพีเอช (pH) เป็นการวัดความเข้มข้นของธาตุ ไฮโดรเจน (H) มีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดทางชีวภาพ เพราะจุลินทรีย์ในระบบจะทำงานได้ดีในช่วง pH 6.8-8 เท่านั้น น้ำเสียชุมชนจะค่อนข้างเป็นกลางไม่เหมือนกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่แปรเปลี่ยนไปตามประเภท

2.1.3.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO, Dissolved Oxygen) ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำธรรมชาติที่มีคุณสมบัติดีจะมีค่า DO ประมาณ 5 -7 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การละลายของออกซิเจนลดลงหรือ ถ้าในน้ำมีสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจนมาก ก็มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงเช่นกัน ซึ่งค่าความต้องการออกซิเจนในน้ำจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำ มีดังนี้

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

(1) บีโอดี (BOD) เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ (เศษอาหารและสิ่งปฏิกูล) ที่มีอยู่ในน้ำสารอินทรีย์นี้นอกจากจะเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์แล้ว ยังทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดน้อยลงเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชสัตว์หลายประเภทในน้ำ วิศวกรและผู้ควบคุมระบบใช้ค่าบีโอดี เพื่อเลือกและออกแบบระบบ อีกทั้งยังใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบอีกด้วย น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหลังจากผ่านบ่อดักไขมันจะมีค่า BOD ประมาณ 200 ถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

(2) ซีโอดี (COD) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี เป็นค่าที่ใช้วัดปริมาณออกซิเจนซึ่งใช้โดยแบคทีเรียเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เป็นการวัดปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียโดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่ต้องการสำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางเคมีโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นตัวออกซิไดซ์ในสภาวะที่มีกรดซัลฟูลริกเข้มข้นอยู่ด้วย

2.1.3.2.3 ไนโตรเจน (N) เป็นสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตต้องการ ในน้ำเสียมีไนโตรเจนอยู่หลายรูปแบบ คือในรูปของสารอินทรีย์ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท การที่เราตรวจพบว่าในน้ำเสียมีไนโตรเจนในรูปแบบใดจะสามารถบอกให้รู้ว่าน้ำเสียนั้นใหม่หรือเก่าน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่จะมีค่าไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ประมาณ 20 ถึง 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเป็นน้ำเสียเก่าจะมีค่าไนเตรทสูง เป็นต้น

2.1.3.2.4 ฟอสฟอรัส (P) เป็นสารอาหารเช่นเดียวกับไนโตรเจน จำเป็นต่อการดำรงชีวิตด้วยเช่นกันหากน้ำผิวดินมีค่าฟอสฟอรัสสูงจะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก ฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือ ในรูปของสารอินทรีย์ โพลิฟอสเฟต และออร์โธฟอสเฟตในน้ำทิ้งชุมชนทั่วไปจะมีค่าฟอสฟอรัสประมาณ 2 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.3.3 สมบัติทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำเสียเพื่อทราบว่าจุลินทรีย์ที่ปนมามีประเภทที่เป็นอันตรายหรือไม่ สามารถใช้จุลินทรีย์บางตัวเป็นดัชนีบ่งบอกให้ทราบว่าน้ำเสียนั้นมีสิ่งปฏิกูลปนมาหรือไม่ มีอันตรายหรือไม่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกสิ่งเหล่านี้ได้ แม้ว่าตัวมันเองนั้นไม่ทำให้เกิดโรคในคนและสัตว์ก็ตาม แต่มันมีแหล่งกำเนิดจากลำไส้ของคนและสัตว์ ซึ่งอาจมีเชื้อโรคระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่ เมื่อตรวจพบว่ามีเชื้อโคลิฟอร์ม อยู่ในน้ำใดน้ำนั้นจะไม่มีความปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอีกหลายชนิด เช่น พวกเชื้อรา ไวรัส สัตว์เซลเดียว และสาหร่ายบางประเภทที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ เชื้อจุลินทรีย์นอกจากจะใช้เป็นดัชนีบอกถึงความสกปรกของน้ำแล้ว ยังใช้เป็นดัชนีบอกให้ทราบว่าการทำงานของระบบบำบัดชีวภาพดีมากน้อยเพียงใดอีกด้วย

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย

2.1.4.1 การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical treatment process) เป็นการกำจัดของเสียออกจากน้ำเสียโดยใช้หลักการทางกายภาพ โดยมีหลายวิธีการดังนี้ การดักด้วยตะแกรง (Screening) การเก็บกวาด (Skimming) การทำให้ลอย (Floating) การตกตะกอน (Sedimentation) การแยกด้วยการเหวี่ยง (Centrifugation) การกรอง (Filtration) ซึ่งกระบวนการบำบัดทางกายภาพนั้น เหมาะสมกับสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ ถือเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกขั้นต้น

2.1.4.2 การบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical treatment process) เป็นการทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย เพื่อการกำจัดน้ำเสีย ที่มักอยู่ในรูปสารละลายน้ำ หรือสารแขวนลอย ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยวิธีการบำบัดทางเคมีมีหลายวิธี ดังนี้ การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การทำให้ตกตะกอน (Precipitation) การสร้างรวมตะกอน (Coagulation-flocculation) และปฏิกิริยาออกซิเดชั่น – รีดักชั่น (Oxidation-reduction) น้ำเสียจะถูกบำบัดทางเคมีก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง รวมถึงแยกสารพิษที่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในระบบบำบัดทางชีวภาพ

2.1.4.3 การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological treatment process) คือ การใช้จุลินทรีย์ ในการทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดี และสามารถปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งมลพิษส่วนใหญ่คือสารอินทรีย์ โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic treatment) และการบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic treatment)

2.1.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย กรมควบคุมมลพิษ (2560) อธิบายขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

2.1.5.1 การบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) และการบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ ออกจากของเหลวหรือน้ำเสีย โดยเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank) และเครื่องกำจัดไขฝ้า (Skimming Devices) การบำบัดน้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 ถึง 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้ ร้อยละ 25 ถึง 40

2.1.5.2 การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายใน น้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไป ใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ บีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80

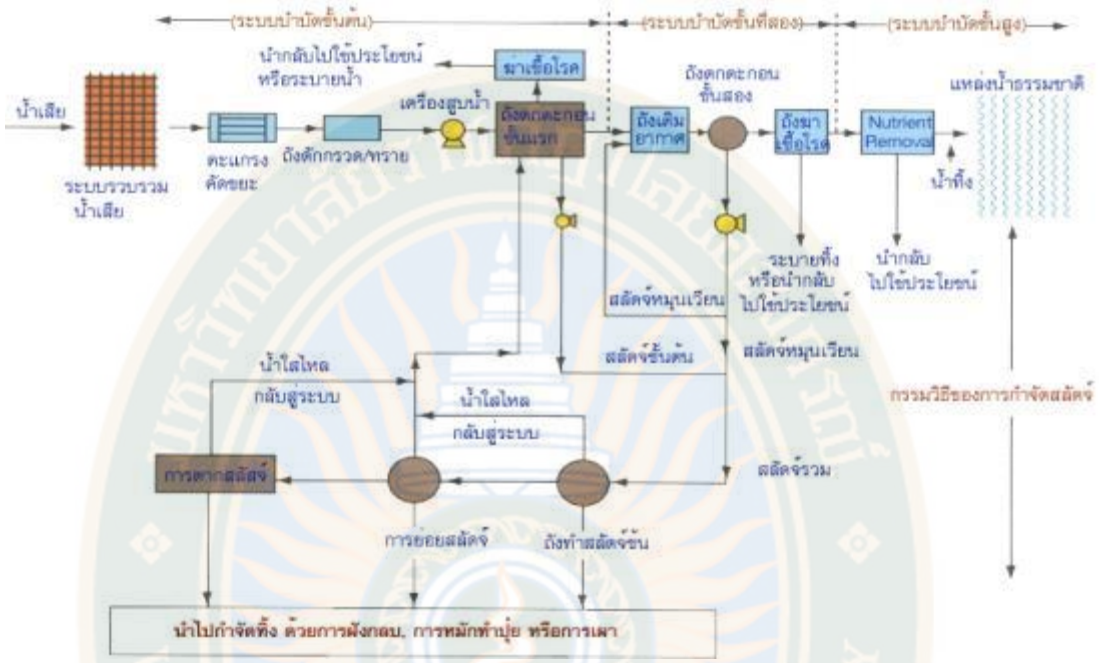
2.1.5.3 การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment หรือ Tertiary Treatment)เป็นกระบวนการกำจัดสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก และอื่น ๆ ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ นอกจากนี้ยังช่วย ป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่าย ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่า แก้ไขปัญหาความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำอันเนื่องจากสี และแก้ไขปัญหาอื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สองมิสามารถกำจัดได้ กระบวนการบำบัดขั้นสูง ได้แก่ การกำจัดฟอสฟอรัส การกำจัดไนโตรเจน การกรอง (Filtration) และการดูดติดผิว (Adsorption)

2.1.5.4 การบำบัดกากตะกอนหรือสลัดจ์ (Sludge Treatment) ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการทางชีวภาพจะมีกากตะกอนจุลินทรีย์หรือสลัดจ์เป็นผลผลิตตามมาด้วยเสมอ ซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการกินสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบำบัดสลัดจ์เหล่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเน่าเหม็นของสลัดจ์ การเพิ่มภาวะมลพิษ และเป็นการทำลายเชื้อโรคด้วย นอกจากนี้การลดปริมาตรของสลัดจ์ โดยการกำจัดน้ำออกจากสลัดจ์ ช่วยให้เกิดความสะดวกในการเก็บขนไปกำจัดทิ้งหรือนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ทั้งนี้ในการบำบัดสลัดประกอบด้วยกระบวนการหลัก ๆ ได้แก่ การทำข้น (Thickener) การทำให้สลัดจ์คงตัว (Stabilization) การปรับสภาพสลัดจ์ (Conditioning) และการรีดน้ำ

2.1.5.5 การกำจัดกากตะกอนหรือสลัดจ์ (Sludge Disposal) หลังจากสลัดจ์ที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียได้รับการบำบัดให้มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น และ มีปริมาตรลดลงเพื่อความสะดวกในการขนส่งแล้ว ในขั้นต่อมาก็คือ การนำสลัดจ์เหล่านั้นไปกำจัดทิ้งโดยวิธีการ ที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการกำจัดทิ้งที่ใช้ในปัจจุบัน การฝังกลบ (Landfill) การหมักทำปุ๋ย (Composting) และการเผา (Incineration)

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23



ภาพที่ 2 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสีย

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2552)

2.2 จุลินทรีย์สำหรับการบำบัดน้ำเสีย

2.2.1 ชนิดและคุณสมบัติของจุลินทรีย์สำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย

การจำแนกประเภทจุลินทรีย์ตามลักษณะของน้ำเสียของ สาวิตรี วทัญญูไพศาล (2552) และสันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์ (2557) มีดังนี้

แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม (Cocci) แท่ง (Rod, Bacillus) เกลียว (Spirillum) เป็นต้น แบคทีเรียมีโครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถดูดซึมสารอาหารจากพื้นที่หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยได้ องค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรียประกอบด้วยน้ำถึง 80% และเป็นของแข็ง 20% โดยในของแข็งจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ 90% และสารอนินทรีย์10% ในส่วนสารอินทรีย์ประกอบด้วย C O N และH ในส่วนสารอนินทรีย์ ประกอบด้วย P_2O_5 SO_3 N_2O CaO MgO K_2O Fe_2O_3ทำให้แบคทีเรียต้องใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ในการเจริญเติบโต

อาร์เคีย (Archaea) กลุ่มจุลินทรีย์อาร์เคียถือเป็นกลุ่มสำคัญกลุ่มหนึ่ง เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างก๊าซมีเทนได้ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์อาร์เคียนั้นจะย่อยสลายกรดอินทรีย์ระเหยที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ให้เป็นก๊าซมีเทน

สาหร่าย (Algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรฟิลล์อยู่ในตัว สามารถสังเคราะห์แสงได้ โดยทั่วไปอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งถ้ามีการเจริญเติบโตมากเกินไปจะทำให้เกิดสีเขียวขุ่น เป็น

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ปรากฏการณ์ Algae bloom หรือ Eutrophication ส่งผลให้ออกซิเจนไม่สามารถละลายลงสู่แหล่งน้ำได้ ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียขึ้น

รา (Fungi) สิ่งมีชีวิตชนิดนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์เรียงต่อกัน แต่มีราบางชนิดที่อยู่เป็นเซลล์โดด คือ ยีสต์ (Yeast) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ยังถือได้ว่ามีประโยชน์ต่อระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ เช่นใช้ในการบำบัดสีของน้ำเสียจากโรงงานสุรา หรือการบำบัดไนโตรเจน เป็นต้น

โปรโตซัว (Protozoa) สิ่งมีชีวิตนี้สามารถพบได้ในแหล่งน้ำหรือน้ำเสียที่ไม่ได้มีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์มากนัก ดังนั้นโปรโตซัวถือเป็นตัวชี้วัดว่าถ้าพบโปรโตซัวในแหล่งน้ำหรือน้ำเสียใด ๆ หมายถึง น้ำเสียนั้นยังมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในปริมาณสูง โปรโตซัวยังมีประโยชน์อีก คือ สามารถกินตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น

ไวรัส (Virus) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ไม่เป็นเซลล์ และไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ไม่สามารถดำรงชีวิตได้เป็นอิสระ ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตเซลล์อื่นที่เรียกว่า Host ซึ่งเป็นเซลล์ของพืช สัตว์ หรือ มนุษย์ โดยไวรัสที่พบในน้ำเสียนั้น สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดแหล่งที่มาของน้ำเสียได้ นำไปสู่การเลือกวิธีบำบัดน้ำเสียได้อย่างถูกต้อง

2.2.2 การใช้จุลินทรีย์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Treatment) เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบ แอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบคลอง วนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบโปรยกรอง(Trickling Filter) ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และ ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

2.2.2.1 กระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการที่อาศัยการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพโดยเชื้อจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารเปลี่ยนเป็นเซลล์ใหม่และ End product เช่น CO_2 และ NH_3 ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียในการย่อยสลายสามารถแสดงได้ตามสมการ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

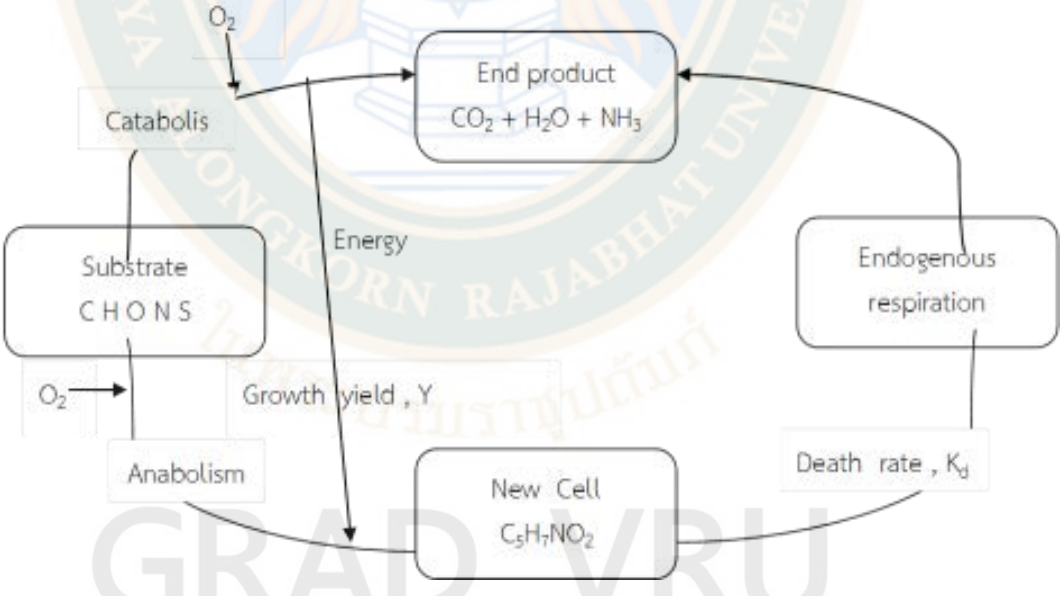
GRAD VRU

$$CHONS + O_2 + \underset{\text{(สารอินทร์)}}{\text{Nutrients}} \xrightarrow{\text{bacteria}} C_5H_7NO_2 + CO_2 + NH_3 + \underset{\text{(เซลล์ใหม่)}}{\text{other end product}}$$

Endogenous respiration

$$C_5H_7NO_2 + 5O_2 \xrightarrow{\text{bacteria}} 5CO_2 + 2H_2O + NH_3 + \text{energy}$$

การทำงานของระบบจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบหลักครบคือ Substrate, Aerobic, bacteria, การเติมอากาศ และ Nutrients นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบอีก เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ชนิดของประชากรจุลินทรีย เป็นต้นในการเกิดเซลล์ใหม่จากขบวนการ Anabolism สามารถแทนด้วย Kinetic Coefficient ,Y และการเกิด Endogenous Respiration ทำให้เกิดการตายและสลายตัวของ Biomass สามารถแทนด้วยค่า Kinetic Coefficient ดังภาพที่ 3 (มงคล ดำรงศรี, 2552)



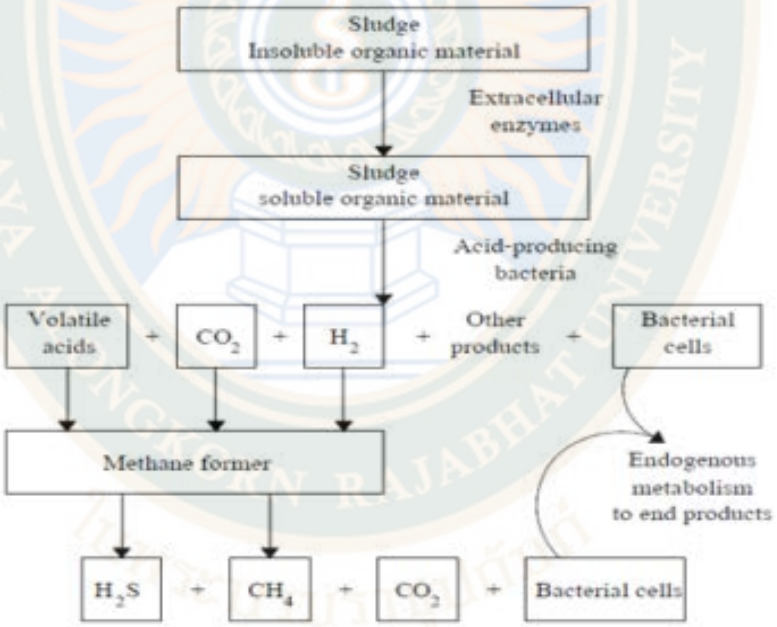
ภาพที่ 3 กลไกการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน
ที่มา : มงคล ดำรงศรี (2552)

2.2.2.2 กระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการที่อาศัยเชื้อแบคทีเรียแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic bacteria) ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นของแข็งให้อยู่ในรูปของเหลว (Hydrolysis) หลังจากนั้น Acid Forming Bacteria จะย่อยสลายต่อได้กรดอินทรีย์

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

(Organic Acid) เช่น Propionic, Acetic, Lactic เป็นต้น จากนั้น Methane Forming Bacteria จะย่อยสลายต่อได้ End Product เป็นก๊าซมีเทน (CH_4), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไข่เน่า (H_2S) ซึ่งกลไกการทำงานของกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศแสดงดังภาพที่ 5 และ 6

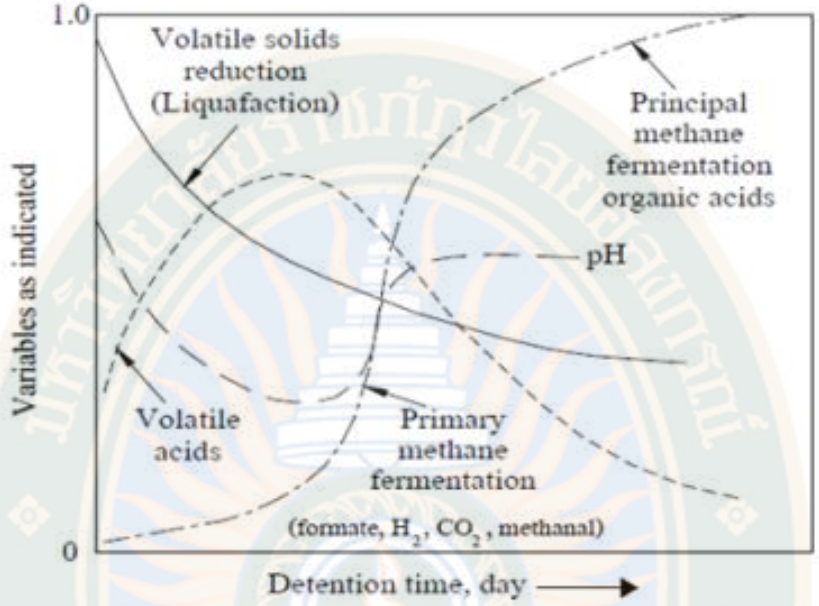
การทำงานของระบบต้องประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก คือ Substrate, Anaerobic Bacteria, Nutrients และไม่มี O_2 อิสระในระบบ การเกิดเซลล์ใหม่ในกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ มีค่า Kinetic Coefficient (Y) น้อยกว่าในขบวนการบำบัดแบบใช้อากาศมาก ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของกระบวนบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ในกระบวนการบำบัดแบบนี้เกิดก๊าซ Methane ซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ แต่การนำไปใช้จะต้องผ่านการทำให้สะอาด (Purify) ในกระบวนการนี้จะมีก๊าซไข่เน่า (H_2S) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และหากทำปฏิกิริยากับสารโลหะต่าง ๆ จะเกิดตะกอนสีดำ (มงคล ดำรงศรี, 2552)



ภาพที่ 4 แผนผังขั้นตอนของระบบในการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ
ที่มา : มงคล ดำรงศรี (2552)

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23



ภาพที่ 5 ผลของการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ
ที่มา : มงคล ดำรงศรี (2552)

2.3 ปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (Algae Bloom)

ปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (Algae Bloom) เป็นหนึ่งในปรากฏการณ์ธรรมชาติ เกิดจากสาหร่ายเซลล์เดียวหรือแพลงก์ตอนพืช เพิ่มจำนวนมากขึ้นจนทำให้สีของน้ำทะเลเปลี่ยนไปจากสีปกติ ซึ่งในครั้งนี้เปลี่ยนเปลี่ยนไปเป็นสีเขียวเข้ม เนื่องจากสีของสารสี (คลอโรฟิลล์เอเหมือนในพืช) ที่อยู่ในเซลล์นั่นเอง และอาจพบสีอื่น ๆ ได้ เช่น สีแดง สีน้ำตาล และสีเหลือง เป็นต้น ในอดีตชาวประมงที่พบเห็นจะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ขี้ปลาวาฬ” ปรากฏการณ์ครั้งนี้เกิดจากแพลงก์ตอนพืชสกุล Noctiluca มีลักษณะทรงกลม ภายในเซลล์มีสีเขียว ขนาดประมาณ 0.5 - 0.7 มิลลิเมตร และสาหร่ายเซลล์เดียวกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) ซึ่งทำให้เห็นน้ำทะเลเป็นสีที่ต่างออกไปจากเดิม และปรากฏการณ์นี้อาจเป็นอันตรายต่อปลาและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในทะเลจากการที่สาหร่ายเซลล์เดียวบางชนิดปล่อยสารพิษออกมาสาหร่ายเซลล์เดียวที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นี้มักจะมีลักษณะเป็นตะกอนแขวนลอยในน้ำเป็นหย่อมหรือเป็นแถบยาวมีแนวตามทิศทางของกระแสลมและคลื่นโดยส่วนใหญ่ปรากฏการณ์นี้มักจะเกิดจากธรรมชาติ ในขณะเดียวกันกิจกรรมของมนุษย์นั้นยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของปรากฏการณ์นี้อีกด้วย เช่นการปล่อยน้ำจากการทำเกษตรกรรม และการขยายตัวทางการเกษตรนั้น มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงมีความต้องการใช้สารเคมีหรือสารซักฟอกต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ปริมาณสารเคมีถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในปริมาณมาก โดยสารเคมีที่เป็นธาตุ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

อาหารสำคัญ คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับธรรมชาติสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

2.3.1 สาเหตุของปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง

การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีต่าง ๆ จากสาหร่ายเซลล์เดียวจำนวนมหาศาลนั้น มีปัจจัยมาจากแหล่งน้ำบริเวณนั้นมีสารอาหารที่อุดมไปด้วยฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยในเรื่องอุณหภูมิผิวน้ำที่มีความอบอุ่นเพิ่มขึ้นและความเค็มของน้ำทะเลที่ลดลงอีกด้วย สิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ พวกพืชน้ำ เช่น สาหร่ายเซลล์เดียว (Dinoflagellate) และแพลงก์ตอนพืชสกุล Noctiluca เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ได้รับสารอาหารก็จะเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ท้าให้น้ำเปลี่ยนสีไปตามสีของสาหร่าย การกระท้าของมนุษย์ก็มีส่วนกระตุ้นการเจริญเติบโตของพวกสาหร่ายเซลล์เดียวได้ อย่างการปล่อยน้ำเสียจากการทำเกษตรกรรมหรือน้ำจากการซักล้างด้วยผงซักฟอกลงในแหล่งน้ำต่าง ๆ เพราะน้ำเสียเหล่านี้อุดมไปด้วยฟอสฟอรัสกับไนโตรเจนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียว จึงทำให้สาหร่ายเจริญและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว

2.3.2 ผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง

ปรากฏการณ์นี้อาจเป็นอันตรายต่อปลาและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในทะเลจากการที่สาหร่ายเซลล์เดียวบางชนิดปล่อยสารพิษออกมาแต่นอกจากนั้น สาหร่ายที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีจำนวนหนาแน่นจะกั้นไม่ให้แสงอาทิตย์ส่องลงไปยังแหล่งน้ำได้ ท้าให้พืชที่อยู่ใต้น้ำตายเนื่องจากไม่สามารถรับแสงอาทิตย์เพื่อสังเคราะห์แสงและสร้างอาหาร ท้าให้สัตว์อื่นที่กินพืชตายตามไปด้วยเนื่องจากไม่มีแหล่งอาหาร อีกทั้งเมื่อสาหร่ายตายลง น้ำทะเลก็จะพัดพาสาหร่ายเหล่านี้เข้าสู่ชายฝั่งทะเล ซากสาหร่ายจะเกิดการเน่าเสีย ส่งผลให้น้ำทะเลมีลักษณะสีเขียว เหนียว มีกลิ่นคาว ขณะเดียวกันสาหร่ายที่ตายลง ต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ทำให้เกิดภาวะออกซิเจนในน้ำลดลงและค่าแอมโมเนียในน้ำสูง ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำซึ่งต้องอาศัยออกซิเจนในการดำรงชีวิตอีกด้วย จึงทำให้ปลาและสัตว์บริเวณตามชายฝั่งทะเลตายเป็นจำนวนมาก มีผลกระทบต่อการประมงชายฝั่ง เช่น การทำโป๊ะ อวนลาก อวนติดตา เกิดปัญหาจับสัตว์น้ำได้น้อยลงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เช่น ฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำ ซึ่งจะเกิดการขาดทุนเนื่องจากต้องซื้อน้ำจากบริเวณอื่นมาใช้ รวมทั้งการเลี้ยงปลาในกระชัง ซึ่งได้รับความเสียหายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ มีผลกระทบต่อการท่องเที่ยว เนื่องจากน้ำทะเลสกปรก ชายหาดมีความสกปรก มีกลิ่นเหม็น เกิดมลพิษทางอากาศ จึงท้าให้นักท่องเที่ยวลดลงผลกระทบต่าง ๆ ข้างต้น เป็นตัวบ่งชี้ได้ว่า หากเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง จะนำมาซึ่งความเสียหายหลายด้าน มีผลกระทบทุกภาคส่วนไม่ว่าจะเป็นธุรกิจหรือสิ่งแวดล้อม หากในอนาคตมีวิธีการแก้ไขหรือเตือนภัยทันท่วงที ก็จะลดความเสียหายในด้านต่าง ๆ ลงได้

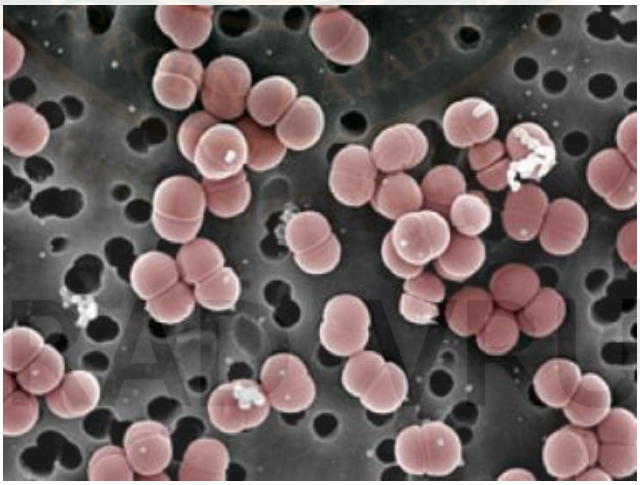
2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

2.4 การพัฒนาจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ปัจจุบันมีการพัฒนาจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบบำบัดน้ำเสีย โดยการพัฒนาและคัดเลือกจุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus* spp. *Pichia* spp. และ *Dekkera* spp. ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เป็นประโยชน์เพาะเลี้ยงให้อยู่ร่วมกัน แบบเกื้อกูลซึ่งกันและกันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลากหลาย และสามารถทำงานได้ในช่วงที่กว้างของสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.4.1 *Pediococcus* spp. เป็นสกุลของแบคทีเรียในวงศ์ Lactobacillaceae ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive bacteria) จัดอยู่ในกลุ่ม Lactic Acid Bacteria สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลแล็กโทส (lactose) เป็นกรดแล็กทิก (lactic acid fermentation) สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่เป็นกรดถึงเบส อยู่ในช่วง 4.5 ถึง 8.2 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถึง 42 องศาเซลเซียส สามารถใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ glucose-yeast extract-peptone ที่มีส่วนผสมของโซเดียมคลอไรด์ 4% พบในระบบทางเดินอาหาร ลำไส้ และอุจจาระของมนุษย์และสัตว์ ตัวอย่างแบคทีเรียในสกุล *Pediococcus* spp. (ภาพที่ 7) เช่น *P. cerevisiae* ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของเบียร์ เนื่องจากสาร diacetyl และทนต่อสาร antiseptics ของดอกฮอพ (hop) ซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ *P. acidilactici* ใช้ในการผลิต แบคทีริโอซิน (bacteriocin) เช่น นิซิน (nisin) ซึ่งใช้เป็นสารกันเสีย *P. pentosaceus* พบในการหมักอาหารจากธัญพืช กะหล่ำปลี และแตงกวา *P. halophilus* เจริญเติบโตระหว่างการผลิตซีอิ๊วและเนยแข็ง เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2019; Maria, Porto, MayumiKuniyoshi, Azevedo and Oliveira, 2017)

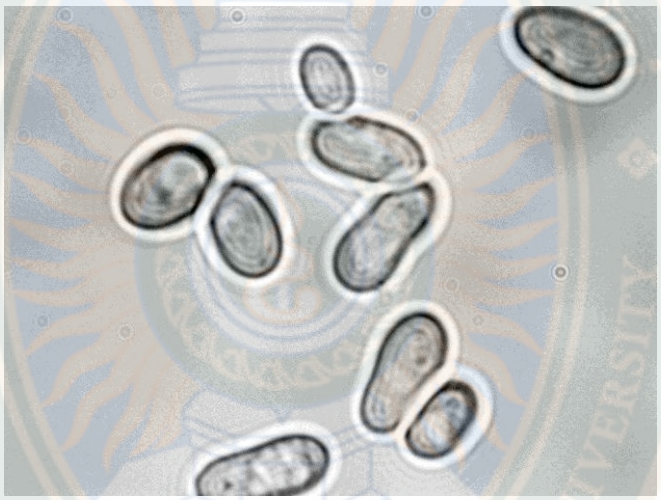


ภาพที่ 6 *Pediococcus* spp.

2.4.2 *Pichia* spp. เป็นยีสต์ที่ไม่ค่อยได้พบในธรรมชาติ มีหลายสายพันธุ์ (ภาพที่ 8) เช่น *P. anomala P. guilliermondii P. norvegensis* และ *P. ohmeri* เป็นต้น เริ่มแรกถูกแยกจาก

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

น้ำดองแตงกวาต่อมามีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการหมักดองผักและผลไม้ มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถผลิตสารโพลี่เปปไตท์ Killer Toxins : Yeast Antimicrobial Protiens ยีสต์ที่สามารถผลิต Killer Toxins ได้ในธรรมชาติพบเพียง 5 ชนิด จากยีสต์สองหมื่นกว่าชนิด นอกจากนั้นสาร Killer Toxins ไปทำปฏิกิริยาให้ Toxins ต่าง ๆ ที่ผลิตจากแบคทีเรียหรือเชื้อรา เช่น อะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ไมโครท็อกซิน (Mycotoxins) และเอ็กซ์โซท็อกซิน (Exotoxins) ให้หมดสภาพความเป็นพิษ (Denatured) (Department of Viticulture and Enology, 2018)



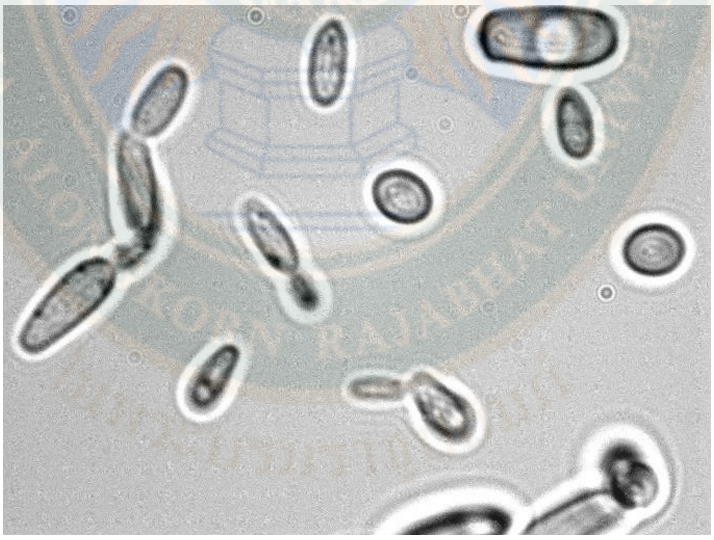
ภาพที่ 7 *Pichia* spp.
ที่มา : Department of Viticulture and Enology (2018)

2.4.3 *Dekkera* spp. เป็นยีสต์ที่มีคุณสมบัติย่อยแป้งและน้ำตาลให้เปลี่ยนรูปเป็นกรดน้ำส้มสายชู (อะซิติก) และยังผลิตเอ็นไซม์ที่สำคัญหลายชนิดเช่น เซลลูเลส (Cellulase) เพคติเนส (Pestinase) อะมัยเลส (Amylase), เฮมิเซลลูเลส (Hemicellulase) ไซลาเนส (Xylanase) ซูเลส (Sucrase) เป็นต้น ตัวอย่างยีสต์ในสกุลนี้ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น *Dekkera anomala* (ภาพที่ 8) และ *Dekkera bruxellensis* (ภาพที่ 9) ที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตเบียร์และไวน์

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ภาพที่ 8 *Dekkera anomala*

ที่มา : Department of Viticulture and Enology, (2018)



ภาพที่ 9 *Dekkera bruxellensis*

ที่มา : Department of Viticulture and Enology (2018)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ (2557) ศึกษาผลกระทบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเกิดยูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำและการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นสารที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น เกษตร ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ที่

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

สามารถปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดปัญหาที่สำคัญคือ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และปัญหานี้ยังส่งผลต่อการเกิดสารพิษจากแพลงก์ตอนบลูม เช่น microcystins, anatoxin-a และ homoanatoxin-a ซึ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ดังนั้นในการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้อยู่ระดับต่ำ อาจช่วยให้ลดปัญหาการเกิดยูโทรฟิเคชั่นและสามารถนำน้ำกลับมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา และจารุมาศ เมฆสัมพันธ์ ศึกษาอิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง และฤดูฝน โดยเก็บข้อมูลปัจจัยคุณภาพน้ำดังนี้ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ คลอโรฟิลล์เอ แอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท ซิลิเกต และออโธฟอตเฟต ผลการศึกษาพบว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของยูโทรฟิเคชั่นในพื้นที่อ่าวตราด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารอนินทรีย์ละลายน้ำในกลุ่มของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยในช่วงฤดูฝนสารอนินทรีย์ไนโตรเจนมีค่าสูงมากเกินระดับยูโทรฟิเคชั่น ซึ่งทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงจนเข้าสู่สภาวะ Hypertrophic และถ้ามีการเพิ่มฟอสฟอรัสลงแหล่งน้ำจากกิจกรรมต่าง ๆ จะทำให้อ่าวตราดเข้าสู่สภาวะเสื่อมโทรมได้ในอนาคต

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ ลลิตา ข่วงบุญ และศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร (2560) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคุณภาพน้ำในแม่น้ำอิงตอนล่างและลำน้ำสาขา โดยมีการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนตุลาคม 2559 เก็บตัวอย่างในแม่น้ำอิงตอนล่างจำนวน 10 สถานี และลำห้วยสาขาจำนวน 10 สถานี ผลจากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอมีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอและปัจจัยทางคุณภาพน้ำ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอและความเป็นกรดด่างเป็นความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Piranti, Widowo & Rahayu (2021) ทำการประเมินความเข้มข้นของสารอาหารและตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารอาหารกับชีวมวลของสาหร่าย โดยการสุ่มตัวอย่างระยะเวลา 1 เดือน ใน 7 พื้นที่ จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในทะเลสาบมีการกระจายเชิงพื้นที่และเพิ่มขึ้นในเชิงเวลา ซึ่งธาตุอาหารหลักจะเป็นปัจจัยที่กำหนดปริมาณสาหร่ายสะพรั่งในทะเลสาบ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การจัดการน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) และแสดงผลด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และเชิงอนุมาน (Inferential statistics) โดยมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ บึงแก่นนคร เป็นบึงขนาดใหญ่ มีเนื้อที่ 603 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครขอนแก่น เดิมว่า บึงบอน เป็นบึงขนาดใหญ่ รูปวงรี มีถนนรอบบึงอยู่ชั้นนอก ทางเท้าและที่พักผ่อนอยู่ริมบึงด้านใน ชาวเมืองมักมาออกกำลังกาย และพักผ่อนในสวนสาธารณะบริเวณนี้ ในปัจจุบันบึงแก่นนครเป็นพื้นที่รับน้ำทิ้งจากครัวเรือนที่มาจากเทศบาลเมืองเก่าจังหวัดขอนแก่น และเกิดปัญหากลิ่นเหม็นในช่วงต้นฤดูฝนเป็นประจำ เนื่องจากการเกิดสาหร่ายสะพรั่งของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จากการเกิดปัญหาปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เกิดขึ้นจำนวนมาก ทำให้น้ำเน่าเสียและเกิดกลิ่นเหม็นในบึงแก่นนคร ปลาในบึงตายเป็นจำนวนมาก เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนฟุ้งกระจายไปทั่วบริเวณทั้งที่บริเวณนี้เป็นแหล่งพักผ่อนของประชาชนในเมืองขอนแก่นและนักท่องเที่ยว

ภาพที่ 10 การเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งบริเวณขอบบึงแก่นนคร

กำหนดจุดศึกษา จำนวน 10 จุด (S1 – S10) รอบบึงแก่นนคร ได้แก่ ตลาดริมบึง (S1) ประตูรับน้ำเสีย (S2) ศาลเจ้าพ่อมเหศักดิ์ (S3) หน้าวัดกลาง (S4) จุดเริ่มต้นสะพานใหม่ (S5) ประตูระบายน้ำถนนรอบบึง (S6) ประตูระบายน้ำเสียหมู่บ้านชลพฤกษ์เลควิลล์ (S7) สวนไหหิน (S8) เจ้าแม่กวนอิม (S9) และบริเวณ อพปร. (S10) เพื่อจุดดังกล่าวเป็นสถานีเติมจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ และเก็บตัวอย่างน้ำ สำหรับตรวจวัดค่าคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยมีประตูระบายน้ำทิ้งรอบบึงแก่นนคร แสดงดังภาพที่ 11 – 13

ภาพที่ 11 ประตูระบายน้ำทิ้งและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 10 จุด (S1 – S10) รอบบึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ภาพที่ 12 พื้นที่รับน้ำเข้าบึงแก่นนครที่ควรตั้งสถานีผสมจุลินทรีย์

(ก) ท่อระบายน้ำ 1

(ข) ท่อระบายน้ำเสีย 3

(ค) และ (ง) บริเวณประตูระบายน้ำเสีย (ประตู 6)

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

ภาพที่ 12 (ต่อ)

(จ) และ (ฉ) ท่อระบายน้ำ 2

(ช) และ (ซ) พื้นที่พักน้ำเสียก่อนเข้าบึง

(ฌ) และ (ญ) ประตูรับน้ำเสียเข้าบึง

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ภาพที่ 13 พื้นที่รับน้ำเข้าบึงแก่นนครที่ควรตั้งสถานีผสมจุลินทรีย์
(ฎ) รางระบายน้ำถนนรอบบึง
(ฎ) ประตูระบายน้ำถนนรอบบึง
(ฐ) ประตูรับน้ำเสียหมู่บ้านชลพฤกษ์เลควิลล์
(ฑ) ท่อระบายน้ำจากหมู่บ้านชลพฤกษ์เลควิลล์

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ภาพที่ 13 (ต่อ)

(ฒ) บริเวณรับน้ำจากถนนรอบบึง

(ณ) ท่อระบายน้ำเสีย 4

(ด) ประตูรับน้ำเสียเข้าบึง

(ต) ท่อระบายน้ำ 5

3.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคลอโรฟิลล์เอในน้ำ

3.2.1 สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO: mg/L) ค่าไนไตรท์ (NO^-_2: mg/L) ไนเตรต (NO^-_3: mg/L) ออโธฟอตเฟต (OPO_4-P: mg/L)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO: mg/L) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter และ DO meter รุ่น DIGICON WA-48SD วิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง

- ค่าไนไตรท์ (NO^-_2: mg/L) ไนเตรต (NO^-_3: mg/L) วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Cadmium reduction method เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

- ออโธฟอตเฟต (OPO_4-P: mg/L) วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Ascorbic method เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.2.2 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature:˚C) และการนำไฟฟ้า (Conductivity: µS/cm) ความโปร่งแสง (Transparency: cm) ของแข็งแขวนลอย (Suspended solid)

- อุณหภูมิ (Temperature:˚C) และการนำไฟฟ้า (Conductivity: µS/cm) วิเคราะห์โดยใช้ Conductivity meter รุ่น DIGICON WA-48SD วิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง

- ความโปร่งแสง (Transparency: cm) วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Secchi disc plate วิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง

- ของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเผาที่อุณหภูมิสูง 550 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.2.3 สมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอในน้ำ (Chlorophyll a)

คลอโรฟิลล์เอในน้ำ (Chlorophyll a) วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Spectrophotometric method เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป กำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีรายละเอียดดังนี้

วิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางชีวภาพในแหล่งน้ำที่พบสาหร่ายสะพรั่ง ก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus spp. Pichia spp.* และ *Dekkera spp*.โดยใช้ One-way ANOVA

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

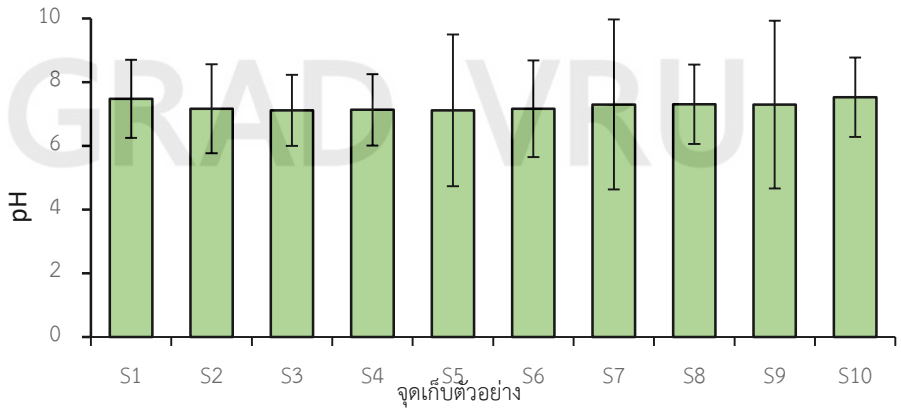
การศึกษาเรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องของสมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางชีวภาพ ของบึงแก่นนคร เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้จุลินทรีย์ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางเคมีในแหล่งน้ำ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางเคมีในแหล่งน้ำที่พบสาหร่ายสะพรั่ง ก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ 3 สกุล ได้แก่ *Pediococcus spp. Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ค่าไนไตรท์ (NO^-_2) ไนเตรต (NO^-_3) ออโธฟอตเฟต (OPO_4-P) มีผลการวิเคราะห์โดยแบ่งตามสมบัติทางเคมี ดังนี้

4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ถึง ประเภทที่ 4 (ครอบคลุมกิจกรรมการใช้ประโยชน์ เช่น การอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอุตสาหกรรม เป็นต้น) ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 นั้น อยู่ในช่วง 5.5 - 9.0 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554)

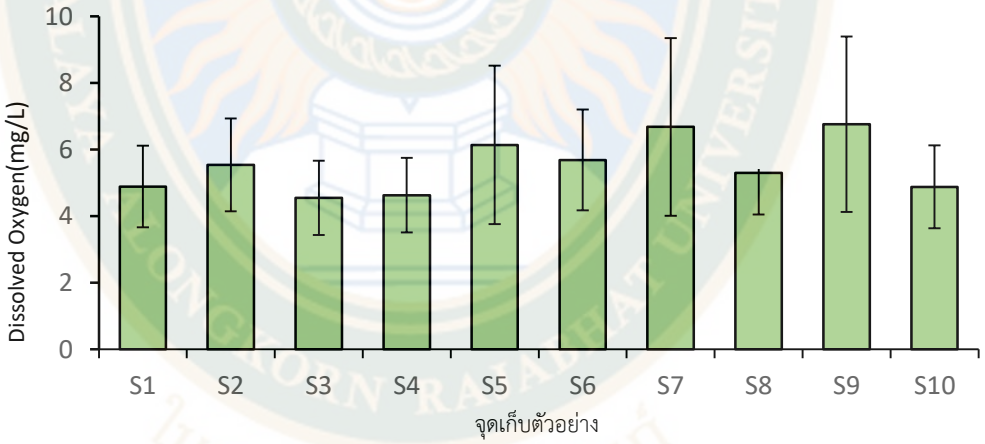


ภาพที่ 14 แผนภูมิค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่าง

เมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้ตรวจวัดในบึงแก่นนคร ทั้งหมด 10 จุด ซึ่งเป็นจุดที่รับน้ำจากกิจกรรมประเภทต่าง ๆ ตลาดริมบึงแก่นนคร วัด ศาลเจ้า และเป็นจุดปล่อยจุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำเสียในบึงแก่นนคร พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการตรวจติดตามคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.5 – 7.9 (ภาพที่ 14) ซึ่งในแต่ละสถานีนั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05)

4.1.2 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำ ทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ จากการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในบึงแก่นนครทั้งหมด 10 จุด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.5 ± 0.2 ถึง 10.8 ± 0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 15) ซึ่งในสถานีตรวจวัด น้ำที่ 7 และ 9 มีค่าออกซิเจนละลายสูงกว่าค่าออกซิเจนละลายในสถานีวัดน้ำอื่น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05)



ภาพที่ 15 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

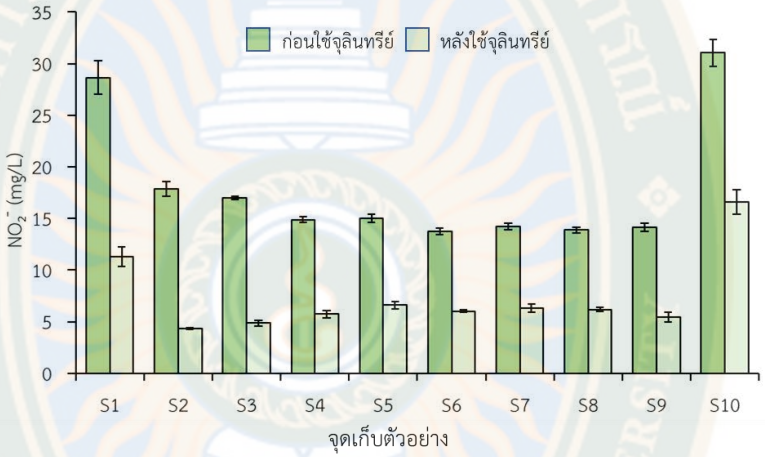
4.1.3 ค่าไนไตรท์ (NO^-_2) ไนเตรต (NO^-_3)

ไนไตรท์ (NO^-_2) ไนเตรต (NO^-_3) เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มาจากแหล่งกำเนิด 2 ประเภท คือ แหล่งธรรมชาติ เกิดจากการย่อยสลายของพืช สัตว์ ของเสียจากสัตว์ แต่พบในปริมาณน้อย ในส่วนที่พบมากนั้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กิจกรรมทางการเกษตร การกำจัดน้ำเสีย การออกซิเดชั่นของของเสียจากมนุษย์และสัตว์ รวมถึงจากบ่อเกราะ เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณสารอาหารมากเกินไป จะนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์สะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช (Plankton bloom) แพลงก์ตอนพืชที่เป็นอันตราย (Harmful algae bloom: HAB) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

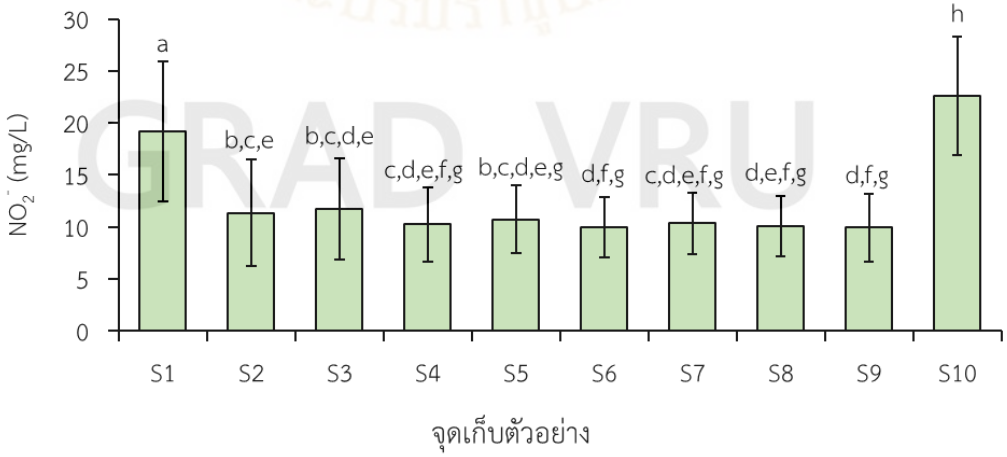
ซึ่งเหล่านี้เป็นการปรับสมดุลที่มีปริมาณสารอาหารมากเกินไป ทำให้ส่งผลเสียต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (ภัทราวุธ และจารุมาศ, 2564) ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ (NO^-_2) ไนเตรต (NO^-_3) ของน้ำในบึงแก่นนคร มีดังนี้

4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์ไนไตรท์ (NO_2^-) ในบึงแก่นนครพบว่าค่าไนไตรท์ก่อนและหลังการเติมจุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำเสียในบึงแก่นนคร โดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $f_{(1,58)} = 66.01$; $P < 0.05$ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

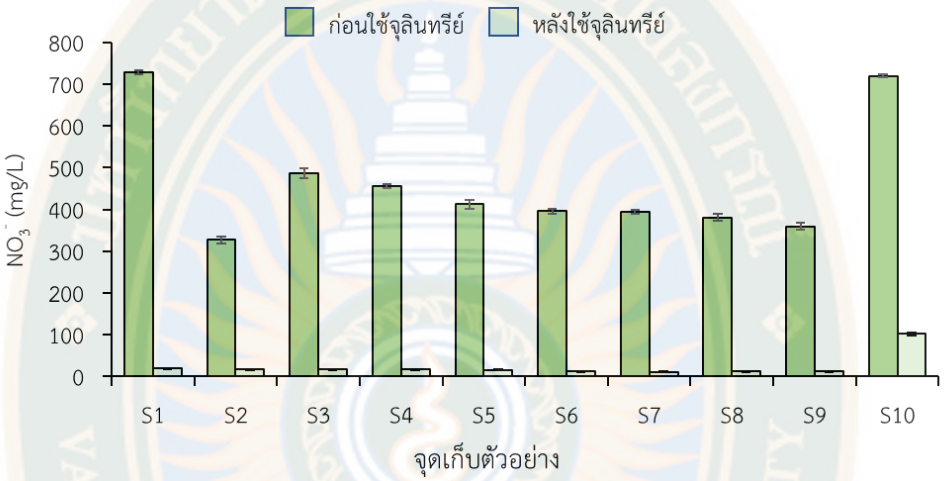
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณ NO_2^- เฉลี่ย 19.23 ± 6.71 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 22.60 ± 5.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ในบึงแก่นนคร

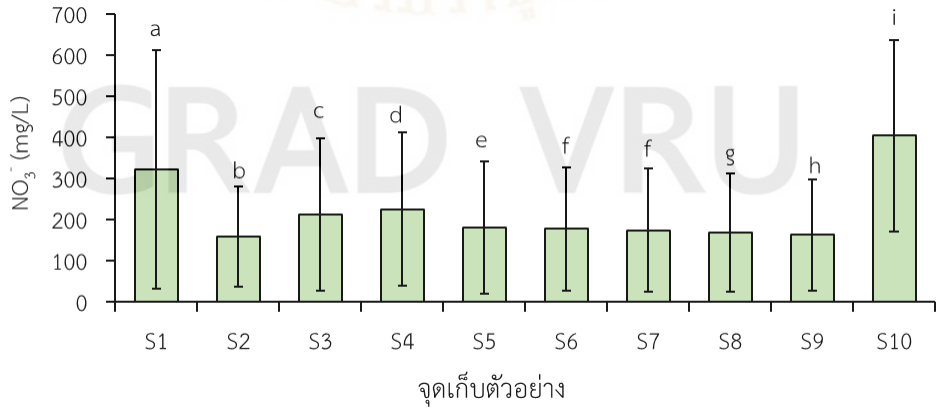
2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.1.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรต (NO_3^-) ในบึงแก่นนครก่อนและหลังการเติมจุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำเสียในบึงแก่นนคร พบว่า โดยรวมค่าไนเตรตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($f_{(1,58)}$ = 296.2 ; P < 0.05) (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณไนไตรท์ (NO_3^-) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรต (NO_3^-) แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าส่วนใหญ่แต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรต (NO_3^-) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (ตลาดริมบึง) และ 10 (งาน อปพร.) มีปริมาณไนเตรต (NO_3^-) สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยอยู่ที่ 321.3 ± 289.86 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 403.8 ± 232.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ (NO_3^-) ในบึงแก่นนคร

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

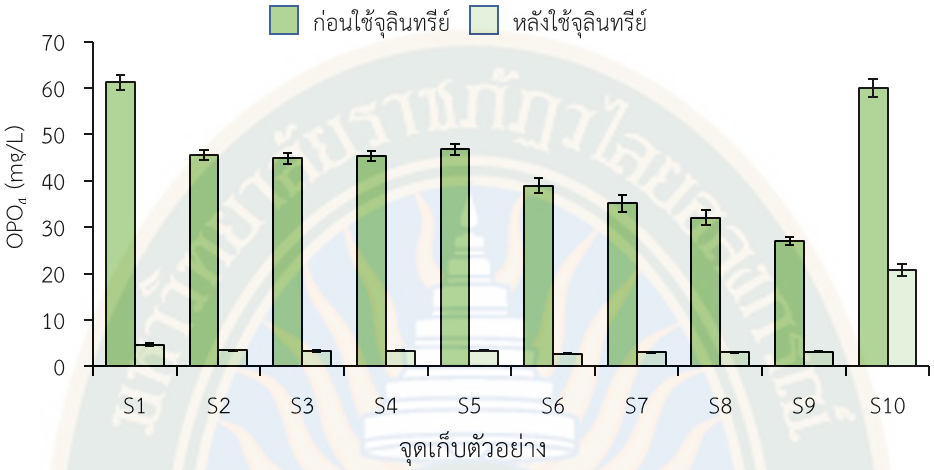
ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) ในบึงแก่นนครเป็นไปทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (ตลาดริมบึง) และ 10 (งาน อปพร.) มีปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) สูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ซึ่งทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน และเป็นจุดประตูระบายน้ำเสียจากชุมชนเข้าบึงแก่นนคร ประกอบกับเป็นจุดที่ไม่มีการหมุนเวียนของอากาศและน้ำ ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก ทั้งยังมีการประโยชน์พื้นที่รอบบึงสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ คือ เป็นที่ตั้งของตลาดริมบึงอีกด้วย

โดยทั่วไปแล้วไนไตรท์ (NO_2^-) จะไม่สะสมในแหล่งน้ำ เพราะไนไตรท์จะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท (NO_3^-) อย่างรวดเร็ว แต่หากมีสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้การสลายของไนไตรท์ (NO_2^-) ลดลง จึงเกิดการสะสมของไนไตรท์ (NO_2^-) ในแหล่งน้ำ ซึ่งพบมากในแหล่งน้ำที่รับน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสัตว์น้ำหนาแน่น ปกติแล้วแหล่งน้ำทั่วไปพบไนไตรท์ในความเข้มข้นต่ำเฉลี่ยน้อยกว่า 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ของน้ำในบึงแก่นนคร โดยรวมแล้วมีค่าสูงเกินกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติ แสดงว่า น้ำเสียที่ปล่อยเข้าสู่บึงแก่นนครอาจเกิดจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรืออีกนัยหนึ่งคือบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 (ตลาดริมบึง) และ 10 (งาน อปพร.) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์พื้นที่รอบบึงสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ คือ เป็นตลาดนัดรวมถึงจุดให้อาหารปลา ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีปลาอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ทำให้มีปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) สูงกว่าบริเวณอื่น ๆ นอกจากนี้ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรต (NO_3^-) ของน้ำในบึงแก่นนครก่อนการใช้จุลินทรีย์แต่ละจุดที่พบไนเตรต (NO_3^-) ปริมาณสูงมาก แสดงให้เห็นว่าน้ำในบึงแก่นนครเป็นน้ำเสียจากชุมชนที่สะสมไว้เป็นเวลานาน แต่ภายหลังที่ใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครปริมาณไนเตรต (NO_3^-) ลดลงจนเกือบเข้าสู่สภาวะปกติตามเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 – 4 ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554)

4.1.4 ออโธฟอตเฟต (OPO_4-P)

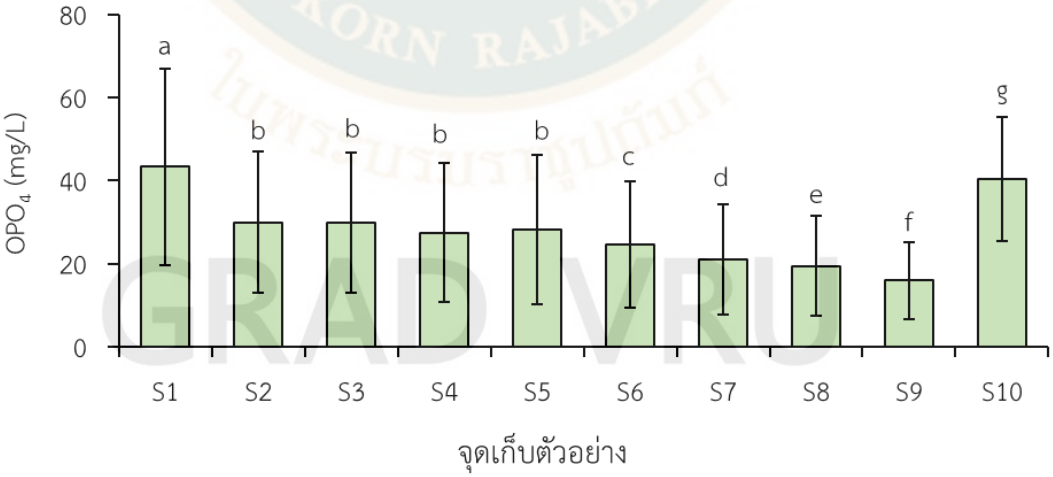
ผลการวิเคราะห์ปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ของน้ำในบึงแก่นนครพบว่าโดยรวมแล้วปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) หลังการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($f_{(1,58)} = 310.5$; $P < 0.05$) (ภาพที่ 20)

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23



ภาพที่ 20 แผนภูมิเปรียบเทียบออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 6 7 8 9 และ 10 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (ตลาดริมบึง) และ 10 (งาน อปพร.) มีปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) เฉลี่ยอยู่ที่ 43.34 ± 23.64 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 40.38 ± 14.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 แผนภูมิค่าเฉลี่ยปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ในบึงแก่นนคร

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ฟอสฟอรัส (P) เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตเช่นเดียวกับไนโตรเจน หากน้ำผิวดินมีค่าฟอสฟอรัสสูงจะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก น้ำทิ้งชุมชนทั่วไปจะมีค่าฟอสฟอรัสประมาณ 2 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2552) ซึ่งจากภาพที่ 21 ปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ก่อนใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครมีค่าเกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง แต่ภายหลังจากใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครแล้ว ปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ส่วนใหญ่ลดลงเหลือไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าจุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาใช้สามารถลดปริมาณออโธฟอตเฟต (OPO_4^-P) ในบึงแก่นนครได้

4.1.5 การวิเคราะห์อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส

เนื่องจากในการสร้างชีวมวลของสาหร่ายจะใช้ไนโตรเจนในรูปไนเตรต (NO_3^-) และปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของออโธฟอสเฟต จึงมีการพิจารณาในส่วนไนเตรต ถือเป็นตัวแทนของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เพื่อคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ (R) ถ้าค่า $R > 10$ แสดงว่าแหล่งน้ำมีปริมาณไนโตรเจนมาก และฟอสฟอรัสเป็นตัวจำกัดการเกิดสาหร่ายสะพรั่ง ถ้าค่า $R < 5$ แสดงว่าแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างมาก และไนโตรเจนเป็นตัวจำกัดการเกิดสาหร่ายสะพรั่ง ซึ่งจากการวิเคราะห์อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในบึงแก่นนคร มีผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในบึงแก่นนคร

ก่อนใช้จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ (มก./ลิตร)	**หลังใช้จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ (มก./ลิตร)**
R = 11.155	R = 6.275

จากผลการวิจัยพบว่าการนำจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์มาใช้ประโยชน์นั้น สามารถช่วยลดปัจจัยการเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งได้

4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพในแหล่งน้ำ

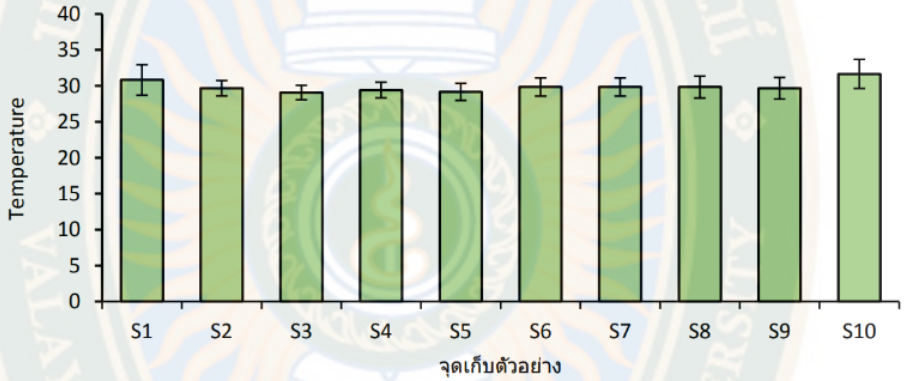
การวิเคราะห์ความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำในบึงแก่นนคร ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature: ˚C) การนำไฟฟ้า (Conductivity: µS/cm) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) และค่าความโปร่งแสง (Transparency: cm) ก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

4.2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิซึ่งถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นพารามิเตอร์ทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของพืชน้ำ และจุลินทรีย์ อุณหภูมิแหล่งน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งอุณหภูมิแหล่งน้ำจะมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศ 1-2 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับฤดูกาล ความลึก รวมถึงปริมาณสารแขวนลอย (วิภาวรรณ อินต๊ะสาร, 2563) และสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำนั้น ๆ



ภาพที่ 22 แผนภูมิค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในบึงแก่นนคร

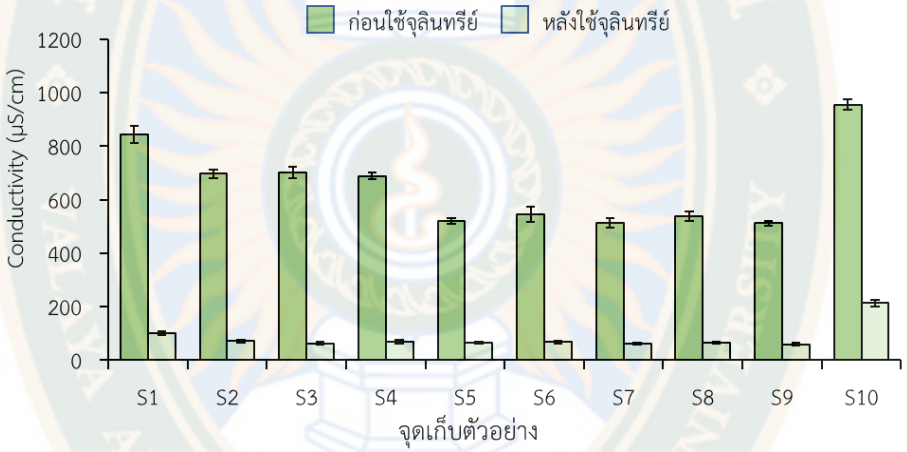
ซึ่งจากการวิจัยของบุสยา (2559) เรื่องการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทะเล พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิของน้ำ คือจะพบมากในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิของน้ำค่าเฉลี่ยประมาณ 31 องศาเซลเซียส จากการตรวจวัดในแหล่งน้ำทั้ง 10 จุด พบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28 – 35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 22) โดยในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) ซึ่งค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในบึงแก่นนครนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บุสยา, 2559) เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สามารถพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

4.2.2 การนำไฟฟ้า (Conductivity)

การนำไฟฟ้า (Conductivity) เป็นค่าที่แสดงถึงสารประกอบอนินทรีย์แขวนลอยในบึงแก่นนคร เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียมแมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม ซึ่งในพื้นที่บึงแก่นนครเป็นพื้นที่รับน้ำจากชุมชนบริเวณพื้นที่โดยรอบ ที่มีกิจกรรมจากสถานที่หลายประเภท เช่น ตลาด หมู่บ้าน วัด เป็นต้น ซึ่งสถานที่ต่าง ๆ เหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ปล่อยน้ำใช้จากกิจกรรมต่าง ๆ ลงในบึงแก่นนคร

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

จากการตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าโดยรวม พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($f_{(1,58)}$ = 392.4 ; P < 0.05) โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าก่อนการใช้จุลินทรีย์อยู่ที่ 845 ± 32 µS/cm และ 955 ± 20 µS/cm ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างจุดอื่นอย่างเห็นได้ชัด แต่ภายหลัง เมื่อใช้จุลินทรีย์และทำการตรวจวัดอีกครั้งพบว่าทุกจุดตรวจวัดมีค่าการนำไฟฟ้าลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ10 ที่ค่าการนำไฟฟ้าลดลงเหลือเพียง 102 ± 7 µS/cm และ 213 ± 12 µS/cm ตามลำดับ (ภาพที่ 23)

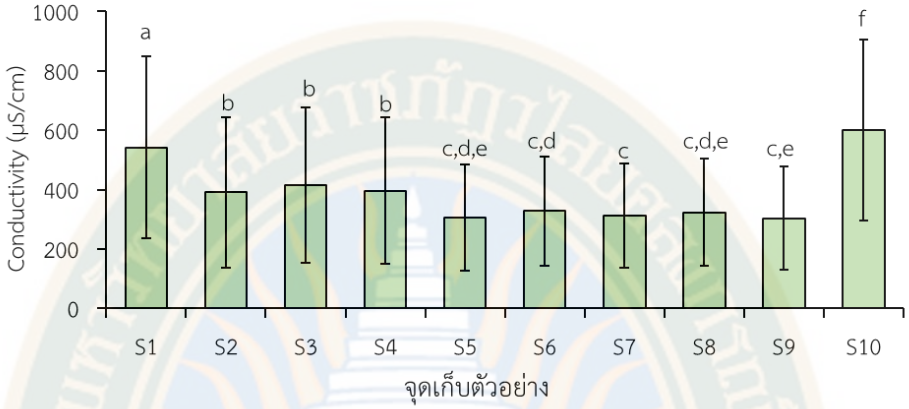


ภาพที่ 23 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำในบึงแก่นนคร พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าสูงกว่าจุดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ภาพที่ 24) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน (ไนไตรท์และไนเตรต) และฟอสฟอรัส (ออโธฟอสเฟส) ที่ตรวจพบปริมาณมากที่สุดในจุดที่ 1 และ 10 เช่นเดียวกัน

GRAD VRU

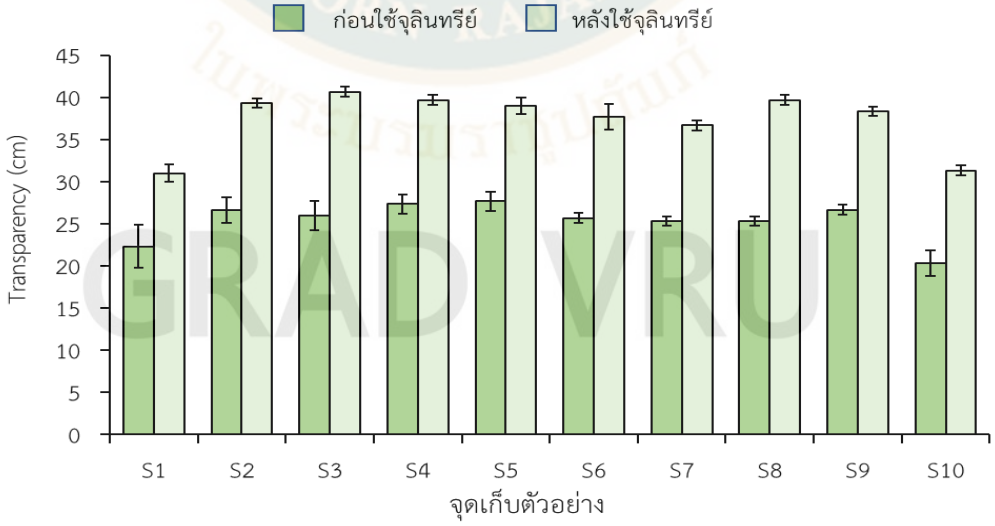
2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23



ภาพที่ 24 แผนภูมิค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (Conductivity) ในบึงแก่นนคร

4.2.3 ความโปร่งแสง (Transparency)

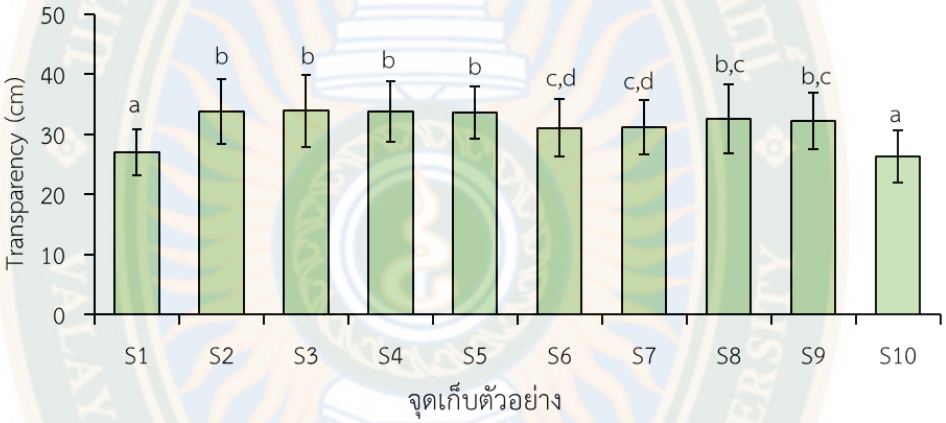
ความโปร่งแสง (Transparency) เป็นค่าที่แสดงถึงการส่องผ่านของแสงลงสู่น้ำ ซึ่งแสงมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงตอนพืช จากการตรวจสอบค่าความโปร่งแสงของน้ำในบึงแก่นนครโดยรวมพบว่า หลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครค่าความโปร่งแสงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($f_{(1,58)}$ = 245.0; P < 0.05) โดยจากการตรวจวัดค่าความโปร่งแสงของบึงแก่นนคร พบว่าช่วงก่อนการฉีดพ่นจุลินทรีย์ในบึงแก่นนครมีค่าความโปร่งแสงน้อย โดยมีค่าระหว่าง 20 – 28 เซนติเมตร และหลังจากการฉีดพ่นจุลินทรีย์พบว่า มีค่าความโปร่งแสงมากขึ้น โดยมีค่าระหว่าง 31 – 41 เซนติเมตร (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความโปร่งแสง (Transparency) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลรวมความโปร่งแสงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีค่าเฉลี่ยผลรวมความโปร่งแสงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ (ภาพที่ 26) ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 เป็นจุดที่มีของแข็งแขวนลอยหรือความขุ่นของน้ำในบึงแก่นนครมากที่สุด ทำให้การส่องผ่านของแสงและออกซิเจนน้อยที่สุด



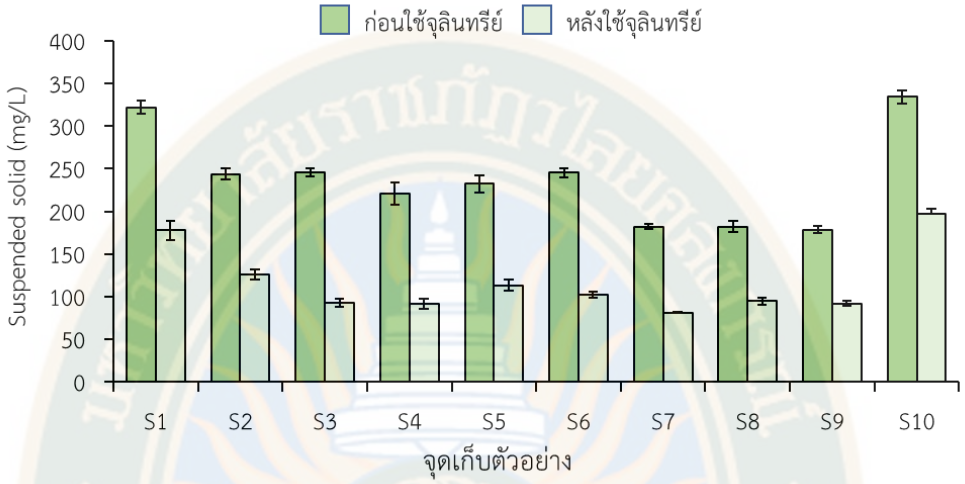
ภาพที่ 26 แผนภูมิค่าเฉลี่ยผลรวมความโปร่งแสงของน้ำในบึงแก่นนคร

4.2.4 ของแข็งแขวนลอย (Suspended solid)

ของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) มีลักษณะเป็นตะกอนที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ และเป็นค่าที่มีส่วนทำให้น้ำมีความขุ่น ซึ่งจากการตรวจวัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในบึงแก่นนคร พบว่าโดยรวมแล้วหลังการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ตะกอนแขวนลอยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($f_{(1,58)} = 104.4$; $P < 0.05$) (ภาพที่ 27)

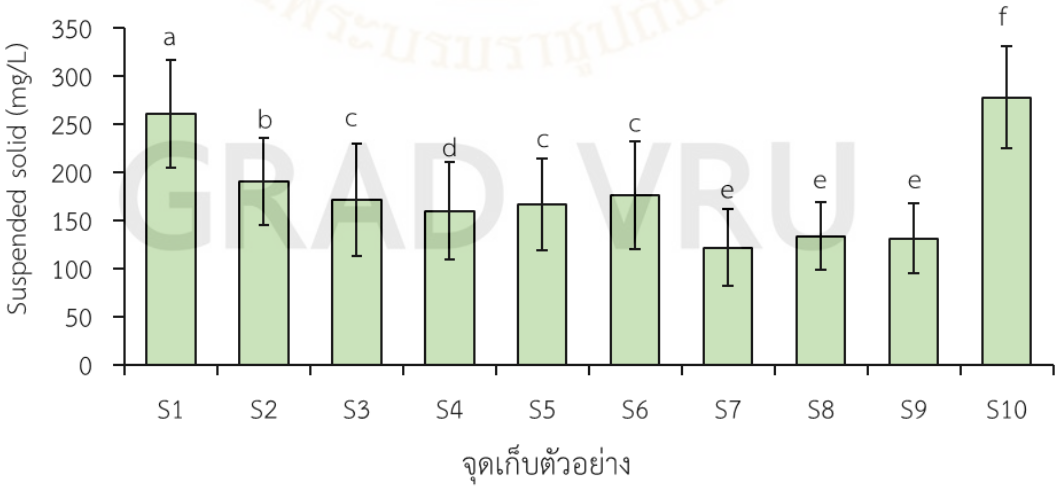
2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU



ภาพที่ 27 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยผลรวมปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำในบึงแก่นนครแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 260 ± 55.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 277 ± 53.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 28) ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำในบึงแก่นนครที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีความสัมพันธ์กับค่าความโปร่งแสง และค่าการนำไฟฟ้า กล่าวคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเป็นจำนวนมากส่งผลให้พบค่าการนำไฟฟ้าสูงและค่าความโปร่งแสงต่ำ เนื่องจากบริเวณนี้เป็นจุดหลักในการปล่อยน้ำทิ้งชุมชนเข้าสู่บึงแก่นนคร



ภาพที่ 28 แผนภูมิค่าเฉลี่ยผลรวมปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำในบึงแก่นนคร

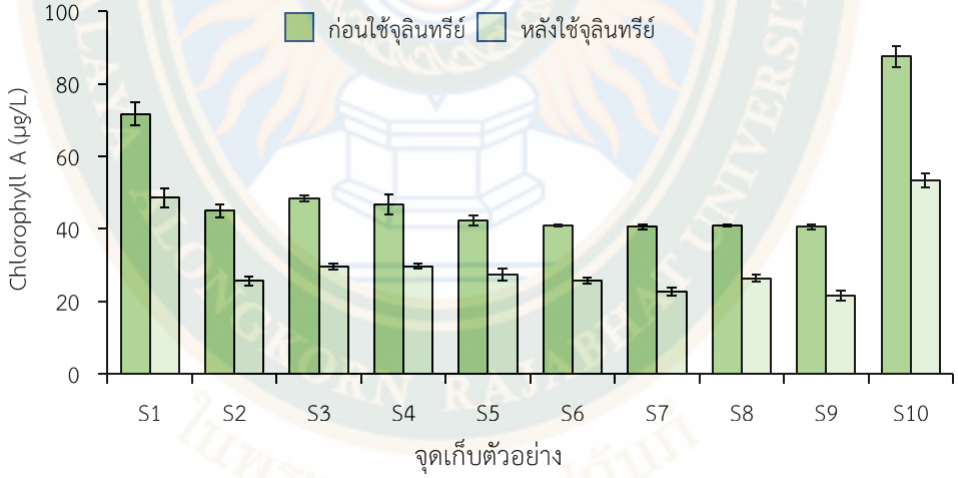
2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางชีวภาพในแหล่งน้ำ

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติทางชีวภาพในบึงแก่นนคร ประกอบด้วยปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ และการจับตัวและการฟุ้งกระจายของสาหร่ายและพืชน้ำด้วยการเปรียบเทียบสีของน้ำก่อนและหลังการใช้จุลินทรีย์ ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.3.1 คอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A)

คลอโรฟิลล์ เอคลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียว ซึ่งเป็นสารสำคัญในการสังเคราะห์แสง โดยชนิดของคลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายทุกชนิดคือ คลอโรฟิลล์ เอ จึงเป็นพารามิเตอร์หนึ่งซึ่งมักจะนำมาใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์และจำแนกประเภทของแหล่งน้ำ (Niles et al., 1996 อ้างโดย กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ ลลิตา ข่วงบุญ และศิริลักษณ์ วลัญช์เพีย, 2560) ซึ่งผลการวิเคราะห์น้ำในบึงแก่นนคร พบว่า หลังจากที่มีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ในบึงแก่นนครแล้ว ปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($f_{(1,58)}$ = 31.9; P < 0.05) (ภาพที่ 29)



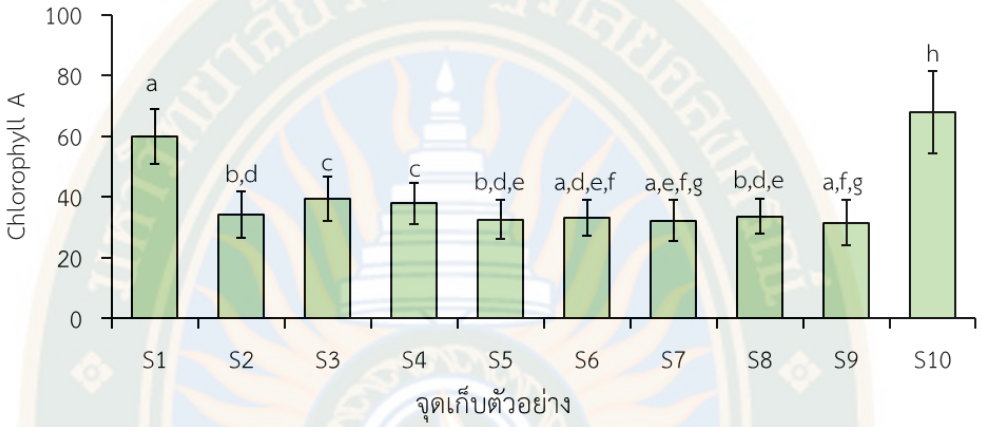
ภาพที่ 29 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A) ก่อนและหลังใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยผลรวมของปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในบึงแก่นนคร พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 60.0 ± 8.98 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 67.8 ± 13.6 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 30) ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณคอลโรฟิลล์ เอที่ได้นั้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน (ไนไตรท์และไนเตรต) และฟอสฟอรัส

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

(ออโธฟอสเฟต) ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวพบปริมาณคอลโรฟิลล์เอสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ



ภาพที่ 30 แผนภูมิค่าเฉลี่ยผลรวมปริมาณคอลโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A) ของน้ำในบึงแก่นนคร

4.3.2 สีของน้ำ

ผลการเปรียบเทียบสีของน้ำตัวอย่าง ภายหลังจากที่พ่นจุลินทรีย์แล้ว จึงทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตามจุดที่กำหนดไว้ทั้ง 10 จุด (S1 – S10) เพื่อวิเคราะห์การจับตัวและการฟุ้งกระจายของสาหร่ายและพืชน้ำ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์ ครั้งที่ 2 หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน ครั้งที่ 3 หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน และครั้งที่ 4 หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.3.2.1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณตลาดริมบึงแก่นนคร (S1) พบว่า หลังจากการฉีดพ่นจุลินทรีย์น้ำตัวอย่างมีปริมาณสาหร่ายและพืชน้ำลดลง ดังภาพที่ 31

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

ภาพที่ 31 น้ำตัวอย่างบริเวณตลาดริมบึงแก่นนคร (S1)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

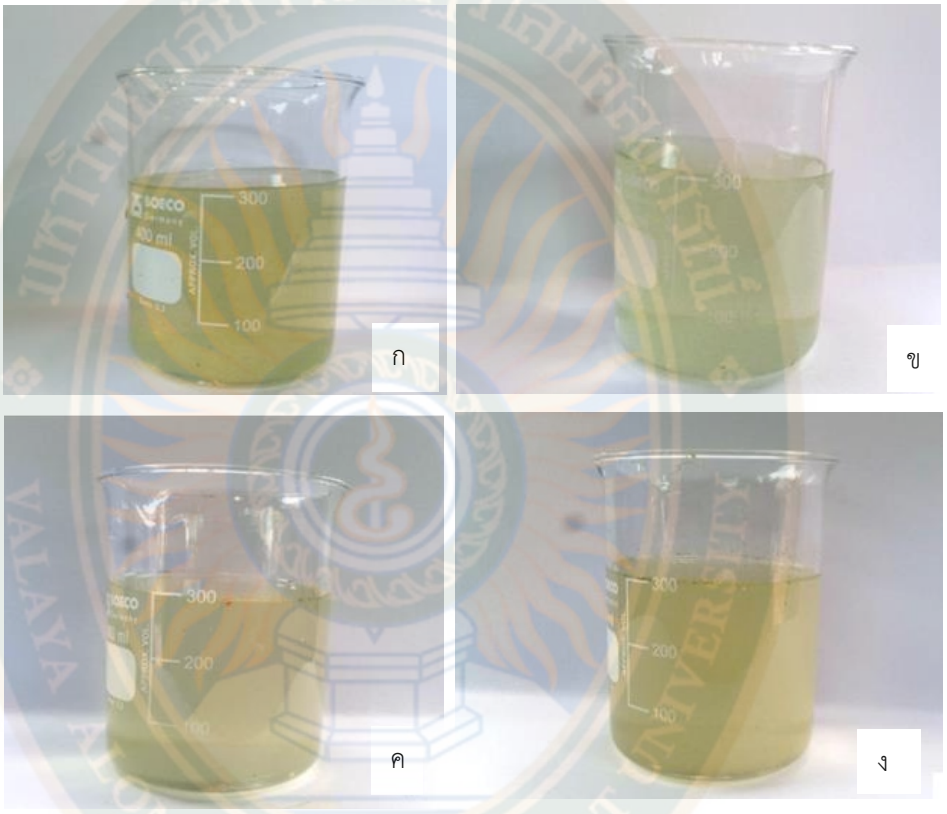
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

4.3.2.2 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณประตูรับน้ำ (ประตู 6) (S2) พบว่า หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์วันที่ 2 สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีเขียวที่จางลง ภาพที่ 32



ภาพที่ 32 น้ำตัวอย่างจากบริเวณประตูรับน้ำ (ประตู 6) (S2)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

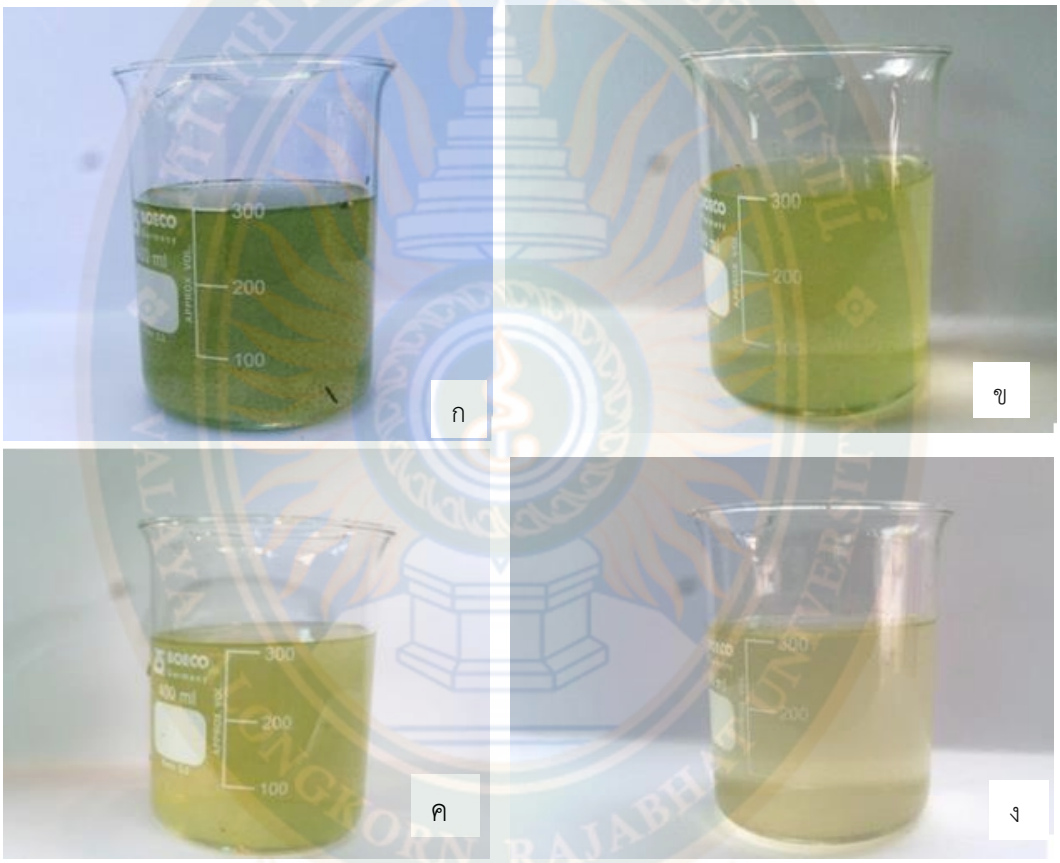
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

4.3.2.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณหน้าศาลเจ้าพ่อมเหศักดิ์ (S3) พบว่า หลังการฉีดพ่นจุลินทรีย์น้ำตัวอย่างมีปริมาณสาหร่ายและพืชน้ำลดลง น้ำเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีตามลักษณะน้ำปกติ จากการดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 น้ำตัวอย่างบริเวณหน้าศาลเจ้าพ่อมเหศักดิ์ (S3)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

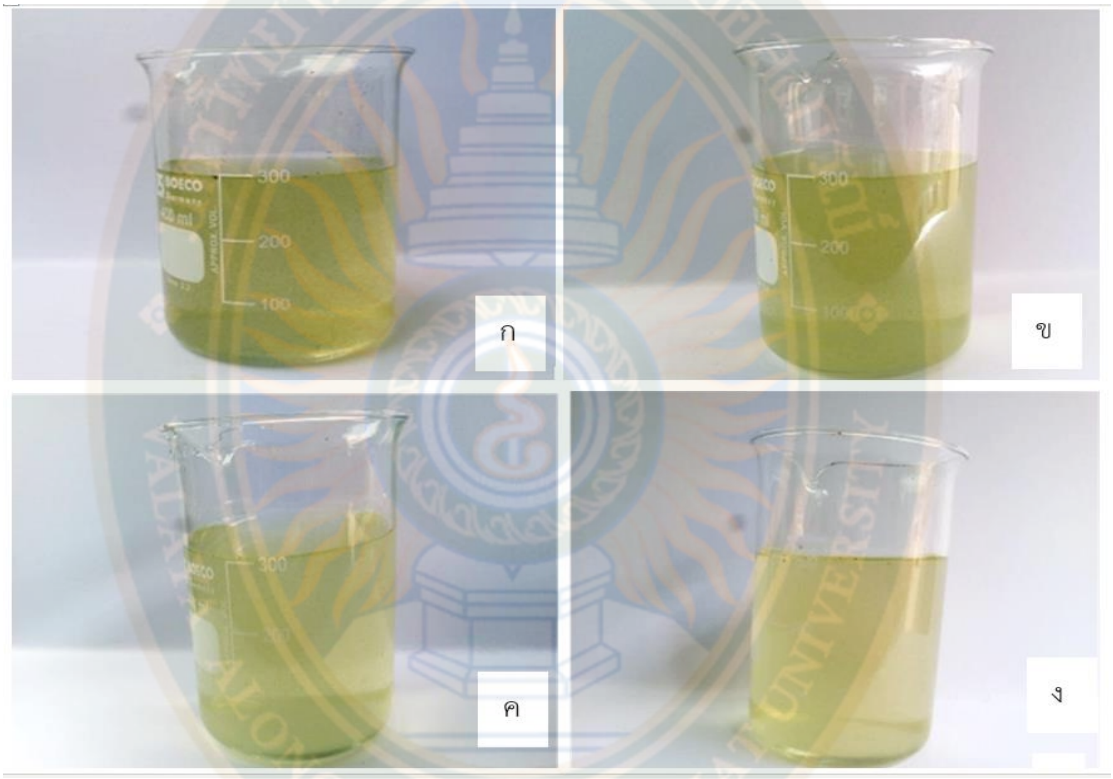
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.3.2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณหน้าวัดกลาง (S4) พบว่า หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์วันที่ 2 น้ำเริ่มใสขึ้น ปริมาณสารสาหร่ายและพืชน้ำเริ่มลดลง จนน้ำมีลักษณะตามธรรมชาติหลังการฉีดพ่นจุลินทรีย์วันที่ 6 ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 น้ำตัวอย่างบริเวณหน้าวัดกลาง (S4)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

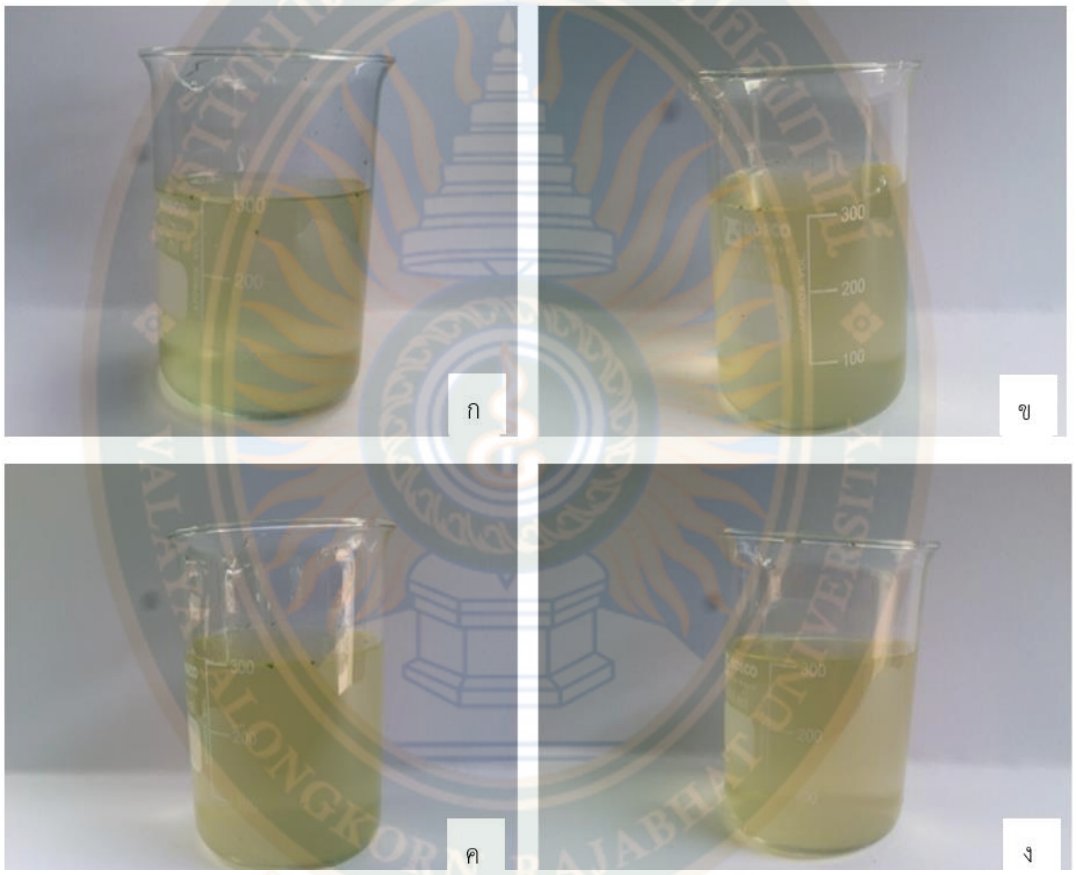
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.3.2.5 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณจุดเริ่มต้นสะพานฝั่งวัดหนองแวง (S5) พบว่า ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์น้ำตัวอย่างมีสีเขียวจากสาหร่ายและพืชน้ำเล็กน้อย แต่หลังจากฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน น้ำขึ้นและไม่พบการปนเปื้อนของสาหร่ายและพืชน้ำ ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 น้ำตัวอย่างจากบริเวณจุดเริ่มต้นสะพานฝั่งวัดหนองแวง (S5)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

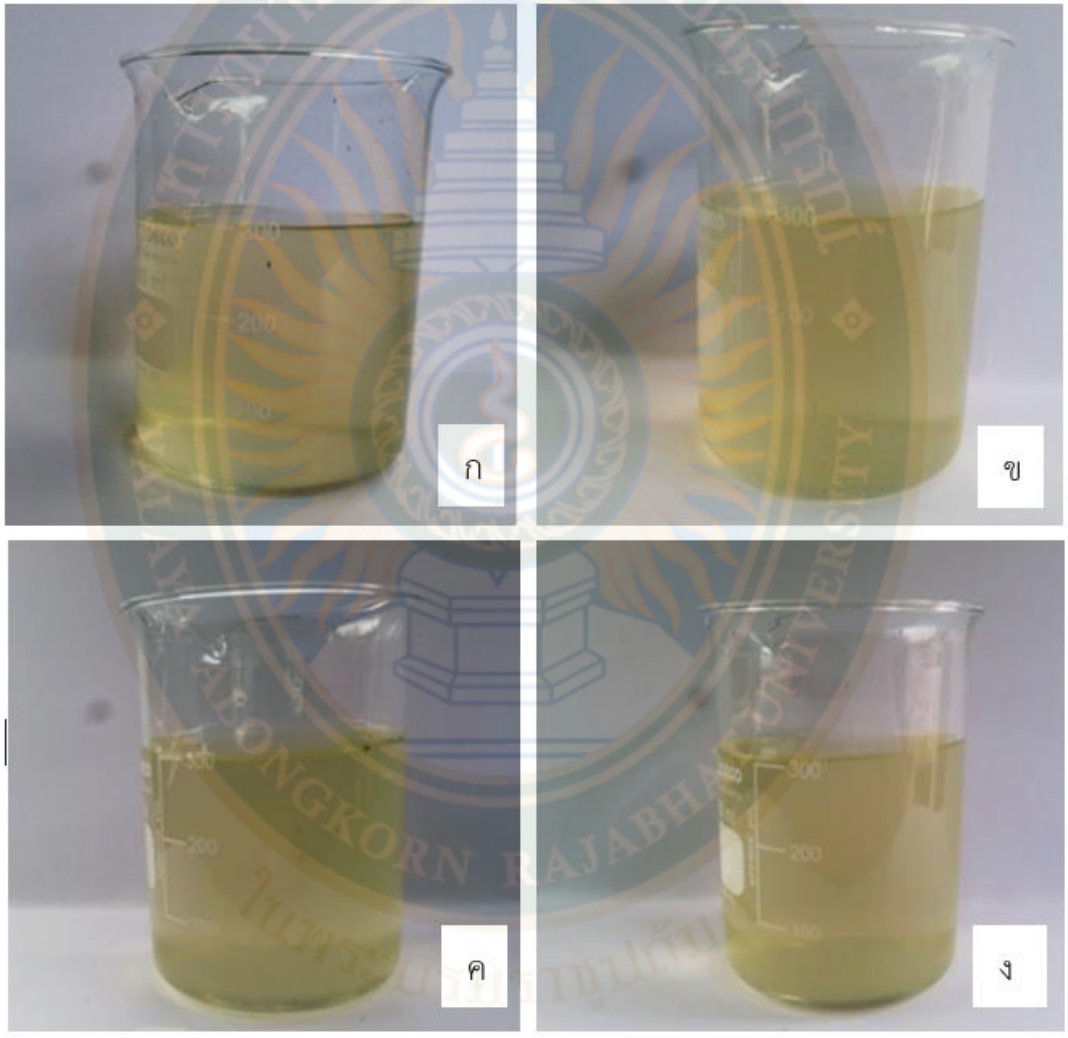
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.3.2.6 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณหลังศาลเจ้าแม่สองนาง (S6) พบว่า หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน น้ำตัวอย่างมีปริมาณสารแขวนลอยลดลง น้ำใสขึ้นจากก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์เล็กน้อย ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 น้ำตัวอย่างบริเวณหลังศาลเจ้าแม่สองนาง (S6)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

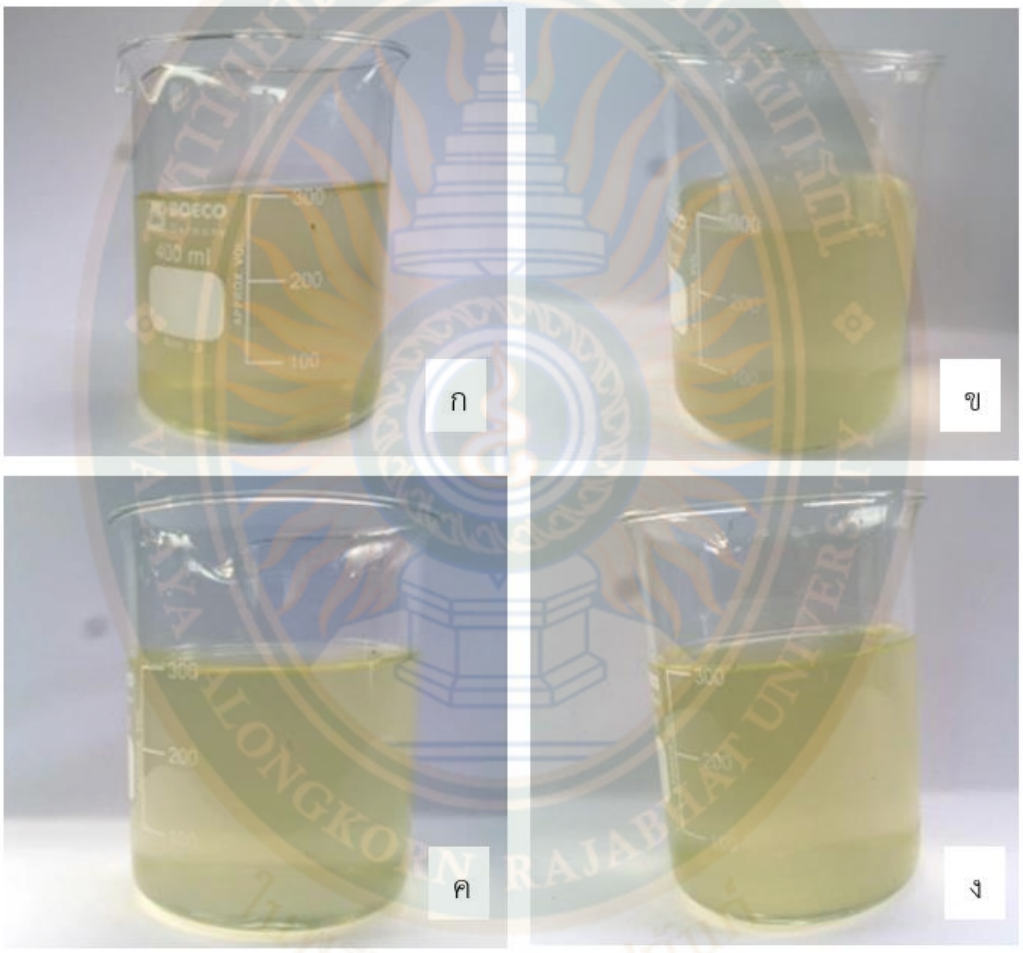
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

4.3.2.7 การเปลี่ยนแปลงน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณประตูรับน้ำเสียหมู่บ้านชลพฤกษ์เลควิลล์ (S7) พบว่า ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์น้ำมีการปนเปื้อนของสารแขวน แต่หลังจากฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน น้ำตัวอย่างใสขึ้น สารแขวนลอยในน้ำลดลง ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 น้ำตัวอย่างบริเวณประตูรับน้ำเสียหมู่บ้านชลพฤกษ์เลควิลล์ (S7)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

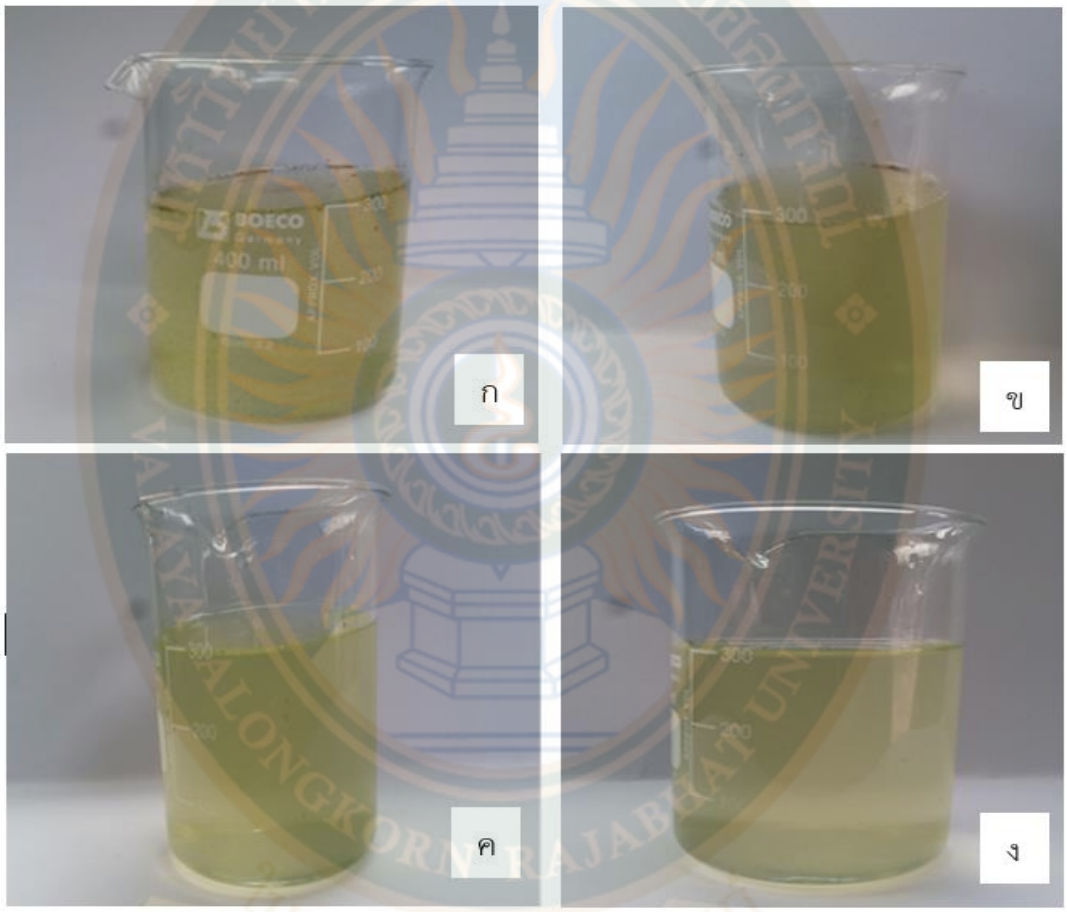
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.3.2.8 ลักษณะของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณประตูรับน้ำเสียหน้าศาลเจ้าแม่สองนาง (สวนหินไห) (S8) พบว่า หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ปริมาณสาหร่ายและสารแขวนลอยในน้ำลดลง น้ำใสขึ้น ดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 น้ำตัวอย่างจากบริเวณประตูรับน้ำเสียหน้าศาลเจ้าแม่สองนาง (สวนหินไห) (S8)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

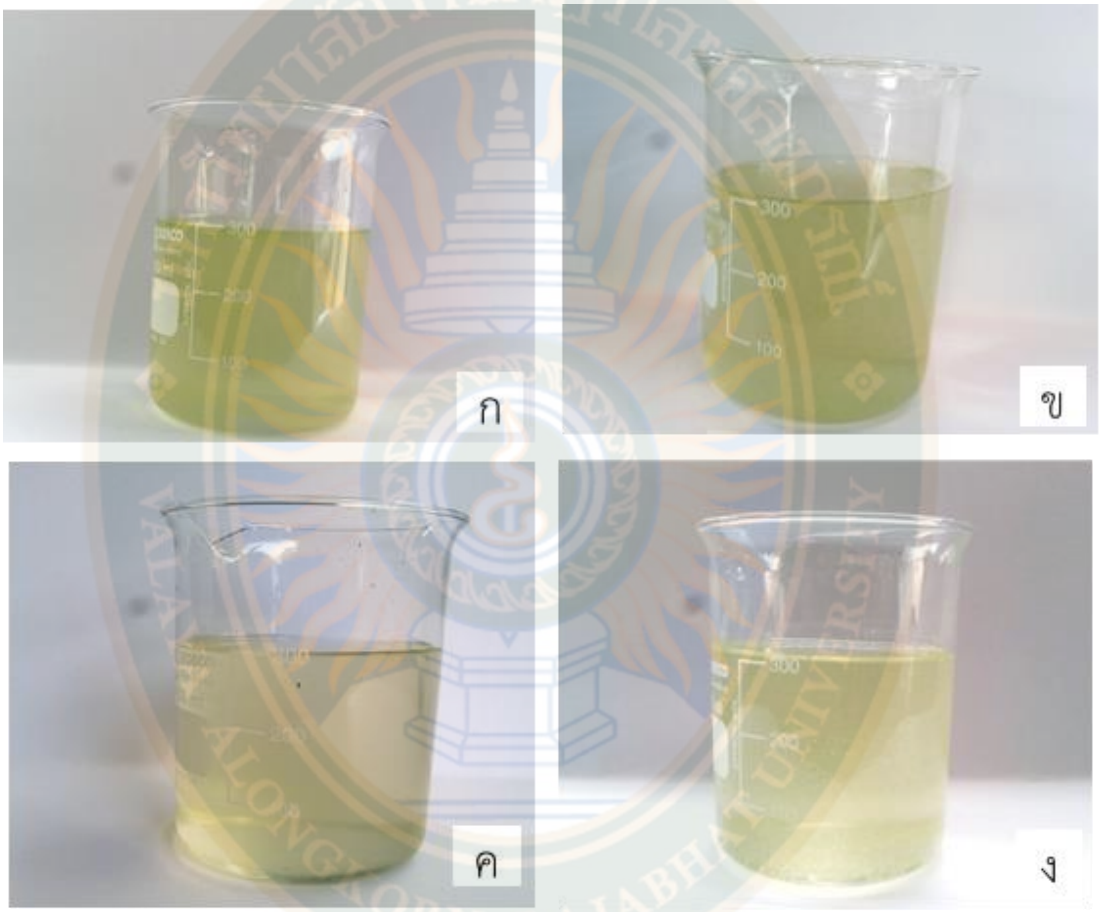
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

4.3.2.9 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณเจ้าแม่กวนอิม (S9) พบว่า หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ปริมาณสาหร่ายและสารแขวนลอยในน้ำลดลง น้ำใสขึ้น ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 น้ำตัวอย่างบริเวณเจ้าแม่กวนอิม (S9)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

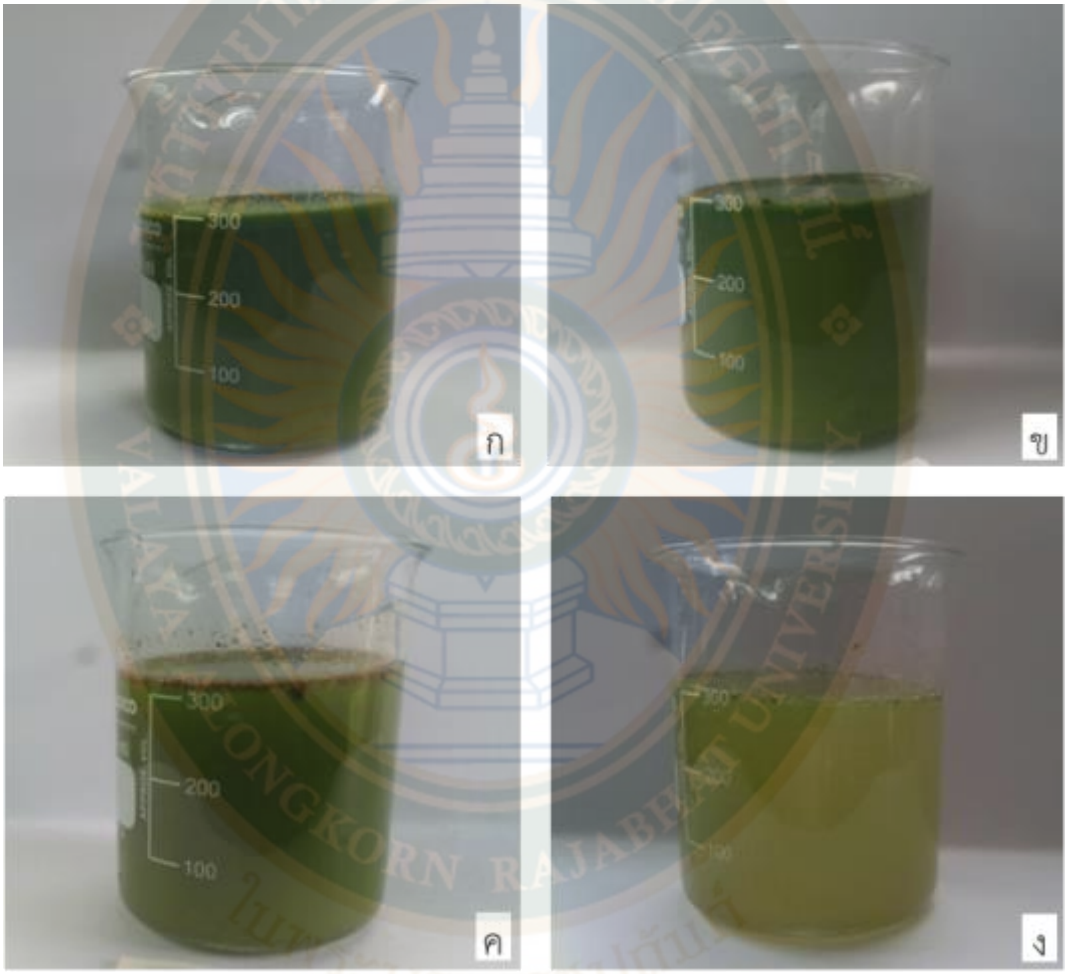
(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

4.3.2.10 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณ อพปร. (S10) พบว่าก่อนเติมจุลินทรีย์ปริมาณสาหร่ายลอยตัวในน้ำอย่างหนาแน่น น้ำมีสีเขียวขุ่น และภายหลังจากฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน ปริมาณสาหร่ายในน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัด น้ำมีสีเขียวใส ดังภาพที่ 40



ภาพที่ 40 ตัวอย่างจากจุดเก็บน้ำบริเวณ อพปร. (S10)

(ก) ก่อนฉีดพ่นจุลินทรีย์

(ข) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 2 วัน

(ค) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 4 วัน

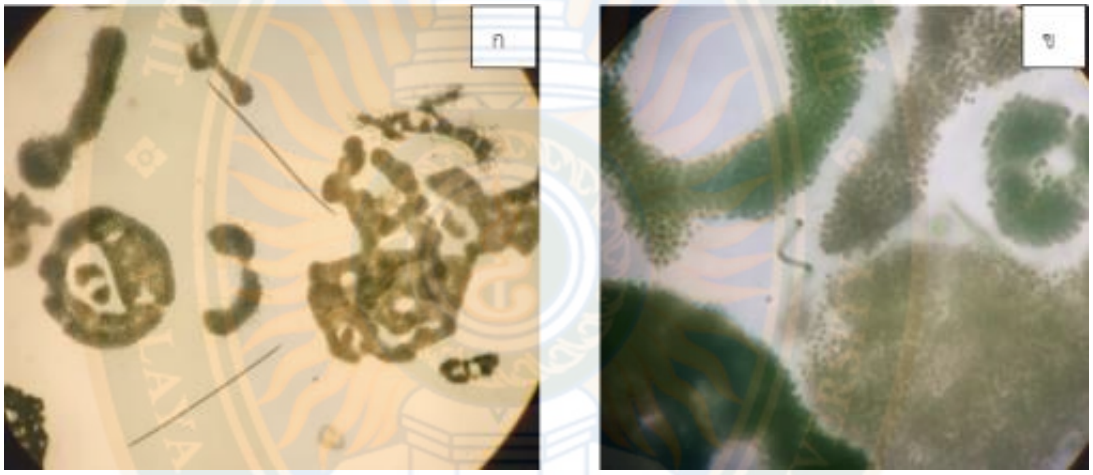
(ง) หลังฉีดพ่นจุลินทรีย์ 6 วัน

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

4.3.3 ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae)

การตรวจสอบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแหล่งน้ำ ก่อนและหลังจากการเติมกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ เป็นสิ่งจำเป็นนอกเหนือจากพารามิเตอร์อื่น ๆ ซึ่งจากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง เพื่อติดตามการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สามารถทำลายเซลล์ของสาหร่ายและยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย อีกทั้งยังสามารถปรับสภาพน้ำให้มีความขุ่นลดลง ดังนั้น หลังจากการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์จึงทำให้น้ำในแหล่งน้ำใสขึ้น ดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 ลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง
(ก) ลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก่อนการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์
(ข) ลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลังการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23
GRAD VRU

บทที่ 5
สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในพื้นที่บึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้แบ่งการสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การบำบัดน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่งโดยใช้จุลินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ *Pediococcus* spp. *Pichia* spp. และ *Dekkera* spp. สามารถจัดการน้ำเสียในบึงแก่นนครให้ได้ผลลัพธ์เชิงบวก คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ มีแนวโน้มแตกต่างกันหลังจากการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครจำนวน 12 วัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) นอกจากนี้ ค่าไนไตรท์และไนเตรท ออโธฟอตเฟต การนำไฟฟ้า ของแข็งแขวนลอย และปริมาณคลอโรฟิลด์ เอ มีแนวโน้มลดลงหลังจากผ่านการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนครจำนวน 12 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในส่วนปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในสถานีที่ 7 และ 9 สูงกว่าสถานีอื่น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และค่าความโปร่งแสงนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการใช้จุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร 12 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในบึงแก่นนครโดยใช้จุลินทรีย์พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดมีค่าร้อยละ 97.37

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการติดตามคุณภาพน้ำก่อนและหลังกระบวนการบำบัดทางชีวภาพโดยกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ ทั้ง 10 จุด พบว่า อุณหภูมิซึ่งถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นพารามิเตอร์ทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของพืชน้ำ และจุลินทรีย์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 30 – 35 องศาเซลเซียส และจากการตรวจวัดในแหล่งน้ำทั้ง 10 จุด พบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29 – 35 องศาเซลเซียส ถือได้ว่าเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และไม่ส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง เมื่อพิจารณาค่าพีเอชในบึงแก่นนคร พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 7.5 - 7.9 ตลอดระยะเวลาการทำการตรวจวัด ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำซึ่งผลเชิงบวกต่อการเกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง พารามิเตอร์ถัดไปที่มีความสำคัญสำหรับการ

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

เกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง คือ ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolve Oxygen: DO) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (EPA, 1985) โดยจากการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในบึงแก่นนครทั้งหมด 10 จุด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.5 ± 0.2 ถึง 10.8 ± 0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในช่วงวันเริ่มต้นนั้น พบว่าค่าออกซิเจนละลายมีค่าน้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในแหล่งน้ำควรมีค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพดี และเมื่อผ่านการเติมจุลินทรีย์ ทำให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเข้าไปลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ ทำให้ออกซิเจนสามารถละลายลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น

ในส่วนของพารามิเตอร์ไนโตรเจนนั้น ไนเตรต (NO_3^-) ถือเป็นตัวแทนของไนโตรเจน เนื่องจากในการสร้างชีวมวลของสาหร่ายจะใช้ไนโตรเจนในรูปไนเตรต และปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของออโธฟอสเฟต (OPO_4^-P) ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ (Ansari and Gill, 2014) กระตุ้นให้พืชน้ำและสาหร่ายเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง ดังนั้น จึงมีการพิจารณาในส่วนไนเตรตและฟอสฟอรัส ซึ่งภายหลังจากการใช้จุลินทรีย์ในการจัดการน้ำในบึงแก่นนครแล้ว ส่งผลให้ปริมาณไนเตรตและออโฟสเฟตในบึงแก่นนครลดลง และเพื่อคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งโดยปกติการสร้างเซลสาหร่ายต้องใช้อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส คือ 7:1 (มลิวรรณ บุญเสนอ, 2560) ซึ่งในแหล่งน้ำสามารถบ่งชี้ได้ว่าไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่เป็นสาเหตุหลักทำให้เกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง จากผลการวิเคราะห์ พบว่าบึงแก่นนครมีไนโตรเจนเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง ปริมาณของไนเตรตและออโฟสเฟต มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พบในแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายทุกชนิด (Niles et al., 1996 อ้างโดย กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ ลลิตา ข่วงบุญ และศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร, 2560) โดยพบว่าปริมาณของไนเตรตและออโฟสเฟตที่ลดลงสัมพันธ์กับปริมาณคอลโรฟิลล์ที่ลดลง นั่นแสดงว่าแพลงก์ตอนพืชที่สะสมเป็นจำนวนมากบริเวณผิวน้ำได้ลดจำนวนลง ส่งผลให้น้ำบึงแก่นนครใสขึ้น ความโปร่งแสงของน้ำเพิ่มมากขึ้นและมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น

จากการการศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำและการบริหารจัดการน้ำเสียในบึงแก่นนครทำให้ทราบว่าการเกิดปรากฏสาหร่ายสะพรั่งของบึงแก่นนครเกิดจากการปล่อยน้ำเสียชุมชนที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่บึงแก่นนคร ทำให้ในแหล่งน้ำมีธาตุอาหารมากเกินพอ ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วจนน้ำมีสีเขียวขุ่นหรือบางพื้นที่พบว่าลอยตัวเกาะกันหนาแน่นบริเวณผิวน้ำ ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถยันยืนได้ว่า ไนโตรเจนเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ในบึงแก่นนคร ซึ่งภายหลังจากการหลังฉีดพ่นจุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์ พบว่า คุณภาพน้ำในบึงแก่นนคร ดีขึ้น โดยจะเห็นได้จากค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่เพิ่มมากขึ้นและมีค่าเกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่หลังจากฉีดพ่นจุลินทรีย์ และพารามิเตอร์ของน้ำต่าง ๆ ที่มีผลลัพธ์เชิงบวกต่อการจัดน้ำในบึงแก่นนคร ซึ่งภายหลังการฉีดพ่นจุลินทรีย์ครั้งที่ 4 (12 วัน) และความขุ่นของน้ำในบึงแก่นนครลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่า R = 6.275 ภายหลังจากการฉีดพ่นจุลินทรีย์ที่ลดลงที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนในบึงแก่นนครมีปริมาณที่ไม่มากเกินพอต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในบึงแก่นนคร จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้จุลินทรีย์ที่คัดเลือกและนำมาใช้ในการวิจัยเป็นอีกแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการจัดการน้ำเสียจากปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

บึงแก่นนครเป็นสถานที่สำคัญของจังหวัดขอนแก่น มีการใช้ประโยชน์โดยตรงจากประชาชนอยู่อย่างเสมอ ทั้งเป็นสถานที่ท่องเที่ยว ที่พักผ่อนหย่อนใจ ลานกีฬา อีกทั้งยังเป็นสถานที่จัดงานในประเพณีสำคัญของจังหวัด ด้วยเหตุนี้จึงมีจำเป็นที่จะต้องจัดการน้ำในบึงแก่นนครอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถดำเนินการภายใต้การมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมหรือโครงการที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในบึงแก่นนครระหว่างภาครัฐและประชาชนที่มีบ้านเรือนอาศัยอยู่บริเวณรอบบึงแก่นนคร ประกอบกับต้องมีการติดตามปริมาณจุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีอยู่ในบึงแก่นนครเพื่อติดตามและตรวจสอบรักษาคุณภาพน้ำในบึงแก่นนครให้มีคุณภาพดีอยู่เสมอ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

5.3.2.1 จากลักษณะของบึงแก่นนครที่เป็นบึงน้ำนิ่งไม่มีการถ่ายเทน้ำ ทำให้การเติมจุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์นั้น ต้องเติมทั้งในแนวราบและแนวดิ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิ์ให้จุลินทรีย์สามารถแพร่กระจายได้ทั่วทั้งบึงแก่นนคร จึงต้องอาศัยทั้งกำลังคนและเครื่องทุ่นแรงในการเติมจุลินทรีย์

5.3.2.2 การแก้ไขปัญหาเบื้องต้นสามารถทำได้โดย 1) เก็บขยะรอบบึงแก่นนครตรวจสอบไม่ให้มีการปล่อยของเสียลงในบึง 2) ขุดตักดินในบึงด้านฝั่งเจ้าแม่สองนางเพื่อนำน้ำดีไปเจือจางธาตุอาหาร 3) สูบน้ำในบึงออกเพื่อลดผลกระทบ และ 4) ขุดลอกตลิ่ง เพื่อกำจัดวัชพืชและให้น้ำมีการถ่ายเท หมุนเวียน และการแก้ไขปัญหาระยะยาว ทำได้โดย 1) ขุดลอกบึงแก่นนครเพิ่มเพื่อกำจัดตะกอนเน่าเสีย 2) สำรวจออกแบบเพื่อวางท่อป้องกันน้ำท่วม และป้องกันน้ำเสีย และ 3) สำรวจออกแบบการถ่ายเทน้ำจากคลองชลประทาน เพื่อหมุนเวียนน้ำสะอาดให้บึงแก่นนคร

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

5.3.3 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

5.3.3.1 การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในพื้นที่บึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นบึงน้ำขนาดใหญ่ ที่เป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากชุมชน และไม่มีการระบายน้ำออก ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง ซึ่งการจัดการโดยใช้จุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์ในครั้งนี้ เป็นแนวหนึ่งที่เหมาะสมต่อการจัดการน้ำในพื้นที่นี้ อย่างไรก็ตามยังมีวิธีการจัดการน้ำอีกหลากหลาย

5.3.3.2 การวิจัยครั้งนี้ ใช้จุลินทรีย์บริสุทธิ์คัดเลือกสายพันธุ์หลัก 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Pediococcus spp. Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* ในพื้นที่บึงแก่นนคร เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าวที่ชัดเจนขึ้น จึงควรมีการวิจัยในหลากหลายพื้นที่

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2560). **คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน**. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2552). **ระบบบำบัดน้ำเสีย**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/

เกษม จันทร์แก้ว. (2541). **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ ลลิตา ข่วงบุญ และศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร. (2560). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคุณภาพน้ำในแม่น้ำอิงตอนล่างและลำน้ำสาขา. **แก่นเกษตร**. 45(ฉบับพิเศษ 1), 809 – 815.

นรุตตม์ สหนาวิน และจิราวรรณ ตอฤทธิ์. (2555). ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication). **วารสารคณะพลศึกษา.** 15(ฉบับพิเศษ)

บุสยา ปล้องอ่อน, จินตนาส และน้อย, ชัชรีแก้ว สุรลิขิต, และไพลิน จิตรชุ่ม. (2016). การแพร่กระจายของแพลงก์ตอน พืช และคุณภาพน้ำในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. **Thai Science and Technology Journal,** 587-598.

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. (2551). **เอกสารคำสอนรายวิชา 516 451 การบำบัดเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 2-1

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ. (2014). ศึกษาผลกระทบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเกิดยูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำและการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส. **Kasetsart Engineering Journal,** 27(88), 57-67.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2562). **Pediococcus**. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร (Food Network Solution). สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com/

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535. (2535). พิมพ์ครั้งที่ 1 29 มีนาคม 2535.

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา และจารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2022). ศึกษาอิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 26(2), 770-782.

มงคล ดำรงศรี. (2552). **Biological Treatment Process**. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลัยเกษตรศาสตร์.

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

มลิวรรณ บุญเสนอ. (2560). **นิเวศพิษวิทยา (Ecotoxicology)**. พิมพ์ครั้งที่ 5. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2538). **คู่มือการวิเคราะห์น้ำ**. พิมพ์ครั้ง 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มัลลิกา ปัญญาคะโป. (2552). **การบำบัดน้ำและน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพและวิธีทางเคมี**. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 13 – 19.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูรณ์. (2557). **ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment System)**. กรุงเทพ.

สาวิตรี วทัญญูไพศาล. (2552). **จุลชีววิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มิสเตอร์ก๊อปปี้.

สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ และปราโมช เชี่ยวชาญ. (2548). ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ. **มุมวิชาการด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุลสารสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ.** สืบค้นจาก https://www.stou.ac.th/schools/shs/booklet/6_2548/occhealth.htm

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). **บึงแก่นนคร.** สืบค้นจาก http://naturalsite.onep.go.th/site/detail/526.

สำนักประชาสัมพันธ์เขต 1 ขอนแก่น. (2560). **เทศบาลนครขอนแก่นปรับปรุงบึงแก่นนครแก้ไขปัญหาน้ำในบึงแก่นนครเน่าเสีย**. สืบค้นจาก https://ewt.prd.go.th/ewt/region1/ewt_news.php?nid=59995&nid=59995 เมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2563.

อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์ อัศมน ลิ่มสกุล วุฒิชัย แพงแก้ว และบุญชอบ สุทธมนัสวงษ์. (2553). พลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชั่น และเมตาบอลิซึม ของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม**. 6(2), 1 – 18.

แอนโทนี คัสเธอร์. (2563). **เดอะอีสานแรคคอร์ด : เมื่ออีสานเกิดปรากฏการรณ์น้ำเขียว แล้วทำไมเราต้องกังวล**. สืบค้นจาก https://isaanrecord.com/2020/01/17/why-we-should-care-that-isaans-lakes-are-green-thai/

Abid, A. A., Sarvajeet, S. G., Guy, L. and Walter, R. (2011). **Eutrophication : Causes, Consequences and Control**. Springer.

Ansari, A. A. and Gill, S. S. (2014). **Eutrophication: Causes, Consequences and Control**. Volume 2. DOI https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6

Biochemical and Pharmaceutical Technology Department. (2017). **Faculty of Pharmaceutical Sciences, University of São Paulo, Av.** Lineu Prestes 580, São Paulo 05508-900, Brazil.

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

Brusseau, M. L., Pepper, I. L. and Charles, P.G. (2019). **Environmental and Pollution Science**. 3rd Edition. Retrieved from https://doi.org/10.1016/C2017-0-00480-9.

Department of Viticulture and Enology. (2018). **Pichia fermentans.** University of California, Davis. Retrieved from https://wineserver.ucdavis.edu

EPA. (1985). **Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water-Part 1**. Environmental Research Laboratory Athens, US Environmental Protection Agency, Georgia USA.

Falkowski, P. G. and Raven, J. A. (1997). **Aquatic photosynthesis**. Blackwell Science, Oxford. Pp. 375.

Maria, C. W., Porto, T., MayumiKuniyoshi, P. O. S., Azevedo M. V. and Oliveira, R. P. S. (2017). Pediococcus spp. : An important genus of lactic acid bacteria and pediocin producers. **Biotechnology Advances**. 35(3), 361-374.

Matthew, L. (2012). **State of the Gulf of Maine Report: Eutrophication. US Environmental Protection Agency Region 1 Glenn Benoy**, Environment Canada and Agriculture & Agri-Food. Canada

Paul, G. F. and John, A. R. (1997). **Aquatic Photosynthesis**. Blackwell Science, Malden, Massachusetts, USA: 375 p.

Piranti A. S., Rahayu D. R., & Waluyo G. (2018). Evaluation of Rawapening Lake's water quality status. **Journal of Natural Resources and Environmental Management,** 8, 151–160.

Piranti A. S., Wibowo D. N., & Rahayu D. R. U. S. (2021). Nutrient determinant factor of causing algal bloom in tropical lake (Case study in Telaga Menjer Wonosobo Indonesia). **Journal of Ecological Engineering,** 22(5), 156–165. https://doi.org/10.12911/22998993/135863

Somboon, T., Sanae, O., Michio, K. and Kazuo, K. (1993). Characterization of *Pediococcus pentosaceus* and *Pediococcus acidilactici* Strains and Replacement of the Type Strain of *P. acidilactici* with the Proposed Neotype DSM 20284. **International Journal of Systematic Bacteriology,** Oct. 1993, 860-863

Sharp R., Khunjar W., Daly D., Perez-Terrero J., Chandran K., & Niemiec, A. (2020). **Nitrogen removal from water resource recovery facilities using**

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

partialnitrification, denitratation-anaerobic ammonia oxidation (PANDA). Sci Total Environ. 724: 138283.

United Nations Environment Program (UNEP). (2002). **Global Environment Outlook 3 – Past, present and future perspectives.** Earthscan Publications Ltd., United Kingdom. Pp. 425.

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

ภาคผนวก

GRAD VRU

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ภาคผนวก ก
แบบประเมินความพึงพอใจในการจัดการปัญหาด้านกลิ่นเหม็นรบกวนและด้านความสะอาดรวมถึงการปรับปรุงภูมิทัศน์โดยรอบบึงแก่นนคร

GRAD VRU

2419805469
VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

ชุดที่ 1

แบบประเมินความพึงพอใจในการจัดการปัญหาด้านกลิ่นเหม็นรบกวน
และด้านความสะอาดรวมถึงการปรับปรุงภูมิทัศน์โดยรอบบึงแก่นนคร

เพื่อทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

คำชี้แจง

เนื่องด้วย นายพิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำงานวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดการน้ำเสียจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นโดยใช้จุลินทรีย์ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องขอความร่วมมือท่านในการตอบแบบประเมินดังแนบมานี้ให้ครบถ้วน เพื่อจะได้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ข้อมูลที่ได้ ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์โดยภาพรวม จึงไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมาพร้อมนี้

GRAD VRU

(นายพิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนกุล)
นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

คำชี้แจง ขอให้ท่านกาเครื่องหมายถูกในช่องว่าง (/) หน้าข้อความที่ถูกต้อง

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบทดสอบ

1.1 เพศ ( ) หญิง ( ) ชาย

1.2 อายุ ( ) น้อยกว่า 20 ปี ( ) 20-40 ปี

( ) 41-60 ปี ( ) มากกว่า 60 ปี

1.3 ระดับการศึกษา ( ) ต่ำกว่าปริญญาตรี ( ) ปริญญาตรี

( ) ปริญญาโท ( ) ปริญญาเอก

1.4 วัตถุประสงค์การเข้ามาใช้พื้นที่บึงแก่นนคร

( ) ออกกำลังกาย ( ) พักผ่อน ( ) ค้าขาย ( ) กิจกรรมอื่นๆ

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจในการจัดการปัญหาด้านกลิ่นเหม็นรบกวนและด้านความสะอาดรวมถึงการปรับปรุงภูมิ ทัศน์โดยรอบบึงแก่นนคร โดยกาเครื่องหมายถูก (/) ที่ตรงกับความเห็นของท่าน

รายการประเมินรูปแบบ	**ระดับคุณภาพ**				
	มากที่สุด (5)	**มาก (4)**	**ปานกลาง (3)**	**น้อย (2)**	**น้อยที่สุด (1)**
1. ไม่มีกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียในบึงแก่นครแล้วในปัจจุบัน					
2. คุณภาพน้ำในบึงแก่นนครมีลักษณะใสสะอาดและไม่พบปลาตายในบึง					
3. บรรยากาศรอบบึงเหมาะสำหรับใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ ออกกำลังกายทั้งช่วงเช้าและเย็น					
4. มีระบบการจัดการขยะมูลฝอยโดยรอบบึงและการจัดระเบียบร้านค้าให้สะอาด ถูกสุขลักษณะ					
5. ไม่พบขยะที่ปลิวลงสู่บริเวณบึงและมีการการจัดการด้านสุนัขจรจัดและสิ่งปฏิกูลโดยรอบบริเวณ					

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	พิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนากุล
วัน เดือน ปี เกิด	22 กรกฎาคม 2520
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2564 บริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ที่อยู่ปัจจุบัน	11/49 หมู่ที่ 8 ซอยเอกชัย 62/1 แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร
ผลงานตีพิมพ์	พิสิษฐ์ ต้นกิตติรัตนากุล วนัสพรรัศม์ สวัสดี และ ศศิธร หาสิน. (2563).การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยกระบวนการทางชีวภาพสำหรับแหล่งน้ำสาธารณะ กรณีศึกษาบึงแก่นนคร. Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 19(2): ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

2419805469 VRU iThesis 60G54800103 thesis / recv: 18122565 11:57:47 / seq: 23

GRAD VRU