

การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาด้วยกระบวนการอิเล็กโทรโคแอกกูเลชัน

A Water Treatment Process by Electrocoagulation

บรรดาล เจริญศิริ^{1*}, กรกต วัฒนสัจจานุกูล², ศราวุธ กระสาย³

จิรพัฒน์พงษ์ เสนาบุตร⁴, กนกพงษ์ ศรีเที่ยง⁵, วิเชษฐ์ ทิพย์ประเสริฐ⁶ และ นพพร พัชรประกิต⁷

Bandan Charoensiri^{1*}, Korakot Wattanasatlanukul², Sarawoot Krasai³

Jirapatpong Senabut⁴, Kanokpong Sritieng⁵, Wichet Tippasert⁶ and Nopporn Patcharaprakiti⁷

^{1,2,3,6,7} สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

^{4,5} สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

^{1,2,3,6,7} Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

^{4,5} Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

* Corresponding author e-mail: Bandan_ch37@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่ออุปโภค จาก อ่างเก็บน้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เชียงราย ซึ่งน้ำทิ้งที่ใช้ระบบบำบัดดั้งเดิมที่ผ่านการบำบัดแล้ว ยังไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เนื่องจากระยะเวลาในการบำบัดไม่เพียงพอ โดยเทคนิคที่นำเสนอ ประกอบด้วย กระบวนการตกตะกอนทางไฟฟ้า อิเล็กโทรโคแอกกูเลชัน โดยวิธีอิเล็กโทรโคแอกกูเลชัน ขั้วแอโนดและขั้วแคโทด จะใช้เป็นแผ่นอลูมิเนียม เพื่อลดค่า BOD และสารแขวนลอย โดยน้ำทั้งหมดนำมาบำบัดมาจาก อ่างเก็บน้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เชียงราย ซึ่งได้นำมาทดสอบนำบำบัดระบบดังกล่าวและทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ กระแสไฟฟ้า, แรงดัน, ความเป็นกรดด่าง, สภาพความนำไฟฟ้า, Total Dissolved Solid(TDS), Dissolved Oxygen(DO), Biochemical Oxygen Demand(BOD) และอุณหภูมิ ผลการทดลอง พบว่า น้ำที่ผ่านกระบวนการวิธีอิเล็กโทรโคแอกกูเลชัน มีค่า DO สูงขึ้น ค่า BOD, TDS ลดลง และน้ำที่ได้มีสีที่ใสขึ้น

คำสำคัญ: น้ำเสีย, อิเล็กโทรโคแอกกูเลชัน

Abstract

This paper proposes technique of water treatment by using electro-coagulation Method. This system is composed of electric DC Source 200 V 30 A connect to the Anode and Cathode Terminal. The sample water from reservoir in Rajamangala University of Technology Chiang rai Campus is flow into the system in order to improve quality. The water treatment experimental has implemented and parameter of electro-coagulation and water quality parameter are collected such as electric voltage, electric current, pressure, pH, conditions Conductivity, Total Dissolved. Solid (TDS), Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and temperature. The result found that the water quality has improved such DO higher and BOD, TDS, SS is reduced and more clearness water is received.

Keywords: Wastewater, Electro-coagulation

บทนำ

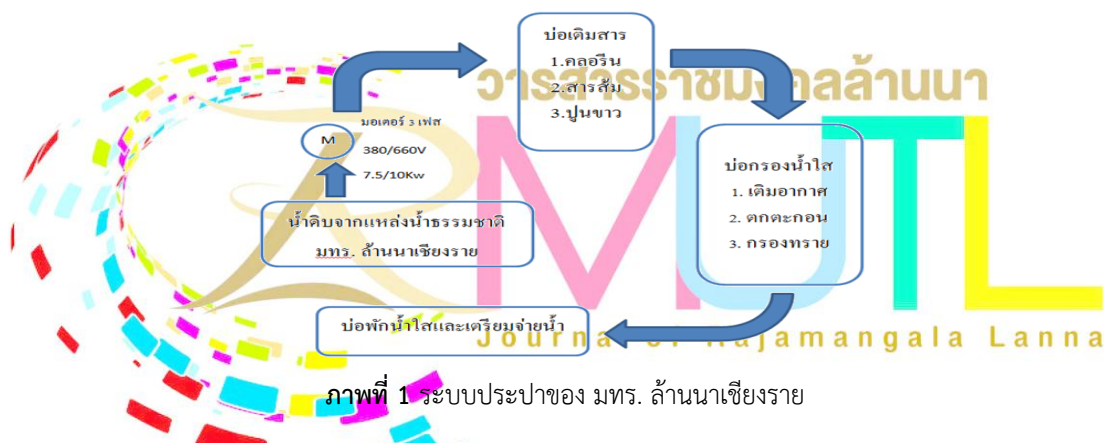
จากการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา เชียงราย เป็นอ่างเก็บน้ำใช้สำหรับอุปโภค ภายใน มหาวิทยาลัย ในการนำน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นน้ำประปา ซึ่งมี

การใช้เครื่องปั้มน้ำจำนวน 3 ตัว ขนาดมอเตอร์ 3 เฟส 380/660V 7.5/10Kw ใช้งาน ประมาณ 15 ชั่วโมง/วัน ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากการผลิตน้ำประปาของ มหาวิทยาลัย เป็นระบบถังหมักเพื่อตกตะกอน เติมน้ำ และ บ่อเติมอากาศ จำเป็นต้องใช้

เวลาและพื้นที่จำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและนำ การบำบัด น้ำโดยวิธีอิเล็กโทรโคแอกูเลชัน มาประยุกต์ใช้ เนื่องจากวิธีการบำบัดน้ำด้วยอิเล็กโทรโคแอกูเลชัน เป็นวิธีที่ใช้พื้นที่น้อยและระยะเวลาในการบำบัดน้อย และยังสามารถทำให้ตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้เร็วกว่าเพื่อลด ค่าใช้จ่ายสารเคมี สามารถแยก ตะกอนแล้วกำจัดสาร แขนวลอยได้หลายชนิด เช่น ไขมัน, โปรตีน, โลหะหนัก ชนิดต่างๆ, สารแขวนลอยชนิดต่างๆ, เชื้อโรค, แบคทีเรีย หรือไวรัส โดยไม่ต้องใช้สารเคมี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงน้ำด้วยวิธีการอิเล็กโทรโคแอกูเลชัน
2. เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของระบบปรับปรุงน้ำและหา ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุง



ภาพที่ 1 ระบบประปาของ มทร. ล้านนาเชียงราย

2. หลักการทำงานของอิเล็กโทรโคแอกูเลชัน

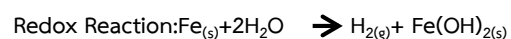
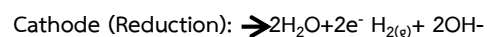
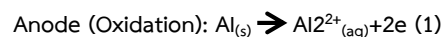
หลักการทำงานของกระบวนการการรวมตะกอนทางไฟฟ้า ประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะใช้ ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าในถังปฏิกรณ์ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ ขั้วบวก (anode) ทำให้โลหะ เกิดการสีกกร่อนและละลายอยู่ในน้ำ ขณะเดียวกันที่ ขั้วลบ (cathode) จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันของน้ำ โดยน้ำ จะ แตกตัวให้ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ดังแสดงใน สมการที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไปน้ำจะมี สภาพเป็นด่าง และทำให้เกิดกลุ่ม ตะกอนของเฟอร์รัส

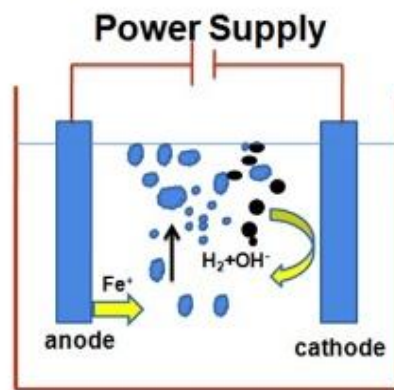
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

1. ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ (การประปาส่วน ภูมิภาค, 2550)

น้ำดิบที่ผ่านการตรวจสอบ จะถูกสูบเข้าสู่ถังเก็บน้ำ ดิบและจะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว ตามสัดส่วนที่ตรวจสอบได้เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดิบ น้ำที่มีความขุ่นมากจะใช้สารละลายสารส้มช่วยให้มี การตกตะกอน ได้ดียิ่งขึ้น และใช้สารละลายปูนขาว ช่วย ยับยั้งการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำซึ่งมี มากในฤดูฝน บางครั้งจะมีการเติมคลอรีนเพื่อทำการฆ่า เชื้อโรคที่อาจปะปนมากับน้ำในขั้นต้นนี้ก่อน น้ำดิบที่ผ่าน การปรับปรุงคุณภาพแล้วจะถูกส่งต่อไปยังถังตกตะกอน ต่อไป

ไอออนและเฟอร์ริกไอออน ในรูปของเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ และเฟอร์ริกไดออกไซด์ ซึ่งสามารถตกตะกอนสีในน้ำเสีย และสิ่งสกปรกได้ ฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจะเกาะติดกับตะกอน และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ (Electro flotation) กระบวนการอิเล็กโทรโคแอกูเลชันแสดงดังรูปที่ 1





ภาพที่ 2 การแยกตะกอนน้ำเสียด้วยอิเล็กโทรโคแอกูเลชัน(สมพงษ์ หิรัญมาศสุวรรณ, 2551)

โดยความหนาแน่นกระแส J อัตราส่วนของกระแส
ต่อหนึ่งหน่วย ดัง สมการที่ 2

$$J = I/A \quad (2)$$

โดย A เป็นพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.) I เป็นกระแส (A)
เมื่อใดที่เกิดความต่าง ศักย์ระหว่างขั้วของตัวนำจะเกิด
ความหนาแน่นกระแส และสนามไฟฟ้า ตามสมการที่ 3

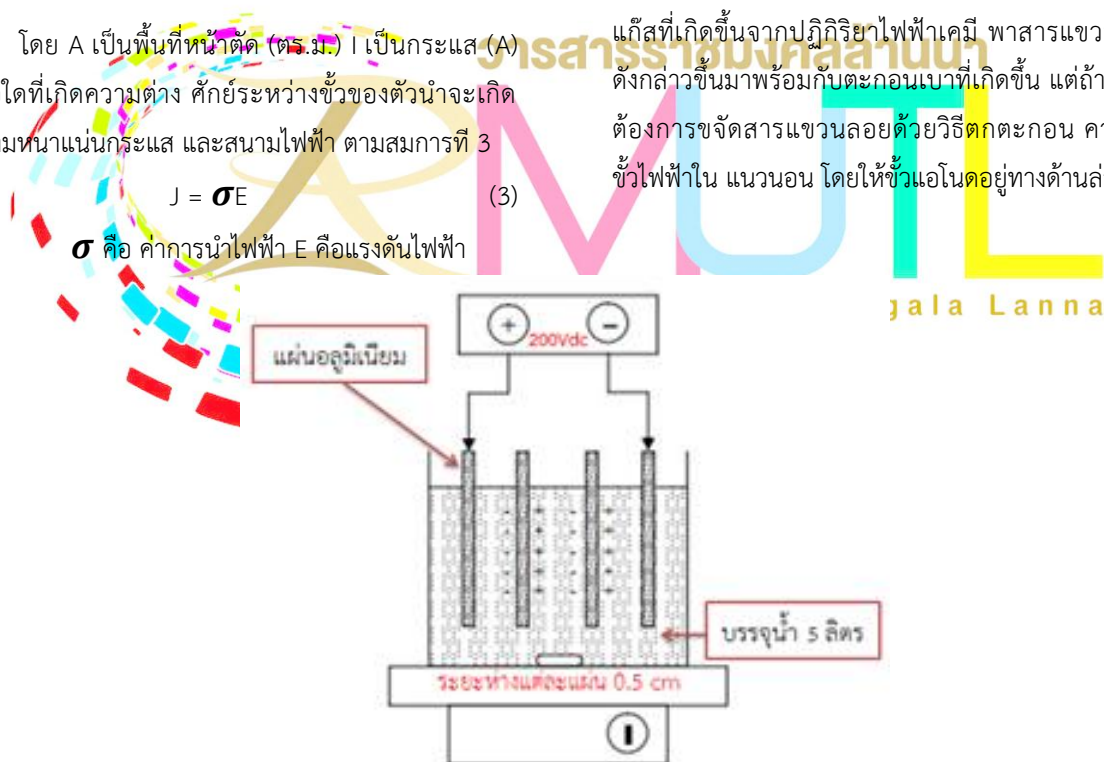
$$J = \sigma E \quad (3)$$

σ คือ ค่าการนำไฟฟ้า E คือแรงดันไฟฟ้า

3. ลักษณะการต่อขั้วอิเล็กโทรด

การวางขั้วไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความต้องการของวิธีที่ใช้

ในการบำบัดน้ำ ระบบบำบัดต้องการการจัดสารแขวนลอย
ด้วยวิธีทำให้ลอย ควรวาง ขั้วไฟฟ้าในแนวตั้ง เพื่อให้ฟอง
แก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี พาสารแขวนลอย
ดังกล่าวขึ้นมาพร้อมกับตะกอนเบาที่เกิดขึ้น แต่ถ้าระบบ
ต้องการจัดสารแขวนลอยด้วยวิธีตกตะกอน ควรวาง
ขั้วไฟฟ้าใน แนวนอน โดยให้ขั้วแอโนดอยู่ทางด้านล่าง



ภาพที่ 3 การต่อขั้วอิเล็กโทรด (วรุณี ยาวิเลียง และ อรรถชัย ปวงจันทร์)

4. ขั้วอิเล็กโทรด

อะลูมิเนียม เป็นโลหะที่พบมากเป็นอันดับ 3 ใน
เปลือกโลก โดยมีลักษณะเป็นสีขาว น้ำหนักเบา และแข็ง
มาก แต่ไม่เปราะ จึงสามารถ ทำให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้

ตามต้องการ อะลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับโลหะ ตัวอื่นๆ
ได้อย่างว่องไว มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +3 และ $Al+3$
อยู่ในน้ำจะ สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮดรอลิซิสและไฮโดรไลซิส
ขึ้นได้ สแตนเลส หรือ เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นเหล็กที่มี

ปริมาณคาร์บอนต่ำ (น้อยกว่า 2%) ของน้ำหนักรวม มีส่วนผสมของของโครเมียม อย่างน้อย 10.5% มีจุดหลอมเหลวสูง และมีค่าความร้อนระดับปานกลาง

5. การคำนวณหาค่า DO, BOD TDS และ EC

5.1 วิธีโดยตรง หาได้จากสมการที่ 4

$$\text{BOD (mg/L)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5 \quad (4)$$

DO₀ คือ ค่า DO ของตัวอย่างที่ไต่เตรตวันแรก

DO₅ คือ ค่าเฉลี่ย DO ของตัวอย่างที่ไต่เตรตได้หลังจากเก็บใน incubator 5 วัน

5.2 วิธีทำให้เจือจาง หาได้จากสมการที่ 5

$$\text{BOD (mg/L)} = [(\text{DO}_0 - \text{DO}_5) - (\text{B}_1 - \text{B}_2)f] \times 100P \quad (5)$$

เมื่อ DO₀ คือ ค่า DO ของตัวอย่างที่ไต่เตรตวันแรก DO₅ ค่าเฉลี่ย DO ของตัวอย่างที่ไต่เตรตได้หลังจากเก็บใน incubator 5 วัน P คือเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่ใช้ (เช่น 5%, 10%) B₁ คือค่า DO ของ seed control ที่ทำการเจือจางในวันแรก B₂ ค่าเฉลี่ย DO ของ seed control ที่ทำการเจือจางเก็บใน incubator 5 วัน f คือ

อัตราส่วนน้ำเชื้อ (seed) ใน ตัวอย่างต่อ seed control และ $f = \% \text{ น้ำเชื้อใน DO}_0$

ค่า EC สามารถนำไปคำนวณเป็นค่า TDS ได้จากสมการด้านล่าง (ค่าโดยประมาณ)

$$\text{TDS (ppm)} = 0.64 \times \text{EC } (\mu\text{S/cm})$$

$$= 640 \times \text{EC (dS/m)}$$

โดย dS/m : deciSiemens/m คือ 1 dS/m

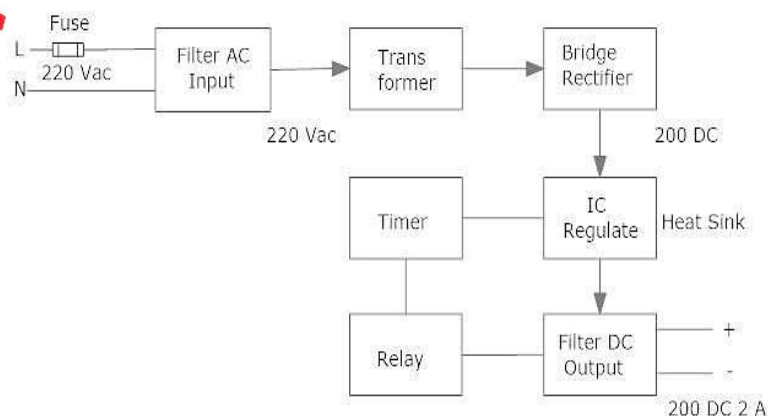
$$= 1000 \mu\text{S/cm}$$

การดำเนินงาน

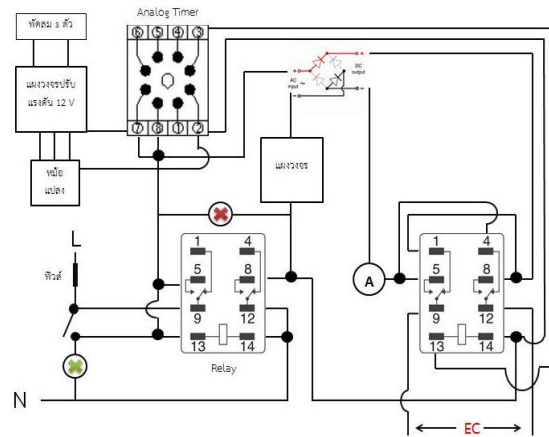
1. การสลับขั้วไฟฟ้าและสมมติฐานการวิจัย (ณัฐ

จันทร์ครบ และ พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี, 2554)

การสลับขั้วไฟฟ้าเพื่อสลับเปลี่ยนการเป็นแคโทด/แอโนด ของอิเล็กโทรดใช้งานอยู่ ผลดังกล่าวทำให้อิเล็กโทรดแต่ละตัวมี การจ่ายอิเล็กตรอนเมื่อเป็นแอโนด และรับอิเล็กตรอนเมื่อเป็น แคโทดสลับกัน ทำให้ไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการมี โอกาสสลับขั้วหลุดร่วงออกจากแผ่นอิเล็กโทรดได้และด้วยแผ่น อิเล็กโทรดที่ใช้นั้นเป็นโลหะต่างชนิดกันการจับตัวยึดติดกันของไฮดรอกไซด์ก็จะน้อยลง ส่งผลต่อการสลับให้หลุดร่วงออกได้ง่ายยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4 โค้ดอะแกรมวงจรไฟสลับขั้ว



ภาพที่ 5 วงจรแหล่งจ่ายให้กับแผ่นอิเล็กโทรด

2. ขั้นตอนการทำการบำบัดน้ำเสีย

นำน้ำที่ได้จากอ่างน้ำของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ล้านนาเชียงราย มาทำการปรับปรุงโดยจะใช้แรงดันไฟฟ้า
อยู่ที่ 200 Vdc โดยใช้ขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้ว คือ แคโทด
และ แอโนด ขนาดของ ขั้วอิเล็กโทรดที่ใช้ขนาดอยู่ที่ 20
cm x 40 cm ขั้วอิเล็กโทรดจะวางสลับกันเริ่มจากขั้ว

แคโทด แล้วต่อด้วยขั้วแอโนด สลับกันไป โดยระยะห่าง
ระหว่างขั้วแต่ละขั้วมี 0.5 cm. ทำการทดลองกับน้ำ 10
ลิตร ในระหว่างการทดลองจะทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า
กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิของน้ำ และ ตัวอย่างน้ำที่ทำการ
บำบัด (เก็บตัวอย่างน้ำทุก 10 นาที) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 6 ลักษณะและการวางขั้วอิเล็กโทรด



ภาพที่ 7 เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นทำให้เกิดฟองลอยขึ้นมาพร้อมกับตะกอนที่แยกตัวออกจากน้ำ

ทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และ อุณหภูมิ และ ตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัด ทุกๆ 10 นาที ในขณะที่ทดลองเมื่อเวลาผ่านไปชักฟักในชุดบำบัด

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น ทำให้เกิดฟองลอยขึ้นมา พร้อมกับตะกอนที่แยกตัวออกจากน้ำ



ภาพที่ 8 เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมง มีตะกอนจำนวนมากลอยอยู่บนผิวน้ำ

จากภาพที่ 7 และภาพที่ 8 สังเกตได้ว่ามีตะกอนที่ แยกตัวออกจากน้ำเพิ่มขึ้นจำนวนมาก แสดงว่าระบบ บำบัดน้ำเสียแบบใช้แรงดันที่ 200Vdc ใช้บำบัดน้ำเสียได้

ดีมากหลังจากบำบัดน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีสีที่ใสขึ้น มาก



ภาพที่ 9 น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีสีที่ใสขึ้นมาก



ภาพที่ 10 ตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เลื่องจาก น้ำก่อนบำบัดและ หลังบำบัด 10-60 นาที

ผลการทดลอง

ผลการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีอิเล็กโตรโคแอกกูเลชัน แรงดันต่ำกระแสตรง 200 Vdc. จากการทดลองพบว่า ได้ ค่าต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ หาความแตกต่าง ตามระยะ การวางแผ่นเพลท ที่ 0.5cm, 1cm, 1.5cm, และ 2cm. เพื่อจะทดสอบว่าระยะห่างที่เท่าไรจะเหมาะสมกับการ

บำบัดน้ำและการประหยัดการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ในการ ทดสอบจะใช้เครื่องพารามิเตอร์ต่างๆ กระแสไฟฟ้า, แรงดัน, ความเป็นกรดด่าง, สภาพความนำไฟฟ้า, Total Dissolved Solid (TDS), Dissolved Oxygen(DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) และอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ค่ากระแสไฟฟ้า

ค่า กระแสไฟฟ้า (A)				
ระยะ เวลา (min)	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	0	0	0	0
10	1.33	0.9	0.6	0.8
20	1.45	0.9	0.6	0.7
30	1.50	0.8	0.5	0.9
40	1.67	1	0.7	0.9
50	1.73	0.8	0.6	0.9
60	1.80	0.9	0.6	1

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ ซึ่งในแต่ละระยะของการวางแผ่นเพลท ก็จะต่างกันออกไป ระยะห่าง 0.5 cm. จะมีกระแสไฟฟ้าที่มากกว่าระยะอื่นอย่างเห็นได้ชัด เพราะว่าค่าความนำไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าปกติ จึงทำให้กระแสมากกว่า

ระยะอื่น ๆ กระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของขั้วอิเล็กโทรด ถ้ายิ่งใกล้กันกระแสก็จะสูง ค่าความนำไฟฟ้าก็เป็นค่าที่มีส่วนทำให้กระแสไฟฟ้ามีมากหรือน้อย ยิ่งค่าความนำไฟฟ้ามีมาก ก็จะทำให้กระแสมากขึ้นตาม

ตารางที่ 2 ค่าอุณหภูมิ

ค่า อุณหภูมิ (°C)				
ระยะ เวลา (min)	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	27	29	30	30
10	31	29	30	31
20	34	29	31	31
30	37	30	30	31
40	41	31	31	31
50	45	31	31	31
60	49	31	31	32

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เวลาในการบำบัดนาน จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาที่ใช้อุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับเวลา และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ถ้ากระแสไฟฟ้ามากจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนระยะการ

วางแผ่นเพลทก็มีส่วนกับอุณหภูมิเช่นกัน ซึ่งเกี่ยวเนื่องมาจากกระแสที่มีมากหรือน้อยในแต่ละระยะของการวางแผ่นเพลท

ตารางที่ 3 positive potential of the hydrogen ions (pH)

ค่า pH				
ระยะเวลา (min) \ ระยะ	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	7.2	7.4	7.2	7.3
10	7.3	7.5	7.5	7.4
20	7.4	7.5	7.3	7.5
30	7.5	7.6	7.4	7.5
40	7.5	7.7	7.4	7.6
50	7.5	7.3	7.4	7.6
60	7.6	7.4	7.5	7.5

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่า เวลา และกระแสไฟฟ้า มีผลต่อค่า pH เมื่อเวลาผ่านไปค่า pH มีการเปลี่ยนแปลง แต่ว่าในแต่ละระยะจะค่าจะไม่นิ่ง ขึ้น ๆ ลง ๆ ตามเวลาที่เปลี่ยนไป เนื่องจากการบำบัดเป็นแบบน้ำไหลผ่าน

ตลอดเวลา จึงทำให้ค่าที่ได้ไม่นิ่งเท่าที่ควร แต่จากการหาข้อมูลแล้วพบว่าค่า pH มาตรฐานจะอยู่ที่ 7 – 7.5 ซึ่งค่าที่ทำการบำบัดออกมา ก็อยู่ในมาตรฐาน

ตารางที่ 4 Electrical Conductivity (EC)

ค่า EC (mS/cm)				
ระยะเวลา (min) \ ระยะ	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	0.180	0.208	0.204	0.206
10	0.172	0.194	0.198	0.198
20	0.162	0.170	0.188	0.195
30	0.160	0.166	0.170	0.190
40	0.142	0.154	0.192	0.186
50	0.138	0.156	0.188	0.184
60	0.128	0.178	0.186	0.174

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงตามระยะเวลาที่ 0-60 นาที ในระยะที่ 0.5 cm. เป็นระยะที่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงได้มากกว่าระยะอื่นๆ เนื่องจาก ค่า EC ลดลงแสดงว่าน้ำนั้นมีความบริสุทธิ์มาก

ขึ้นและจากการเปรียบเทียบในแต่ละระยะทำให้ระยะที่ 0.5 cm มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมากที่สุด

ตารางที่ 5 Dissolved Oxygen (DO)

ค่า DO (mg/L)				
ระยะ เวลา (min)	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	6	6	6	6
10	8	7.2	3	5.3
20	8	8	5.1	3
30	8.2	8.5	5.2	4.6
40	13.3	7	3.7	5
50	13.3	7	6.7	4.2
60	13.5	7	4.8	4.2

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่า ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ DO (ประมาณ 5 -8 mg/L) ในระยะ 0.5 cm. กับ 1 cm อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและระยะที่

0.5 cm จะมีปริมาณออกซิเจนมากกว่าระยะอื่นจึงทำให้ระยะ 0.5 cm ดีที่สุด และระยะที่ 1.5 cm กับ 2 cm อยู่ในเกณฑ์เป็นบ้างในช่วงเวลา

ตารางที่ 6 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

ค่า BOD (mg/L)				
ระยะ เวลา (min)	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	0	0	0	0
10	0	0.7	0	0.3
20	0	2.5	0.6	0
30	0	2.5	0	0.1
40	6.3	0	0	0
50	4.3	2	0.7	0
60	3.5	2	0	0

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่า ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ของน้ำหลังจากบำบัดเรียบร้อยแล้ว มีความแตกต่างกันเพราะว่า

ระบบการบำบัดเป็นแบบน้ำผ่านจึงทำให้ค่าที่ได้ออกมาจะไม่เท่ากันแล้วค่า BOD สูงจะทำให้คุณภาพน้ำต่ำ

ตารางที่ 7 ค่า Total Dissolved Solid (TDS)

ค่า TDS (mg/L)				
ระยะ เวลา (min)	0.5 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0	91	103	93	97
10	86	97	92	95
20	73	89	86	88
30	73	87	89	90
40	66	85	95	95
50	65	84	94	93
60	63	90	93	88

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่า ในแต่ละระยะห่างของแผ่นเพลทจาก 0.5 cm. ถึง 2 cm. มีความแตกต่างกัน ค่า TDS ลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในระยะ 0.5 cm. มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุดค่าที่ได้อยู่ในมาตรฐาน ค่ามาตรฐานที่ถูกำหนดโดยข้อกำหนดของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency -EPA) ระบุไว้ว่า ค่าสูงสุดของ

สิ่งเจือปนในน้ำ หรือ ค่า TDS ไม่ควรเกิน 500 mg/L หรือ 500 ppm ซึ่งโดยส่วนใหญ่ในระบบน้ำจะมีค่า TDS เกิน 500 mg/L แต่หากค่า TDS เกิน 1000 mg/L จะเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในชีวิตประจำวัน เพราะค่า TDS ที่สูงจะบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ของสิ่งเจือปนที่อันตรายและต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน	ระบบเดิม	เฉลี่ย EC
pH	-	6.5-8.5	7.4	7.45
EC	(us/cm)	0.24-0.28	0.47	0.18
BOD	(mg/L)	ไม่เกิน 6	5	1.86
DO	(mg/L)	5-8	5.9	5.6
TDS	(mg/L)	ไม่เกิน 600	238	92.13

จากตารางที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค(WHO) ปี 2011 จะเห็นได้ว่า ค่า pH, BOD, DO และ TDS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่มี ค่า EC นั้นต่ำกว่าเกณฑ์นั้นเพราะว่าตะกอนในน้ำน้อยลงจึงทำให้ค่าความนำไฟฟ้าลดลงถ้าตะกอนมากจะทำให้ค่านำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตาม ตารางที่ 4

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีอิเล็กโทรไลต์ แอวกูเลชัน เมื่อใช้เวลานานจะทำให้กระแสไฟฟ้าสูงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆและอุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นตามเวลาและกระแสไฟฟ้าเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 200 Vdc เมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง กระแสไฟฟ้ามีผลต่อความเร็วในการตกตะกอนเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าสูงก็จะทำให้ตะกอนจับตัวกันเร็วและลอยขึ้นเร็วแต่ข้อเสียคือจะทำให้อุณหภูมิสูง เวลาที่ใช้บำบัดได้ค่าที่ดีและผ่านมาตรฐานของแต่ละค่ามีเวลาที่ไม่เท่ากันเช่นค่า pH ที่เป็นกลางที่สุดคือ 7 น้ำที่มีค่าความนำไฟฟ้ามากจะมีกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมากตาม เมื่อกระแสไฟฟ้ามากจะทำ

ให้อุณหภูมิของน้ำมากขึ้นด้วย น้ำที่ผ่านผ่านกระบวนการบำบัดโดยวิธีอิเล็กโทรไลต์แอวกูเลชันจะสามารถปล่อยลงสู่ธรรมชาติ จะต้องมีความ DO , BOD , TDS , PH , EC ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง โดยใช้เครื่องวัดพารามิเตอร์ต่างๆวัดค่าว่าได้มาตรฐานหรือไม่ แต่เครื่องบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการอิเล็กโทรไลต์แอวกูเลชัน แรงดัน 200 Vdc สามารถบำบัดน้ำเสียได้ค่าตามมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมได้

จุดเด่นของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีอิเล็กโทรไลต์แอวกูเลชันคือสามารถบำบัดต่อเนื่องได้ และ ยังสามารถปรับความเร็วการไหลของน้ำได้ น้ำที่ผ่านการบำบัดจะสามารถปล่อยลงสู่ธรรมชาติได้เลยทันที ซึ่งดีกว่าการบำบัดแบบแช่ทิ้งไว้ซึ่งใช้เวลานาน และ ใช้พื้นที่กว้างจำนวนมาก ค่าที่ได้หลังจะการบำบัดไม่ค่อยจะน่าพอใจเท่าไร

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีอิเล็กโทรไลต์แอวกูเลชันแต่ละครั้ง ใช้ปริมาณน้ำเพียง 10 L – 30 L ควรเพิ่มปริมาณน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัดให้มากขึ้น เพื่อ

นำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเดิมและขยายระบบให้บำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นกว่าเดิม

2. ควรเพิ่มขั้วอิเล็กโทรดหรือเพิ่มขนาดขั้วอิเล็กโทรด และทดลองเปลี่ยนชนิดขั้วอิเล็กโทรด เพื่อหาว่าขั้วชนิดไหนได้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีกว่า เพราะแต่ละขั้วมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เท่ากัน ค่าการนำไฟฟ้าของขั้วอิเล็กโทรดมีผลต่อเวลาในการบำบัดน้ำเสีย

3. ทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัดด้วยวิธีอิเล็กโทรโคแอกูเลชันโดยอาจใช้แรงดันไฟฟ้าหลายระดับ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพราะการควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีผลต่อเวลาในการทดลอง ยิ่งแรงดันมากขึ้นก็จะใช้เวลาบำบัดน้ำเสียน้อยลง และยังแรงดันเพิ่มขึ้นจะได้ขั้วอิเล็กโทรดมากขึ้นด้วย

4. การทดลองครั้งต่อไป ควรวัดค่า COD เพิ่ม เพราะค่า COD ก็มีผลในการวัดคุณภาพน้ำเพื่อปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ตามค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่า COD คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ต้องมีค่าไม่เกิน 120 mg/L

5. แหล่งจ่ายในการปรับค่าแรงดันขั้วควรจัดซื้อหรือซ่อมบำรุง เพราะการทดลองสามารถปรับค่าได้สูงสุดซึ่งยังไม่พอสำหรับความต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ลานนา ที่สนับสนุนและให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

การประปาส่วนภูมิภาค.(2550). **เรื่องมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค.**เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2550 ต่อท้ายบันทึกข้อความของ กคณ. ที่ มท 55702-2/258 ลงวันที่ 11 กรกฎาคม 2550.

ณัฐ จันทร์ครบ และ พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี. (2554). การพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบอิเล็กโทรโคแอกูเลชันโดยใช้การสลับขั้วไฟฟ้าแบบไม่ สมมาตร และคู่อิเล็กโทรดที่เหมาะสม. ใน **การประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554**, 709-712.

วรวิทย์ ยาวีเล้ง และ อรรถชัย ปวงจันทร์. (2015). การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการล้างผลไม้ด้วยวิธีอิเล็กโทรโคแอกูเลชันร่วมกับโอโซนชัน. ใน **การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 ECTI-CARD 2015**, หน้า 148-151.

สมพงษ์ หิรัญมาศสุวรรณ. (2551). **กระบวนการโคแอกูเลชันด้วยไฟฟ้า (Electrocoagulation).** สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. วิทยาลัยรังสิต.