

ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและคุณลักษณะ
ของน้ำในระบบผลิตฟองอากาศด้วยกลไกการทำความเย็น

**IMPACT OF TEMPERATURE ON DISSOLVED OXYGEN AND WATER
CHARACTERISTICS IN A BUBBLE GENERATION SYSTEM WITH
COOLING MECHANISM**

กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์¹ คุณนิธิ ด้วงผึ้ง² ปรัชญาวุฒิ โทปัน³ วิษณุศาสตร์ อาจโยธา⁴
และ คณินิจ ประคำมินทร์⁵

^{1,2}อาจารย์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000,
¹kittikun.pi@rmuti.ac.th, ²khunnithi.do@rmuti.ac.th

^{3,4,5}อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถนนศรีจันทร์ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000,

³prutchayawoot.th@rmuti.ac.th, ⁴vitsanusat.at@rmuti.ac.th, ⁵khanuengnij.pr@rmuti.ac.th

Kittikun Pituprompan¹, Khunnithi Doungpueng², Prutchayawoot Thopan³,
Vitsanusat Atyotha⁴ and Khanuengnij Prakhammin⁵

^{1,2}Lecturer, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan,
Khon Kaen Campus, 150 Srichan Road, KhonKaen 40000, Thailand,
¹kittikun.pi@rmuti.ac.th, ²khunnithi.do@rmuti.ac.th

^{3,4,5}Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan,
Khon Kaen Campus, 150 Srichan Road, KhonKaen 40000, Thailand,

³prutchayawoot.th@rmuti.ac.th, ⁴vitsanusat.at@rmuti.ac.th, ⁵khanuengnij.pr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและคุณลักษณะของน้ำในระบบผลิตฟองอากาศด้วยกลไกการทำความเย็น โดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 21 °C, 23 °C และ 25 °C และระยะเวลาการเก็บรักษา 3 ช่วงเวลา ภายในระยะ 2 สัปดาห์ ตัวแปรตามที่ได้ศึกษาได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง ผลการวิจัยพบว่า ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงอย่างมี

นัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 21 °C มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุด 11.6 mg/L และที่อุณหภูมิ 25 °C มีค่าต่ำสุด 10.5 mg/L ขณะที่ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำและค่าการนำไฟฟ้า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 25 °C มีค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำสูงสุด 91.7 mg/L และค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด 184.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ความเป็นกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 7.4-7.9 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่ามากกว่าระดับอุณหภูมิต่ำ การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Two-way ANOVA แสดงให้อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง ขณะที่ปัจจัยระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างเพียงบางส่วน และไม่พบปฏิสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาสรุปได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของน้ำ โดยทำให้ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ขณะที่ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำ รวมถึงการจัดการคุณภาพน้ำสำหรับการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อุณหภูมิ, ระยะเวลาเก็บรักษา, ออกซิเจนละลายในน้ำ, ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the impact of temperature on dissolved oxygen and water characteristics in a bubble generation system with cooling mechanism. Experiments were conducted under three temperature conditions (21 °C, 23 °C, and 25 °C) and three storage periods over two weeks. The investigated parameters included dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC), and pH. The findings indicated that DO exhibited a significant decreasing trend with increasing temperature, with the highest value recorded at 21 °C (11.6 mg/L) and the lowest at 25 °C (10.5 mg/L). In contrast, TDS and EC showed significant increasing trends as temperature rose, reaching maximum values of 91.7 mg/L and 184.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectively, at 25 °C. The pH ranged between 7.4 and 7.9, reflecting a tendency toward higher pH values at elevated temperatures. Two-way ANOVA confirmed that temperature exerted significant effects on DO, TDS, EC, and pH, whereas storage duration partially influenced DO and pH. No significant interaction effect between temperature and storage duration was observed. Overall, the results highlight temperature as a critical determinant of water quality characteristics, reducing DO while increasing TDS,

EC, and pH. These insights provide useful implications for optimizing water treatment system design and enhancing water quality management in agricultural applications.

KEYWORDS: Temperature, Storage duration, Dissolved oxygen, Total dissolved solids

1. บทนำ

ชีวิตมีความเกี่ยวข้องอย่างลึกซึ้งกับน้ำ ซึ่งน้ำมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการดำรงสุขภาพโดยรวมของพืช โดยทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสำหรับธาตุอาหาร ตลอดจนส่งเสริมกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในพืช การได้รับน้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช ลดคุณภาพของผลผลิต และอาจนำไปสู่การลดลงของมูลค่าทางเศรษฐกิจในที่สุด บทความส่วนถัดไปจะกล่าวถึงบทบาทเชิงสรีรวิทยาของน้ำในพืชอย่างละเอียด พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากภาวะขาดแคลนน้ำอย่างเป็นระบบ [1] มีการประยุกต์ใช้ฟองอากาศขนาดเล็ก ฟองอากาศมีระยะเวลาการลอยตัวอยู่ในของเหลวที่ยาวนาน และมีศักย์ไฟฟ้าแฝง (Zeta Potential) สูงที่ผิวสัมผัส ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บแก๊สและการถ่ายเทมวล วิธีการสร้างฟองเหล่านี้รวมถึงการเกิดโพรงไอน้ำแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Cavitation) และแบบอิเล็กโทรเคมี (Electrochemical Cavitation) [2]

การเติมฟองอากาศลงในน้ำเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม เช่น ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำและการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากฟองอากาศที่มีขนาดเล็กมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าฟองอากาศขนาดใหญ่ ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซกับของเหลวสูงกว่า ซึ่งช่วยให้การละลายออกซิเจนในน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำและพืช และปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยง สนับสนุนกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสีย ช่วยฟื้นฟูแหล่งน้ำธรรมชาติ ลดปัญหาน้ำเน่าเสีย และควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมถึงในงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเพาะเลี้ยงเซลล์ [3]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและคุณลักษณะของน้ำในระบบผลิตฟองอากาศด้วยกลไกการทำความเย็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของอุณหภูมิของน้ำที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งสามารถนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำ หรือแม้กระทั่งการปรับปรุงคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติในเชิงระบบได้ในอนาคต นอกจากนี้เครื่องจักรกลที่ถูกออกแบบยังเน้นในเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน (Safety Design) และความสะดวกในการเคลื่อนย้าย (Mobility Design) โดยโครงสร้าง

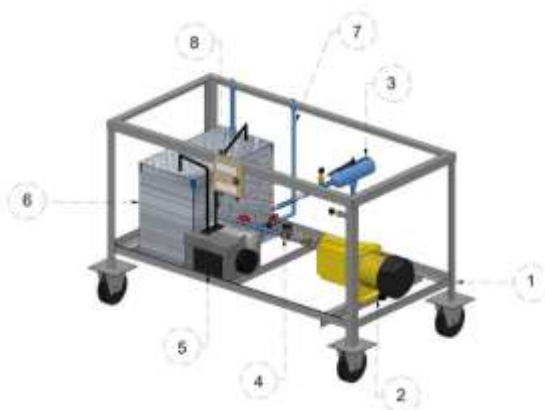
จะเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติทนแรงดันสูงและทนต่อการกัดกร่อนพร้อมกับระบบควบคุมแรงดันอากาศที่มีความเสถียร เพื่อลดความเสี่ยงในการใช้งาน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมอุปกรณ์และวัตถุดิบสำหรับการวิจัย

คณะผู้จัดทำได้ใช้ต้นแบบเครื่องผลิตฟองอากาศในน้ำด้วยการลดอุณหภูมิของน้ำที่พัฒนาขึ้น โดยเป็นต้นแบบเครื่องที่เน้นในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเป็นอันดับแรกและมีความถูกต้องเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ ได้พิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ คุณสมบัติการละลายของก๊าซออกซิเจนในน้ำ และหลักการทำงานของเครื่องผลิตออกซิเจน รวมถึงการใช้เทคนิคการลดอุณหภูมิของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพการละลายออกซิเจน ส่วนประกอบของเครื่อง 8 ส่วน ดังรูปที่ 1 หมายเลขที่ 1 โครงสร้างของเครื่อง หมายเลขที่ 2 ชุดปั๊มกำเนิดฟองอากาศขนาด 1 HP หมายเลขที่ 3 กระบอกอัดแรงดันช่วยในการอัดอนุภาคน้ำด้วยแรงดันของน้ำ หมายเลขที่ 4 ท่อทางเข้าน้ำที่มีฟองอากาศ หมายเลขที่ 5 เครื่องลดอุณหภูมิ น้ำ หมายเลขที่ 6 ถังน้ำขนาด 100 ลิตร ใช้ในการเก็บน้ำที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ หมายเลขที่ 7 ท่อสำหรับล้างปั๊ม หมายเลขที่ 8 ชุดตู้ควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิจะตรวจจับอุณหภูมิของน้ำในระบบ เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงจนถึงค่าที่กำหนด ระบบจะสั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิดเพื่อให้น้ำไหลผ่านเข้าไปในเครื่องผลิตฟองอากาศ

การเตรียมอุปกรณ์และวัตถุดิบสำหรับการทดลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องและความปลอดภัยของการทดลอง ในที่นี้ได้เตรียมเครื่องมือวัดคุณภาพของน้ำประกอบด้วย Multiparameter Meter รุ่น HANNA รุ่น HI 9829 ดังรูปที่ 2 (ก) EUTECH CyberScan CON 11 Conductivity/TDS/°C Meter ดังรูปที่ 2 (ข) และ Testo 835-T2 Infrared Thermometer ดังรูปที่ 2 (ค)



รูปที่ 1 เครื่องผลิตฟองอากาศด้วยกลไกการทำความร้อน



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2 เครื่องมือวัดคุณภาพของน้ำ

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบอุณหภูมิและระยะเวลาต่อคุณสมบัติของน้ำ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยมีตัวแปรต้นคือ อุณหภูมิในการผลิตฟองอากาศ จำนวนระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำ 3 ช่วงเวลา และมีตัวแปรตามคือ คุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO), ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids: TDS), ค่าน้ำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC), และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตัวแปรควบคุมในการทดลองได้แก่ ถึงภาชนะในการเก็บรักษาน้ำแบบปิด และห้องที่อุณหภูมิปกติ

2.3 ขอบเขตของการวิจัยและข้อจำกัด

การวิจัยนี้ใช้เครื่องกำเนิดฟองอากาศที่สร้างโดยเฉพาะ ทดลองในถังน้ำประปาปิดขนาด 100 ลิตร ภายใต้อุณหภูมิ 20-26 °C เพื่อศึกษาคุณสมบัติน้ำ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าน้ำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำหลังจากการผลิตฟองอากาศ คือ 2 สัปดาห์ พิจารณาอุณหภูมิ (Temperature: Temp) 3 ช่วงคือ 21, 23 และ 25 °C โดยวิเคราะห์ด้วยแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยกำหนดให้บล็อกคือระยะเวลา (Week) และการทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Tukey (Tukey's Honestly Significant Difference หรือ Tukey's HSD) ผลลัพธ์สามารถอ้างอิงได้เฉพาะช่วงอุณหภูมิที่กำหนดและน้ำประปาเท่านั้น ไม่ครอบคลุมแหล่งน้ำธรรมชาติหรือสภาวะแวดล้อมอื่น อีกทั้งการติดตามผลเป็นระยะสั้น ไม่สะท้อนผลระยะยาว ดังนั้นการสรุปผลถูกจำกัดอยู่ในสภาวะที่ใกล้เคียงกับการทดลองเท่านั้น โดยใช้โปรแกรม JAMOV เวอร์ชัน 2.6 (<https://www.jamovi.org>) ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้

2.4 สมมติฐานงานวิจัย

อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำต่อค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าน้ำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง แตกต่างกัน

3. ผลการวิจัย

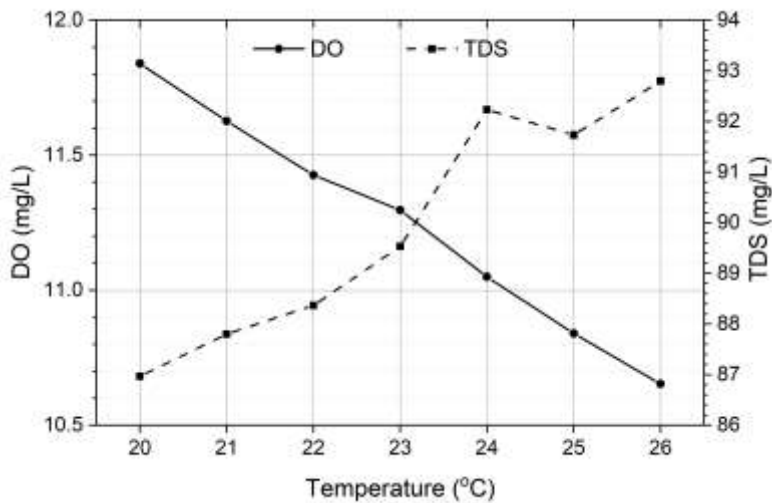
3.1 ผลการเปรียบเทียบในการทดลอง

ในการทดลองคณะวิจัยได้เลือกใช้น้ำประปาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เขตขอนแก่น โดยทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่ผ่านกระบวนการกรองและเลือกน้ำที่เหมาะสมในการทดลอง ได้ค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 1 น้ำกรองมีคุณภาพทางเคมีที่เหมาะสมมากกว่า การใช้ งานในระบบที่ต้องการน้ำสะอาด เนื่องจากมีค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำและค่าการนำไฟฟ้า ต่ำกว่าน้ำที่ไม่ผ่านกระบวนการกรอง [4]

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการทดลอง

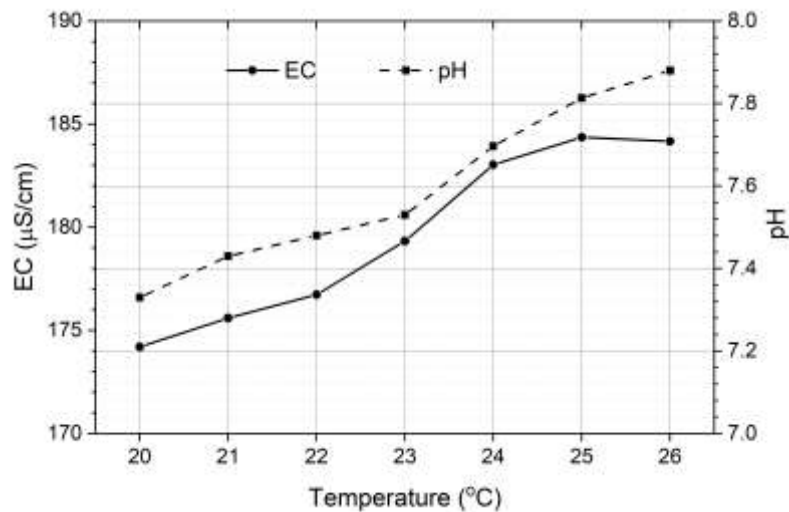
ค่าพารามิเตอร์	หน่วย	น้ำประปา	น้ำประปาผ่านกระบวนการกรอง
ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	ml/L	6.27	8.22
ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (TDS)	ml/L	96.97	85.88
การนำไฟฟ้า (EC)	$\mu\text{S/cm}$	194.82	171.48
ความเป็นกรด - ด่าง (pH)		7.69	7.87

ในการลดอุณหภูมิของน้ำใช้ถึงพักน้ำขนาด 100 ลิตร สำหรับการหมุนเวียนน้ำในกระบวนการทำน้ำเย็นของเครื่องลดอุณหภูมิ ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุก 10 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำลดลงถึงอุณหภูมิที่กำหนด 7 ระดับ จาก 20 ถึง 26 °C โดยลดลงทีละ 1 °C จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของน้ำ และประเมินคุณสมบัติของน้ำเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ช่วงเวลา ซึ่งข้อมูลที่ต้องเก็บมีดังนี้ วัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าน้ำไฟฟ้า ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำกับค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) และค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (TDS)

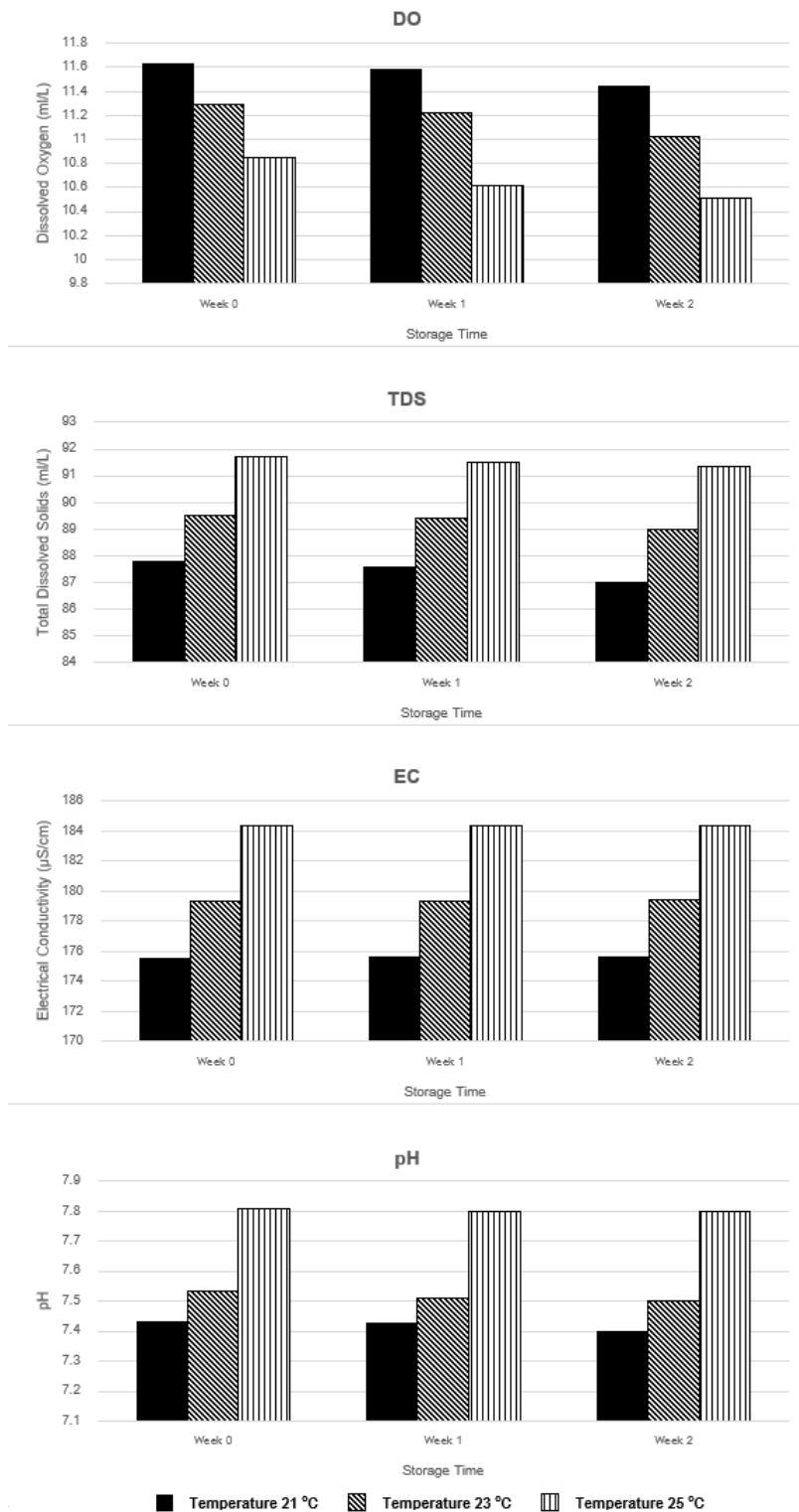
1) จากการศึกษาการเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทดสอบซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำ จากรูปที่ 3 เมื่อผลของอุณหภูมิต่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำแสดงดังเส้นกราฟแบบทึบ และปริมาณของแข็งละลายในน้ำแสดงดังเส้นกราฟแบบประ ความเข้มข้นของค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่อุณหภูมิจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ลดลงอย่างชัดเจน [5] ค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ลดลงจาก 11.84 mg/L ที่อุณหภูมิ 20°C เหลือเพียง 10.67 mg/L ที่ 26°C แสดงถึงความสามารถในการละลายออกซิเจนของน้ำที่ลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเติมฟองอากาศในระบบด้วยวิธีดังกล่าวเมื่อเทียบกับ Fondriest Environmental [6] ได้รายงานว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 °C และ 26 °C มีค่าเท่ากับ 9.8 mg/L และ 8.4 mg/L ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการรายงานของ Fondriest Environmental [6] พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น 20.8% และ 27.0% ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 26 °C ตามลำดับเมื่อมีฟองอากาศอยู่ในน้ำ ขณะเดียวกัน ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 86.9 mg/L เป็น 92.8 mg/L ในช่วงอุณหภูมิ 20-26 °C ซึ่งบ่งชี้ว่าการเพิ่มของอุณหภูมิอาจส่งผลต่อการละลายของแร่ธาตุหรือสารละลายในน้ำ



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

2) จากการศึกษาในรูปที่ 4 สามารถวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของน้ำในด้านค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรมของค่าอย่างชัดเจน ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 °C อยู่ที่ 184.3 μS/cm ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเป็นการแปรผันโดยตรงกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ [7] และค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 26 °C อยู่ที่ 7.9

ค่าพารามิเตอร์ทั้งค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ แต่ในช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่ 25 °C มีเพียงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้ามีการชะลอตัว ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดขอบเขตอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการที่ต้องการควบคุมคุณภาพน้ำ เช่น การปลูกพืชในระบบน้ำหมุนเวียน หรือการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบควบคุม



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและคุณสมบัติของน้ำกับระยะเวลาการเก็บรักษา

3) จากการศึกษาในรูปที่ 5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติน้ำภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันและระยะเวลาเก็บรักษา พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยน้ำที่อุณหภูมิ 21 °C มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงสุด อยู่ที่ 11.6 mg/L ในระยะที่เริ่มเก็บรักษาน้ำขณะที่น้ำที่อุณหภูมิ 25 °C มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำที่สุด อยู่ที่ 10.5 mg/L ในระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาเก็บรักษาในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกระดับอุณหภูมิ

สำหรับค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำและค่าการนำไฟฟ้าพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 25 °C มีค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำและค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดในระยะที่เริ่มเก็บรักษาน้ำ อยู่ที่ 91.7 mg/L และ 184.374 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิ 21 °C มีค่าต่ำที่สุดในระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำสัปดาห์ที่ 2 อยู่ที่ 87.01 mg/L และ 175.63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ตามลำดับ พบว่าในแต่ละสัปดาห์การเก็บรักษาน้ำทำให้ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำและค่าการนำไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยคงค่าที่สูงในกลุ่มอุณหภูมิสูงอย่างต่อเนื่อง แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการละลายของสารละลายในน้ำ

ค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่าอุณหภูมิต่ำกว่ามีค่าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า โดยน้ำที่อุณหภูมิ 25 °C มีค่า pH สูงกว่าที่ 21 °C และ 23 °C อย่างชัดเจน ในระยะที่เริ่มเก็บรักษาค่าสูงสุด อยู่ที่ 7.8 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 2 มีค่าต่ำอยู่ที่ 7.4 เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในช่วงสัปดาห์เริ่มต้นถึงสัปดาห์ที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย [8]

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อคุณสมบัติน้ำ โดยเฉพาะปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำซึ่งลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ในขณะที่ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนผลของระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำ 2 สัปดาห์มีผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอย่างชัดเจน [9] แต่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่าง เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎีการละลายก๊าซในน้ำที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายออกซิเจนจะลดลง ในขณะที่การละลายของสารแข็งและการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ [10]

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของงานวิจัย

การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของน้ำจากตารางที่ 2-5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบสองปัจจัย (Two-way ANOVA) ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยพิจารณา ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำต่อคุณสมบัติ 4 ด้าน ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่านำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง

โดยแต่ละตารางแสดงค่า SS (Sum of Squares), DF (Degrees of Freedom), MS (Mean Square), F (F-ratio) และ Sig. (ระดับนัยสำคัญ)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาห้ำต่อค่าปริมาณออกซิเจนละลายในห้ำ (DO)

Source	SS (Type III)	DF	MS	F	Sig.
Temp	12.192	2	6.096	14.285	<0.001
Week	1.017	2	0.508	1.191	0.309
Temp * Week	0.115	4	0.029	0.067	0.992
Error	34.567	81	0.427		

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเพื่อศึกษาผลของ อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาห้ำต่อค่าปริมาณของแข็งละลายในห้ำ (TDS)

Source	SS (Type III)	DF	MS	F	Sig.
Temp	248.025	2	124.013	30.282	<0.001
Week	5.322	2	2.661	0.650	0.525
Temp * Week	0.589	4	0.147	0.036	0.997
Error	331.719	81	4.095		

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเพื่อศึกษาผลของ อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาห้ำต่อค่านำไฟฟ้า (EC)

Source	SS (Type III)	DF	MS	F	Sig.
Temp	1157.688	2	578.844	63.485	<0.001
Week	0.016	2	0.008	0.001	0.999
Temp * Week	0.016	4	0.004	0.000	1.000
Error	738.544	81	9.118		

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาหน้าต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Source	SS (Type III)	DF	MS	F	Sig.
Temp	2.382	2	1.191	682.818	<0.000
Week	0.008	2	0.004	2.282	<0.109
Temp * Week	0.003	4	0.001	0.423	0.792
Error	0.141	81	0.002		

จากการศึกษาตารางที่ 2-5 พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทดลองส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำทั้ง 4 ประกอบด้วย ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่านำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยพารามิเตอร์ ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และปริมาณของแข็งละลายในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าลดลง ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทดลองและระยะเวลาการเก็บรักษาหน้าไม่มีผลกระทบอย่างเด่นชัดในงานทดลองในครั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นต้องพิจารณาปัจจัยอุณหภูมิตัวแปรแต่ละตัวตามอุณหภูมิ โดยการใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey ดังตารางที่ 6-9 [11]

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey เพื่อหาความแตกต่างระหว่างระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาหน้ากับค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)

Post Hoc Comparisons – Temp

Comparison							
Temp	-	Temp	Mean Difference	SE	df	t	P _{Tukey}
21	-	23	0.38	0.17	81.00	2.23	0.071
	-	25	0.90	0.17	81.00	5.32	<0.001
23	-	25	0.52	0.17	81.00	3.09	0.008

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey เพื่อหาความแตกต่างระหว่างระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาน้ำกับค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (TDS)

Comparison			Mean Difference	SE	df	t	p _{tukey}
Temp	-	Temp					
21	-	23	-1.85	0.52	81.00	-3.54	0.002
	-	25	-4.06	0.52	81.00	-7.77	<0.001
23	-	25	-2.21	0.52	81.00	-4.23	<0.001

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey เพื่อหาความแตกต่างระหว่างระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาน้ำกับการเก็บรักษาน้ำต่อค่านำไฟฟ้า (EC)

Comparison			Mean Difference	SE	df	t	p _{tukey}
Temp	-	Temp					
21	-	23	-3.74	0.78	81.00	-4.79	<0.001
	-	25	-8.75	0.78	81.00	-11.23	<0.001
23	-	25	-5.02	0.78	81.00	-6.44	<0.001

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey เพื่อหาความแตกต่างระหว่างระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาน้ำกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Comparison			Mean Difference	SE	df	t	p _{tukey}
Temp	-	Temp					
21	-	23	-0.10	0.01	81.00	-8.81	<0.001
	-	25	-0.38	0.01	81.00	-35.49	<0.001
23	-	25	-0.29	0.01	81.00	-26.68	<0.001

จากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในตารางที่ 6-9 พบว่าตัวแปรคุณภาพน้ำที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 21 °C, 23 °C และ 25 °C โดยค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 21 °C ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำสูงที่สุด และ 25 °C ให้ค่าน้อยที่สุด แสดงถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่ทำให้การละลายออกซิเจนในน้ำลดลง ค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

อุณหภูมิ โดยค่าเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 25 °C สูงที่สุด และต่ำที่สุดที่ 21 °C ค่านำไฟฟ้ามีค่ามากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สะท้อนถึงความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิและปริมาณของแข็งละลาย

4. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและคุณลักษณะของน้ำในระบบผลิตฟองอากาศด้วยกลไกการทำความเย็น โดยพิจารณาพารามิเตอร์ที่สำคัญของคุณสมบัติหลัก 4 ด้าน ประกอบด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ความนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง

คณะผู้จัดใช้เครื่องผลิตฟองอากาศในน้ำด้วยกลไกการทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการละลายออกซิเจน การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน [11] เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยลดลงจาก 11.84 mg/L ที่ 20 °C เหลือเพียง 10.67 mg/L ที่ 26 °C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำเพิ่มขึ้นจากประมาณ 86.9 mg/L เป็น 92.8 mg/L ในช่วงอุณหภูมิ 20-26 °C ซึ่งบ่งชี้ว่าการเพิ่มของอุณหภูมิอาจมีผลต่อการละลายของแร่ธาตุหรือสารละลายในน้ำในการศึกษาครั้งนี้ ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 °C อยู่ที่ 184.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเป็นการแปรผันโดยตรงกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอุณหภูมิและค่าการนำไฟฟ้า อันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของไอออนในน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เพิ่มขึ้นจากระดับ 7.35 ไปจนถึงค่าประมาณ 7.90 ที่อุณหภูมิ 26 °C แสดงถึงแนวโน้มที่น้ำมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Two-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำทั้ง 4 ด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อคุณสมบัติในทุกระยะเวลา ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาไม่มีผลกระทบอย่างชัดเจนในทุกกรณีสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ โดยจากการวิจัยในครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ศึกษาพบแนวโน้มที่เกิดขึ้นคือ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำ ค่าความนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการศาสตร์อุตสาหกรรม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น หน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย สำหรับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

References

- [1] Mengel K, Kirkby EA, Kosegarten H, Appel T. Plant water relationships. In: Mengel K, Kirkby EA, Kosegarten H, Appel T, editors. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Springer; 2001. p. 181-42.
- [2] Zhou Y, Han Z, He C, Feng Q, Wang K, Wang Y, et al. Long-term stability of different kinds of gas nanobubbles in deionized and salt water. Materials 2021;14:1808. doi: 10.3390/ma14071808.
- [3] Stefanescu MF, Sima NV, Boltinescu MM, Petrosel M, Constantin M. Design and construction of an installation for testing bubble generators used for water aeration. Asian Journal of Applied Science and Technology 2020;4(4):73-81.
- [4] Mohsin M, Safdar S, Asghar F, Jamal F. Assessment of drinking water quality and its impact on residents health in Bahawalpur city. International Journal of Humanities and Social Science 2013;3(15):114-28.
- [5] Eheart JW, Park H. Effects of temperature variation on critical stream dissolved oxygen. Water Resources Research 1989;25(2):145–51. doi: 10.1029/WR025i002p00145.
- [6] Fondriest Environmental, Inc. Dissolved oxygen [internet]. 2013 [cited 2025 Sep 17]. Available from: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>.
- [7] Hayashi M. Temperature-electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion. Environmental Monitoring and Assessment 2004;96:119-28. doi: 10.1023/B:EMAS.0000031719.83065.68.
- [8] Zha Y, Cao B, Ni L, Huang Y. Effects of boiling and storage on water quality of tap water, spring water, and bottled water. Water 2025;17(9):1330. doi: 10.3390/w17091330.
- [9] Yavuz VS. Impact of temperature and flow rate on oxygen dynamics and water quality in major Turkish rivers. Scientific Reports 2025;15:22830. doi: 10.1038/s41598-025-06433-8.

- [10] Adjovu GE, Stephen H, Ahmad S. A machine learning approach for the estimation of total dissolved solids concentration in Lake Mead using electrical conductivity and temperature. Water 2023;15(13):2439. doi: 10.3390/w15132439.
- [11] Febiyanto F. Effects of temperature and aeration on the dissolved oxygen (DO) values in freshwater using simple water bath reactor: a brief report. Walisongo Journal of Chemistry 2020;3(1):25–30. doi: 10.21580/wjc.v3i1.6108.

ประวัติผู้เขียนบทความ



กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์
อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์
ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น E-Mail: Kittikun.pi@rmuti.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ: เทคโนโลยีด้านการเกษตร, ระบบน้ำเพื่อการเกษตร, การ
อบแห้งผลผลิตทางการเกษตร, เทคโนโลยีน้ำไมโคร/นาโน



คุณนิธิ ดั่งผึ้ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.
เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น E-Mail: khunnithi.do@rmuti.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ: ระบบน้ำเพื่อการเกษตร, เครื่องจักรกลเกษตร, เทคโนโลยี
ด้านการเกษตร,



ปรัชญาวุฒิ โถบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขต
ขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น
E-Mail: prutchayawoot.th@rmuti.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ : เทคโนโลยีน้ำไมโคร/นาโน, ฟิสิกส์ประยุกต์, วัสดุนาโน



วิษณุศาสตร์ ออจโยธา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น
E-Mail: vitsanusat.at@rmuti.ac.th

งานวิจัยที่สนใจ: กัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อม, เทคโนโลยีนิวเคลียร์,
ธรณีฟิสิกส์ และอนามัยสิ่งแวดล้อม



คณินิจ ประคำมินทร์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาสถิติประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น
E-Mail: khanuengnij.pr@rmuti.ac.th

งานวิจัยที่สนใจ: สถิติประยุกต์

Article History:

Received: July 13, 2025

Revised: November 12, 2025

Accepted: November 14, 2025