



การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยกระบวนการทางชีวภาพสำหรับแหล่งน้ำสาธารณะ กรณีศึกษาบึงแก่นนคร

Water Quality Improvement by Biological Process for Public Water Resource: A Case Study Bueng Kaennakorn

พิสิษฐ์ ตันกิตติรัตนากุล วณัฏพรนรตม์ Sawasdee และ ศศิธร หาสิน*

Pisit Tonkittirattanakul, Vanatpornratt Sawasdee and Sasitorn Hasin*

สาขาวิชานวัตกรรมจัดการสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี 13180

Program in Innovation of Environmental Management, College of Innovative Management, Valaya
Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathumthani 13180, THAILAND

*Corresponding author e-mail: hasinsasi@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history:	This research aims to water quality improvement by
Received: 4 June, 2020	bioaugmentation process (Biological) in Buen Kaennakorn. The selected
Revised: 17 June, 2020	microbes consist of 3 stains <i>Pediococcus spp.</i> <i>Pichia spp.</i> and <i>Dekkera spp.</i>
Accepted: 3 July, 2020	that input into 10 points of Buen Kaennakorn. The parameters that effect
Available online: 14 August, 2020	to eutrophication phenomenon was measured. This research found that
DOI: 10.14456/rj-mutt.2020.15	temperature in Buen Kaennakorn between 29-35 °C that suitable for growth
Keywords:	of organisms, aquatic plants, and algae. The pH at release point of
water quality improvement,	microorganisms was between 7.5-7.9 that also suitable for growth of
Bueng Kaennakorn,	organisms, aquatic plants, and algae. Dissolve oxygen (DO) was 10.8-4.5 mg
biological process, selected	L ⁻¹ . The initial state, dissolve oxygen was less than 5 mg L ⁻¹ that was not
microbes, eutrophication	suitable for rest area. After biological treatment with selected microbes that
phenomenon	can be increase dissolve oxygen and lead to high water quality category 2
	that suitable for rest area. In term of nitrogen: phosphorus ratio was
	R = 11.155 mg L ⁻¹ that higher than 10. This ratio was showed the higher
	nitrogen in water resource and phosphorus was limits the eutrophication
	phenomenon in Buen Kaennakorn. After biological treatment with selected

microbes that can be decrease the nitrogen: phosphorus ratio was $R = 6.275 \text{ mg L}^{-1}$ that can be reduced within specified range and was not affect to eutrophication phenomenon. In term of blue green algae that was investigated with optical microscope. The results showed that selected microbe can be destroy and decrease of algae. Therefore, the selected microbe that good choice can be used to water quality improvement in Buen Kaennakorn and effective for water quality improvement.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพในบึงแก่นนคร กลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์เพื่อการบำบัดน้ำเสียนั้นจะใช้จุลินทรีย์ทั้งหมด 3 สกุล *Pediococcus spp.*, *Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* เติมน้ำในพื้นที่บึงแก่นนครทั้งหมด 10 จุด มีการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน จากผลการวิจัยพบว่าในบึงแก่นนครมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29-35 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต พืชน้ำและสาหร่าย ในส่วนค่าพีเอช ทั้ง 10 จุด ตามจุดปล่อยจุลินทรีย์พบว่ามีความอยู่ในช่วง 7.5-7.9 ตลอดระยะเวลาการทำการตรวจวัด ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen: DO) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.5-10.8 มิลลิกรัม/ลิตร ในช่วงเริ่มต้นมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่ถึง 5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นค่าที่คุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่การพักผ่อนหย่อนใจ แต่เมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ ทำให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับประเภทการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำผิวดินพบว่า อยู่ในประเภทที่ 2 ซึ่งเหมาะสมกับการเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ พารามิเตอร์อัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส พบว่าค่า $R = 11.155$ มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่ามากกว่า 10 แสดงให้เห็นว่าในบึงแก่นนครมีปริมาณไนโตรเจนมาก และฟอสฟอรัสเป็นตัวจำกัดการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน หลังจากการใช้จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ พบว่าค่า $R = 6.275$

มิลลิกรัม/ลิตร ถือได้ว่าลดลงอยู่ในช่วงที่กำหนด ไม่ส่งผลกระทบต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน และในส่วนของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สามารถทำลายเซลล์สาหร่าย และลดปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ ดังนั้นการนำจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบึงแก่นนคร จึงถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ดีและมีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบึงแก่นนคร

คำสำคัญ: การปรับปรุงคุณภาพน้ำ บึงแก่นนคร กระบวนการทางชีวภาพ จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน

บทนำ

ปัจจุบันการขยายตัวของชุมชนเมืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของพื้นที่เมืองออกไปเกิดการเพิ่มจำนวนประชากรที่อยู่รวมตัวกันหนาแน่นมากขึ้นในพื้นที่ต่างจังหวัด โดยเฉพาะจังหวัดขอนแก่น ถือเป็นจังหวัดที่มีความเจริญอย่างมาก ชุมชนเมืองเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาด้านมลพิษทางน้ำ เนื่องจากชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบหรือใกล้เคียงพื้นที่แหล่งน้ำสาธารณะนั้น สามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนน้ำเสียจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังนั้นเมื่อแหล่งน้ำสาธารณะไม่ได้รับการดูแลอย่างถูกวิธี ส่งผลให้เกิดการเน่าเสีย ปัญหาหลักที่ทำให้แหล่งน้ำสาธารณะเกิดการเน่า

เสีย คือ การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) เป็นปรากฏการณ์ที่แหล่งน้ำมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ ทำให้สาหร่ายและพืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (1) เมื่อเวลาผ่านไปพืชน้ำและสาหร่ายน้ำจะตายทับถมกันจนทำให้น้ำเน่าเสีย ปริมาณออกซิเจนละลายลดลง เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำและคุณภาพน้ำ ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ ยูโทรฟิเคชัน คือ ปริมาณธาตุอาหาร ประกอบด้วยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่สนับสนุนการเกิดปรากฏการณ์ คือ เวลา ความเข้มแสง และอุณหภูมิ (2, 3) โดยปกติปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติมีเพียงพอต่อความต้องการของพืชน้ำ และสาหร่ายในน้ำสำหรับการเจริญเติบโต แต่เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการแก้ปัญหาการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้อย่างรวดเร็ว คือ การลดปริมาณหรือกำจัดพืชน้ำหรือสาหร่ายโดยผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี และกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (4) โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพนั้นเป็นการใช้หลักการทางกายภาพ เช่น การดักด้วยตะแกรง (Screening) การกรอง (Filtration) เป็นต้น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพนั้น เหมาะสมกับการกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ จึงเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกขั้นต้นเพื่อนำไปสู่กระบวนการขั้นถัดไป กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี เป็นการทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสียที่มีอยู่ในรูปสารละลาย เพื่อการกำจัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น เช่น การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การทำให้ตกตะกอน (Precipitation) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation-Reduction) เป็นต้น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เพื่อลดปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รวมถึงลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้น เป็นการใช้

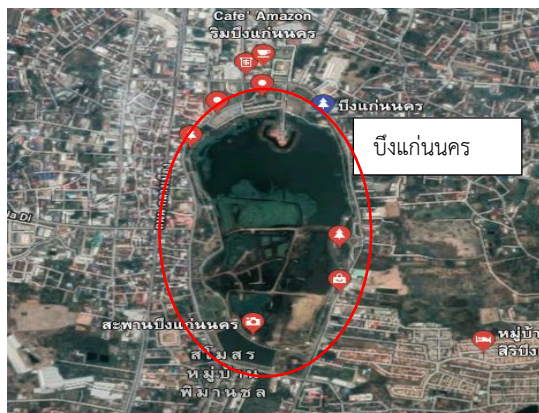
จุลินทรีย์ (Microorganisms) ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment) และการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment) ซึ่งกระบวนการบำบัดในแต่ละวิธีนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน และเหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสียที่แตกต่างกัน เพื่อให้การปรับปรุงคุณภาพน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีงานวิจัยเพื่อการลดปัญหาการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ โดยใช้พืชที่สามารถดูดซับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ นักวิจัย Jiang และคณะ (5) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของ *Phragmites communis* และ *Zizania latifolia* ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าพืชสองชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ ทำให้สามารถลดการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการกำจัดไนโตรเจนจากแหล่งน้ำโดยใช้วิธี Nitrification denitrification-anaerobic ammonia oxidation จากงานวิจัยของ Sharp R, และคณะ (6) ซึ่งถือเป็นวิธีทางชีวภาพที่อาศัยกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ จากผลการวิจัยพบว่าสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ถึง 80 % ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยกลุ่มจุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์ ทั้งหมด 3 สกุล *Pediococcus spp.* *Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* ในพื้นที่ศึกษาบึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น โดยจุลินทรีย์คัดเลือกสายพันธุ์ทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และสามารถทนอยู่ได้ในอุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันได้ นอกเหนือจากนี้ *Dekkera spp.* ยังสามารถผลิตเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสได้ ส่งผลให้สามารถเข้าไปย่อยสลายสาหร่ายที่ส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้อีกด้วย (7) อย่างไรก็ตามการใช้วิธีทางชีวภาพนั้นยังสามารถลดการใช้สารเคมีสำหรับกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในกระบวนการ

ปรับปรุงคุณภาพน้ำ คือ คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) ซึ่งเมื่อใช้ในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ และยังสามารถเกิดการสะสมของโลหะหนักในชั้นดินใต้ท้องน้ำ (Benthic Zone) อีกด้วย (8) ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์เฉพาะทางเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น ถือเป็นทางเลือกที่ดีและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีได้

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

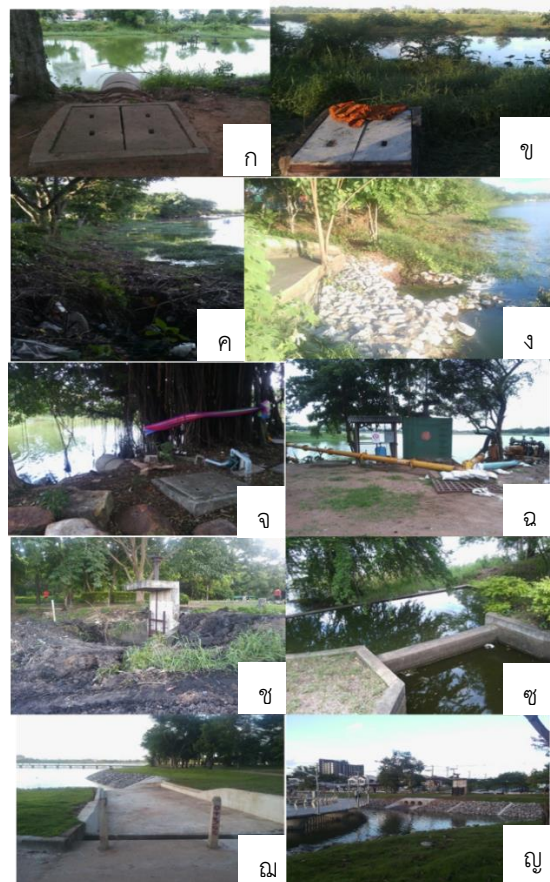
บึงแก่นนคร (รูปที่ 1) เป็นบึงขนาดใหญ่ มีเนื้อที่ 603 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครขอนแก่น มีชื่อเดิมว่า บึงบอน เป็นบึงขนาดใหญ่ รูปร่างรี มีถนนรอบบึงอยู่ชั้นนอก ทางเท้าและที่พักผ่อนอยู่ริมบึงด้านใน ปัจจุบันบึงแก่นนครเป็นพื้นที่รับน้ำทิ้งจากครัวเรือนที่มาจากเทศบาลเมืองเก่าจังหวัดขอนแก่น และเกิดปัญหากล้นเห็บในช่วงต้นฤดูฝนเป็นประจำ เนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน เป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำ ส่งผลให้น้ำเน่าเสียและเกิดกลิ่นเหม็นในบึงแก่นนคร รบกวนพื้กระจายไปทั่วบริเวณซึ่งเป็นแหล่งพักผ่อนของประชาชนและนักท่องเที่ยว (9)



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่บึงแก่นนคร และการใช้ประโยชน์จากรอบบึงแก่นนคร

การปรับปรุงคุณภาพน้ำในบึงแก่นนครโดยใช้กลุ่มจุลินทรีย์

การใช้กลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สำหรับการวิจัยได้รับจาก บริษัท จี แอนด์ บี เอนไซม์ จำกัด ซึ่งมีจุลินทรีย์สกุลหลัก 3 สกุล คือ *Pediococcus spp.*, *Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* กำหนดจุดเติมจุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น จำนวน 10 จุด ดังรูปที่ 2 (ก) – (ญ)



รูปที่ 2 (ก) – (ญ) จุดเติมจุลินทรีย์ในบึงแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น จำนวน 10 จุด

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบึงแก่นนคร

มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยวางรูปแบบการทดลอง 5 x 4 Factorial Arrangement จำนวน 3 ซ้ำ โดยเก็บข้อมูลในช่วงฤดูฝน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเกิดปัญหาอุทกภัยเป็นอย่างมากระหว่าง

พารามิเตอร์ชี้วัดคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัด ดัง
ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัด

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
อุณหภูมิ (Temperature; °C)	Meter (DIGICON WA-48SD)
ค่าพีเอช (pH)	pH Meter
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	DO Meter
ไนเตรต (NO_3^-)	Cadmium Reduction Method
อโธฟอสเฟต ($\text{OPO}_4\text{-P}$)	Ascorbic Method
ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae)	Optical Microscope

จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และ สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) เพื่อใช้ในการ ทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) ในการใช้กลุ่ม จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สำหรับการแก้ไขปัญหาการเกิด ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน จากนั้นจึงนำไปสู่การ สังเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การคำนวณอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ในการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน นั้น อัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสถือเป็นสิ่ง สำคัญมาก เนื่องจากในแหล่งน้ำมีทั้งไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสที่สามารถส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ได้ (3) ซึ่ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$R = \frac{[TN]}{[OPO_4 P]} \quad (1)$$

เมื่อ

[TN] = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในแหล่งน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)

[$\text{OPO}_4\text{-P}$] = ปริมาณอโธฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)

ถ้าค่า $R > 10$ แสดงว่าแหล่งน้ำมีปริมาณ ไนโตรเจนมาก และฟอสฟอรัสเป็นตัวจำกัดการเกิดยูโทร ฟิเคชัน ถ้าค่า $R < 5$ แสดงว่าแหล่งน้ำมีปริมาณ

ฟอสฟอรัสค่อนข้างมาก และไนโตรเจนเป็นตัวจำกัดการ เกิดยูโทรฟิเคชัน

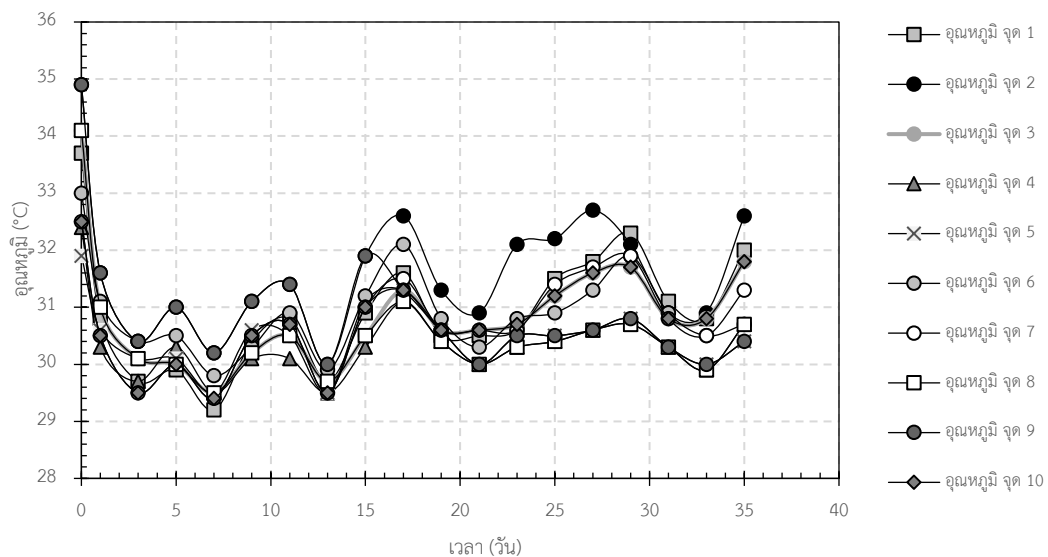
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบึงแก่นนครโดย ใช้กลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สกุลหลัก 3 สกุล คือ *Pediococcus spp.*, *Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* ที่ จุดปล่อยจุลินทรีย์ที่กำหนดไว้ 10 จุด รอบบึงแก่นนคร มี การติดตามพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการวิจัยแสดงดังนี้

1) คุณภาพน้ำก่อนและหลังกระบวนการบำบัดทาง ชีวภาพโดยกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์

การติดตามคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัด โดยกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์นั้น ประกอบด้วย พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อ การเกิดปรากฏการณ์ยูโทร ฟิเคชัน อุณหภูมิถือเป็นปัจจัยแรกที่สำคัญ เนื่องจาก อุณหภูมิเป็นพารามิเตอร์ทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่อ อัตราการเติบโตของพืชน้ำ และจุลินทรีย์ โดยอุณหภูมิที่ เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส จากการ ตรวจวัดในแหล่งน้ำทั้ง 10 จุด พบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29-35 องศาเซลเซียส (รูปที่ 3) ถือได้ว่าเป็นช่วงอุณหภูมิ

ที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และไม่เร่งปฏิกิริยา
การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน



รูปที่ 3 อุณหภูมิในบึงแก่นนครทั้ง 10 จุด ตามจุดปล่อยจุลินทรีย์

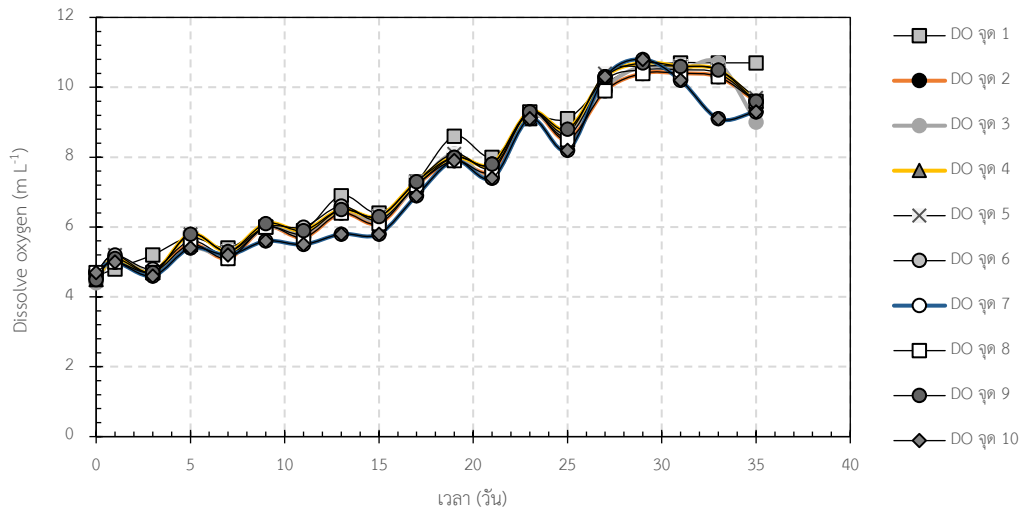
เมื่อพิจารณาค่าพีเอชในบึงแก่นนคร ทั้ง 10 จุด ตามจุดปล่อยจุลินทรีย์พบว่ามีความอยู่ในช่วง 7.5-7.9 ตลอดระยะเวลาการทำการตรวจวัด ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ พารามิเตอร์ถัดไปที่มีความสำคัญสำหรับการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน คือ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen: DO) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (10) โดยจากการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในบึงแก่นนครทั้งหมด 10 จุด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.5-10.8 มิลลิกรัม/ลิตร โดยในช่วงวันเริ่มต้นนั้นพบว่าค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าน้อยกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งในแหล่งน้ำควรมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร (11) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพดี และจากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อผ่านการเติมจุลินทรีย์คัตสายพันธุ์ ทำให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มจุลินทรีย์คัตสายพันธุ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเข้าไปลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ ทำให้ออกซิเจนสามารถละลายลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น ในส่วนพารามิเตอร์

ไนโตรเจนนั้น ไนเตรต (NO_3^-) ถือเป็นตัวแทนของไนโตรเจน เนื่องจากการสร้างชีวมวลของสาหร่ายจะใช้ไนโตรเจนในรูปไนเตรต และปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ (12) กระตุ้นให้พืชน้ำและสาหร่ายเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ดังนั้นจึงมีการพิจารณาในส่วนไนเตรต และฟอสฟอรัส เพื่อคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งโดยปกติการสร้างเซลล์สาหร่ายต้องใช้อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส คือ 7:1 (3) ซึ่งในแหล่งน้ำสามารถบ่งชี้ได้ว่าไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่เป็นสาเหตุหลักทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน จากผลการวิเคราะห์ พบว่าบึงแก่นนครมีไนโตรเจนเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน

เนื่องจากมีค่า $R = 11.155$ มิลลิกรัม/ลิตร (โดยคำนวณจากค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตรวจวัดได้) ซึ่งมีค่ามากกว่า 10 แสดงให้เห็นว่าในบึงแก่นนครมี

ปริมาณไนโตรเจนมาก และฟอสฟอรัสเป็นตัวจำกัดการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน หลังจากการใช้จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ จึงมีการวิเคราะห์อัตราส่วนของไนโตรเจน

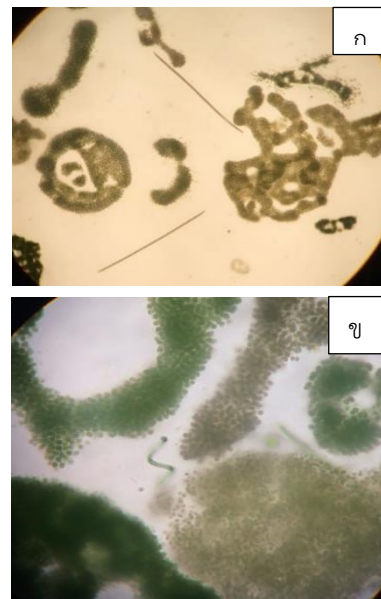
และฟอสฟอรัส พบว่าค่า $R = 6.275$ มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำไม่มากเกินไป



รูปที่ 4 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบึงแก่นนคร

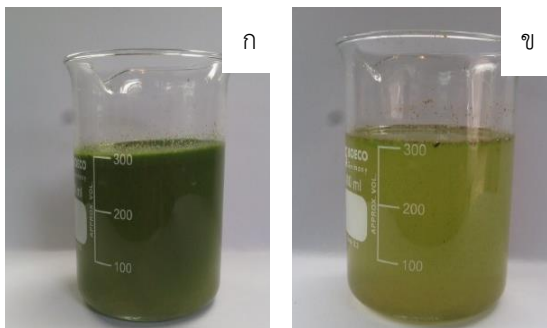
2) ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae)

โดยทั่วไปสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถพบได้ในแหล่งน้ำผิวดินทั่วไป มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหารในสิ่งแวดล้อม (13) ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนั้น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่เหมาะสม มีอุณหภูมิ แสง ธาตุอาหารโดยเฉพาะไนเตรตและฟอสฟอรัส ซึ่งเมื่อมีธาตุอาหารมากเกินไป ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำนั้น ๆ ดังนั้นการตรวจสอบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแหล่งน้ำ ก่อนและหลังจากการเติมกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ เป็นสิ่งจำเป็น นอกเหนือจากพารามิเตอร์อื่น ๆ จากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง เพื่อติดตามการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (ก) คือลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก่อนการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ และ (ข) ลักษณะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลังการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์

จากรูปแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สามารถทำลายเซลล์ของสาหร่ายและยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย อีกทั้งยังสามารถปรับสภาพน้ำให้มีความขุ่นลดลง ดังนั้นหลังจากการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ทำให้น้ำในแหล่งน้ำใสขึ้น ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างน้ำในบึงแก่นนคร (ก) ก่อนการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์ (ข) หลังการเติมจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์

สรุปผล

การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ กลุ่มจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์เพื่อการบำบัดน้ำเสียนั้นจะใช้จุลินทรีย์ทั้งหมด 3 สกุล *Pediococcus spp.*, *Pichia spp.* และ *Dekkera spp.* โดยเติมในพื้นที่บึงแก่นนครทั้งหมด 10 จุดนั้น สามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบึงแก่นนคร ช่วยเพิ่มค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และสามารถลดปริมาณธาตุอาหารที่เป็นสาเหตุสำคัญสำหรับการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ดีและมีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบึงแก่นนคร ทำให้บึงแก่นนครเป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ และชุมชนโดยรอบพื้นที่มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท จี แอนด์ บี เอนไซม์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์สำหรับการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Zamparas M, Zacharias I. Restoration of eutrophic freshwater by managing internal nutrient loads A review. *Sci Total Environ.* 2014;496:551-62.
2. อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์, อัศมน ลิ้มสกุล, วุฒิชัย แพงแก้ว, บุญชอบ สุทมนัสวงษ์. พลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชัน และเมตาบอลิซึม ของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย [Nutrient dynamics, eutrophication and ecosystem metabolism in Thalenoi wetland]. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม.* 2553;6(2):1-18.
3. มลิวรรณ บุญเสนอ. นิเวศพิษวิทยา (Ecotoxicology). พิมพ์ครั้งที่ 5. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์; 2560.
4. สันตัต ศิริอนันต์ไพบูลย์. ระบบบำบัดน้ำเสีย Wastewater Treatment System. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด; 2557.
5. Rajasekhar P, Fan L, Nguyen T, Roddick FA. A review of the use of sonication to control cyanobacterial blooms. *Water Res.* 2012;46:4319-29.
6. Sharp R, Khunjar W, Daly D, Perez-Terrero J, Chandran K, Niemiec A, et al. Nitrogen removal from water resource recovery facilities using partial nitrification, denitrification-anaerobic ammonia oxidation (PANDA). *Sci Total Environ.* 2020;724:138283.
7. Oelofse A, Pretorius IS, Toit MD. Significance of *Brettanomyces* and *Dekkera* during

- Winemaking: A Synoptic Review. *Enol Vitic.* 2008;29(2):128-44.
8. Jiang CL, Cui GB, Fan XQ. Purification capacity of ditch wetland to agricultural non-point pollutants. *Huan Jiang Ke Xue.* 2004;25:125–8.
 9. บึงแก่นนคร [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เม.ย. 2563]. จาก: <https://www.paiduaykan.com/travel>
 10. Yi L, Gao B, Liu H, ZhangY, Du C, Li Y. Characteristics and assessment of toxic metal contamination in surface water and sediments near a uranium mining area. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:548.
 11. กรมควบคุมมลพิษ. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กฎประกาศ และระเบียบที่เกี่ยวข้องด้านการควบคุมมลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก; 2555.
 12. Ansari AA, Gill SS. Eutrophication: Causes, Consequences and Control. 2nd ed. Switzerland: Springer; 2014.
 13. Lemley DA, Adams JB. Chapter 1 Eutrophication. *Encyclopedia of Ecology.* 2nd ed. Elsevier; 2018.