Journal of Energy and Environment Technology ISSN 2392-5701
http://jeet.siamtechu.net Research Article

เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาพความดันสูงสำหรับบ่อเลี้ยงปลา

Ozone Wastewater Treatment Under High Pressure Condition For Wastewater From Fish Pond

มงคล จงสุพรรณพงศ์*

Mongkol Jongsuphanphong*

สาขาพลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

School of Energy and Environmental, Graduate School, Siam Technology College

*__Corresponding author, E-mail:__ mongkol.J@gmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูงถูกนำไปทดลองบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา ผลการทดลองพบว่า เครื่องมือดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนของน้ำเสีย (dissolved oxygen: DO) จากบ่อปลา 0.0+0.0 เป็น 8.0+0.5 มล./ล. ภายในเวลา 1-4 ชั่วโมง นอกจากนี้แล้ว เครื่องมือดังกล่าวยังมีความสามารถในการลดค่าความสกปรกในรูปของซีโอดี (COD) และบีโอดี (BOD) ในน้ำเสียลงได้อีกด้วย โดยสามารถลดค่าซีโอดี และบีโอดี ในน้ำเสียจากบ่อปลาได้ถึงร้อยละ 21.19+2.10 ในเวลาเพียง 1.4 ชั่วโมง

คำสำคัญ: การทำโอโซน, การบำบัดน้ำเสีย, น้ำเสียบ่อเลี้ยงปลา

Abstract

Ozone Wastewater Treatment under High Pressure Condition for Wastewater from Fish pond. The designed ozone wastewater treatment under high pressure was applied to treat wastewater from sanitary sewage and fish pond. The results showed that the dissolved oxygen of the wastewater from sanitary sewage was increased from 0.0+0.0 to 8.0+0.5 mg/l within 1.4 hrs. On the other hand, the dissolved oxygen of the wastewater from fish pond, the designed equipment could reduce the impurities as COD and BOD of the wastewater during treatment. The COD and BOD of the wastewater from sanitary sewage were reduced within 1.4 hrs by 21.19+2.10%

Keywords: Ozonizer, Plasma, Wastewater Treatment Fish Pond

1. บทนำ

ปัญหาการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำต้องมีการจัดการที่เหมาะสม หมายถึงการจัดการในด้านคุณภาพน้ำ แพลงก์ตอน การให้ออกซิเจน และการจัดการพื้นบ่อ ควบคุมการใช้ยาและเคมีภัณฑ์อย่างเหมาะสม เนื่องจาก ในปัจจุบันนี้ การเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย ได้มีการพัฒนาการเลี้ยงที่แตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่และความยากง่ายในการเลี้ยงแตกต่างกันมาก ดังนั้นการจัดการภายในฟาร์มและในบ่อเลี้ยงจะแตกต่างกันมาก เฉพาะในด้านการใช้สา รเคมีและยา

ปฏิชีวนะในการป้องกันโรคระหว่างการเลี้ยง การให้อากาศเนื่องจากในปัจจุบันนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำได้ปล่อยสัตว์น้ำมีความหนาแน่นมาก เพื่อหวังผลผลิตที่สูง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบการให้อากาศ เช่น ใช้เครื่องตีน้ำหรือเครื่องเติมอากาศ (air jet) จำนวนมากจึงทำให้การลงทุนสูงขึ้น ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการศึกษาค้นคว้าและการวิจัยในการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อสัตว์น้ำมากขึ้นจึงได้มีวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทางน้ำได้ทำการค้นคว้าเพื่อพัฒนาความรู้ในด้านการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำให้ก้าวไกลไปก ว่านี้ อันจะเป็นผลทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำให้สูงขึ้นโดยไม่มีปัญหามลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่น จากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของบรรดาบ่อเลี้ยงปลาในประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะในหลายประเทศแถบเอเชีย ก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมอย่างน่าตกใจ และปัญหาใน ทำนองเดียวกันนี้ยังพบในแถบลาติน อเมริกา และแอฟริกาด้วย เนื่องจากการเลี้ยงปลายังมีการใช้สารเคมีอันตรายจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลให้เกิดการสะสมของสารพิษในสภาพแวดล้อม ยกตัวอย่างในกรณีประเทศไทย การสะสมของมลพิษ ทำให้ต้องทิ้งพื้นที่ไว้ระยะหนึ่งและไม่สามารถใช้พื้นที่ทำสิ่งอื่นได้ อาจก่อให้เกิดหายนะในระยะยาวต่อไป

การใช้โอโซนในการบำบัดน้ำเสียเป็นวิธีการหนึ่งที่ไม่ทำให้เกิดสารเคมีตกค้างในน้ำหลังผ่านการบำบัดแล้ว และสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจน 10 เท่า [1] ก๊าซโอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง ฆ่าเชื้อโรคจุลินทรีย์และแบคทีเรียได้เกือบทุกชนิด การกำจัดสารเคมีและอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียตลอดจนช่วยลดปริมาณซีโอดีได้ดี [2,3]

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้คิดพัฒนาเครื่องผลิตโอโซนที่มีประสิทธิภาพและราคาถูกรวมทั้งใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศเกือบทั้งหมด โดยอาศัยหลักการในการผสมของโอโซนกับน้ำที่สภาวะความดันอากาศสูงและพื้นที่น้ำที่สัมผัสกับก๊าซได้มากที่สุดซึ่งจะทำให้การแพร่กระจายของก๊าซผสมกับน้ำเสียเป็นไปอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้น โดยใช้ระบบฉีดน้ำเสียให้กระจายเข้าไปผสมกับก๊าซโอโซนระบบความดันสูง ภายในระบบเครื่องเติมโอโซนแล้วปล่ อยออกนอกระบบของเครื่องจึงไม่ไปรบกวนสัตว์น้ำและเป็นเครื่องที่ทำหน้าที่ได้หลายอย่างในเวลาเดียวกัน เช่น ลดค่า ซีโอดี (COD), บีโอดี (BOD5), ทีเคเอ็น (TKN) และเพิ่มค่าออกซิเจนละลาย (DO) ได้มากกว่าเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนและเครื่องเติมอากาศทั่ วๆไปที่มีปัญหาจากการแพร่กระจายของโอโซนและออกซิเจนในน้ำไม่ทั่วถึง [4]

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- ผลิตเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน
- ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 โอโซน

โอโซนเป็น Oxidizing agent ที่รุนแรง (สามารถทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าคลอรีนถึง 3,000 เท่า) ซึ่ง O3 มีความเสถียรต่ำกว่า O_2 มาก และจะสลายตัวกลายเป็น O_2 (ภายในเวลา 6 วินาที ที่ความดันบรรยากาศ) โดยปฏิกิริยาการสลายตัวของโอโซนจะเร็วขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและลดความดัน และการสัมผัสกับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) อย่างรวดเร็ว ซึ่ง O3 มีปฏิกิริยาสูงถึง 2.07 โวลต์ (Oxidation Potential Voltage)

ปฏิกิริยาการทำลายมลภาวะ

O_3 ----> O_2 + Energy ----> ทำลายมลภาวะ (Disinfection) ----> คืนสภาพออกซิเจน (O_2)

การทำปฏิกิริยาสลายกลิ่นแอมโมเนีย

$3O_3 + 2NH_3$ ----> $N_2 + 3H_2O + 3\ O_2$

การทำปฏิกิริยาสลายพิษคาร์บอนมอนอกไซด์

$$O_3 + CO \quad ----> \quad CO_2 + O_2$$

เนื่องจากโอโซนเป็น Oxidizing agent ที่รุนแรงและสลายตัวเร็ว ทำให้สามารถนำโอโซนไปใช้งาน ตัวอย่างเช่น

- ฆ่าเชื้อโรค เช่น ไวรัส (Virus), แบคทีเรีย (Bacteria), รา (Fungus), Mold, Yeast
- ทำปฏิกิริยากับโลหะหนักที่ละลายน้ำ
- ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ
- กำจัดกลิ่นในอากาศ
- ลดสีในน้ำเสียโรงงาน
- ลด COD, BOD น้ำเสียในโรงงาน
- ช่วยลดเวลาสำหรับกระบวนการตกตะกอน
- ใช้ฆ่าเชื้อโรคแทนคลอรีน ในกระบวนการผลิตอาหาร, สระว่ายน้ำ
- กำจัดสารพิษ หรือยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักผลไม้
- ป้องกันตะกรันและตะไคร่น้ำในระบบหอผึ่งเย็น
- ฆ่าเชื้อโรคในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง
- กำจัดเชื้อโรคในน้ำดื่มก่อนบรรจุขวด
- กำจัดควันบุหรี่ สารพิษในอากาศ

3.2 ข้อได้เปรียบของโอโซน

- มีปฏิกิริยาต่อต้านและกำจัด เชื้อแบคทีเรีย สปอร์ไวรัส สัตว์เซลล์เดียวในไฟลัม ปรสิต และอื่นๆ
- การเติมออกซิเจนลงในโลหะหนัก (เหล็ก, แมงกานีส, ไอโอเนียน, กำมะถัน, ไซยาไนต์, ไอโอเนียนไนเตรท) กรดซัลฟูริก และรวมไปถึงสารอินทรีย์ทุกชนิดเป็นการทำให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น
- ใช้ในการกำจัดสารตั้งต้นของธาตุโลหะจำพวกฟลูออรีน คลอรีน ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ อันเนื่องจากการใช้สารอื่นมาทำให้น้ำบริสุทธิ์นั่นเอง
- มีประสิทธิผลต่อการบำบัดน้ำเสียที่ต้องมีการทำลายสารอินทรีย์ในรูป BOD ซึ่งจะส่งผลให้สารอินทรีย์ในรูป COD ลดลงด้วย
- ถือได้ว่ามีความปลอดภัยทางการแพทย์เพราะได้รับการรับรองว่าเป็นระบบการฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดีกว่าระบบอื่นๆและเป็นการฆ่าเชื้อในน้ำได้อย่างหมดจด

4. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการวิจัย

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องบำบัดน้ำเสียโดยอากาศ หรือ โอโซนในสภาวะความดันสูง (Ozone or air injection appartus)
ส่วนประกอบ : ลักษณะและองค์ประกอบของเครื่องบำบัดดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 มีดังนี้

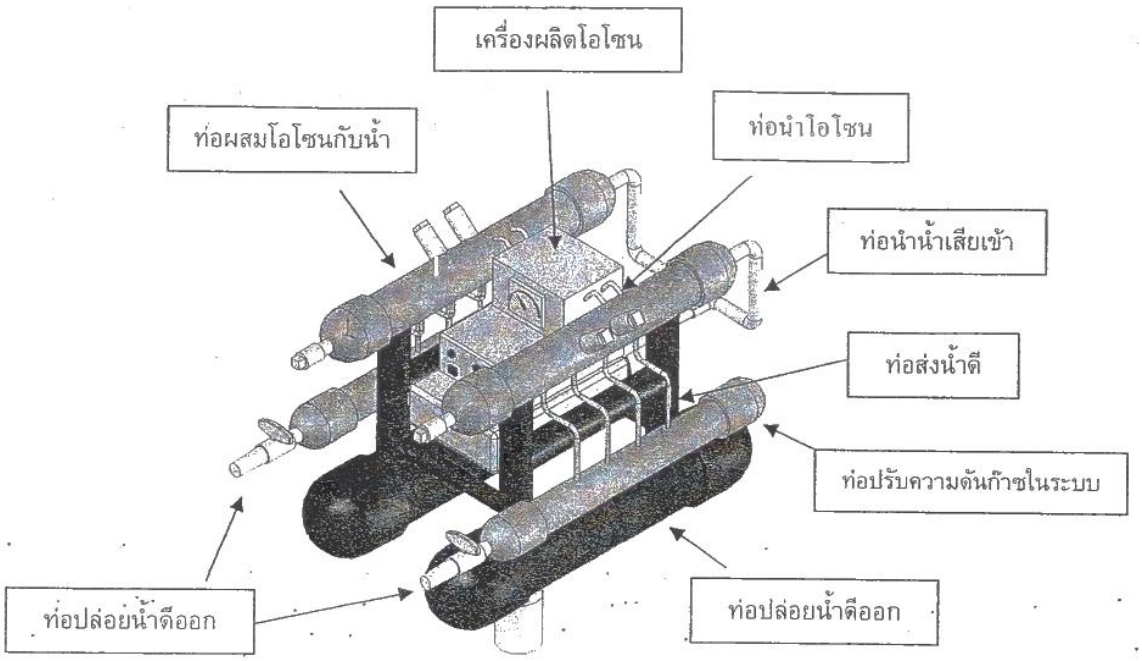
- โครงสร้างเป็นวัสดุ Stainless steel and PVC ดังแสดงในรูปที่ 1
- Ozone production ขนาด 50 ถึง 200 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

- Air pump component (GAST Co.,Ltd, USA, Model 0.25 pH) This air pump system was used to control both Oxygen and air flow at capac of up to 200 l/min
- Pressure meter (Nuovafima Co.,Ltd, Japan, Model MSI-DS 150) This pressure meter was used to determine the pressure of gas in the rang of 1.0 x 105 – 1.5 x 105 N/m2
- Voltage meter (Tamadensoku Co.,Ltd, Japan, model 20 ADS)
- Current ampere meter (Yokogawa Hokushin Model 76AA 4318) This component was used for measuring the electric of the designed ozoniser.
- Water pump (Guangdong Risheng Group Co.,Ltd, China Model Hx-4500) Water flow at capacity of up to 2800 l/hr
- Water flow meter (Essom Inspection TA Co.,Ltd, Thailand Model HB 016) Water flow at capacity of up to 60 l/m

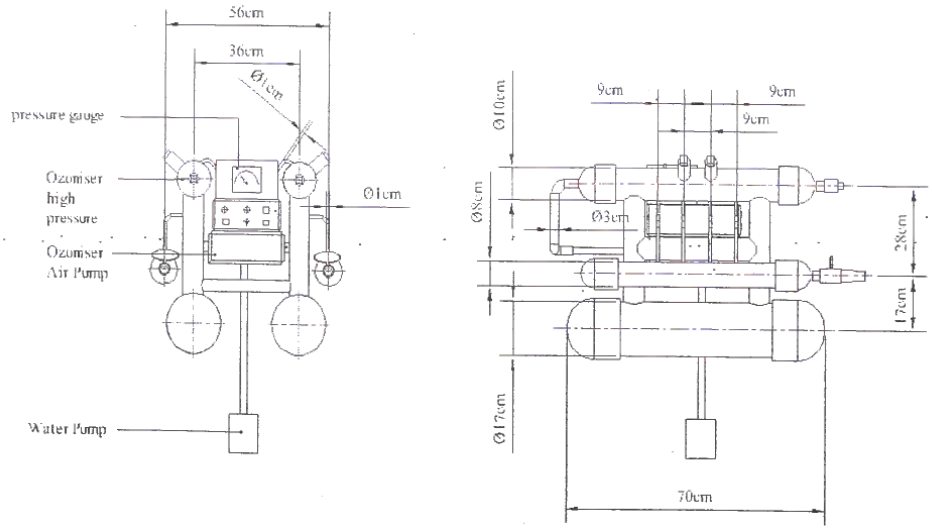
4.2 การควบคุมและเดินระบบ

หลักการทำงานของเครื่องเติมโอโซนให้น้ำในสภาวะความดันสูงและเติมอากาศในน้ำในสภาวะความดันสูงทั้งสองระบบอยู่ในเครื่องเดียวกันโดยมีอุปกรณ์ ส่วนประกอบรวมกัน โดยใช้ตัวควบคุม 2 ตัว คือ

- ตัวควบคุมการใช้เติมโอโซน หรือจะใช้อากาศในการทดลอง
- ตัวควบคุมปริมาณอัตราการไหล (flow rate) ของน้ำในการทดลอง



รูปที่ 1 เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูง



รูปที่ 2 แบบของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนสภาวะความดันสูง

4.3 วิธีการทดลอง

การบำบัดน้ำเสียบ่อเลี้ยงปลาโดยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยอากาศสภาวะความดันสูงได้นำน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาจากจังหวัดสมุทรสาครมา 200 ลิตร มาทำการบำบัดในห้องทดสอบวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม โดยใช้อัตราการไหล (flow rate) ของน้ำ 10 l/min ปริมาณอัตราการไหลของอากาศ 50 l/min ความดันอากาศในระบบ 1.3×10^5 N/m^2 แล้วเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่นำมาทดสอบทุก 20 นาที รวมระยะเวลาการทดลอง 100 นาที จำนวนตัวอย่างที่เก็บเท่ากับ 5 ตัวอย่าง ที่ปลายท่อของเครื่องและถัง ปฏิกิริยา แล้วนำมาหาค่าออกซิเจนละลาย โดยวิธีของ Moris [5] และหาค่าซีโอดี และบีโอดี โดยวิธีมาตรฐาน การวิเคราะห์สมบัติน้ำเสียแสดงดังตารางที่ 1 [6]

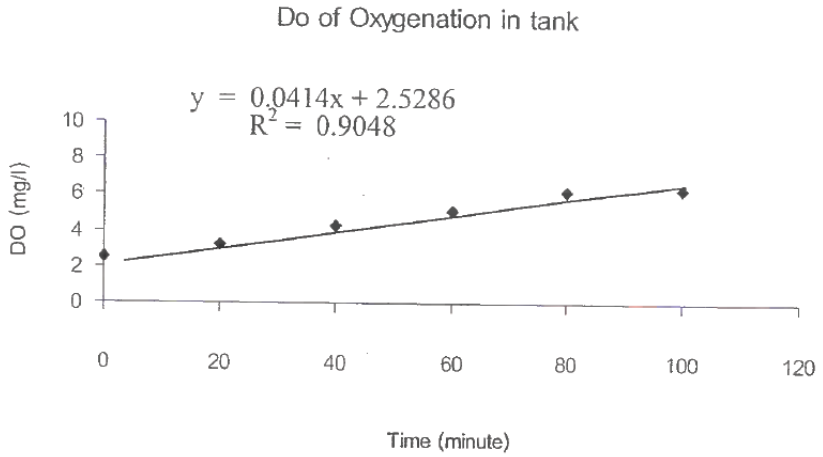
ตารางที่ 1 ค่าซีโอดี และบีโอดี โดยวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์สมบัติน้ำเสีย

สภาวะควบคุม	น้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา	
	การบำบัดด้วยอากาศ	การบำบัดด้วยโอโซน
ปริมาตรน้ำเสีย (ลิตร)	200	200
อัตราการไหลของน้ำ (l/min)	10	10
อัตราการไหลของอากาศ (l/min)	50	50
ความดันในระบบ (N/m^2)	1.3×10^5	1.3×10^5
ปริมาณโอโซน (mg/hr)	-	150
ระยะห่างของช่วงเวลา (min)	20	20

การบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาโดยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูงโดยได้นำน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลามา 200 ลิตร มาทำการบำบัดในห้องทดสอบโดยใช้อัตราการไหล (flow rate) ของน้ำ 10 l/min อัตราการไหล ของอากาศ 50 l/min ความดันก๊าซในระบบ 1.3×10^5 N/m^2 ปริมาณโอโซนในระบบ 150 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่นำมาทดสอบทุก 20 นาที รวมระยะเวลาการทดลอง 100 นาที จำนวนตัวอย่างที่เก็บเท่ากับ 5 ตัวอย่าง ที่ปลายท่อของเครื่องและถังปฏิกิริยา แล้วนำมาหาค่าออกซิเจนละลายโดยวิธีของ Moris [5] และหาค่าซีโอดี และบีโอดี โดยวิธีมาตรฐาน การวิเคราะห์สมบัติน้ำเสีย แสดงดังตาราง ที่ 1 [6]

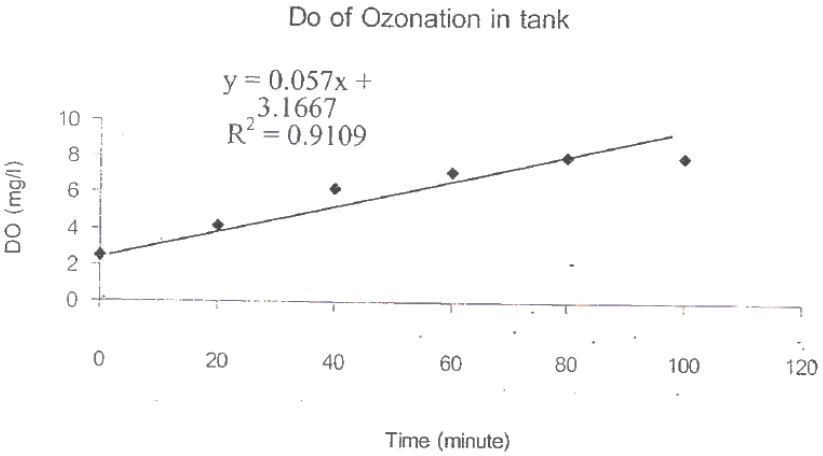
5. ผลการทดลอง

โดยการนำผลการทดลองมาสร้างกราฟแบบสมสนิทดี (Fitting Curve) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen: DO) กับระยะเวลา (Time) แล้วนำมาหาค่าความชัน (slope) จากพารามิเตอร์ (parameter) ของ a และ b จากจุดต่างๆของกราฟให้ y = ax+b เป็นฟังก์ชันที่ผ่านจุดเหล่านี้ เมื่อ a = ความชัน (slope) ของ DO/Time และ R^2 (สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ) จาก $R^2 = 1 – (SSE/SST)$ (SST: Sum square of total; SSE: sum square of error) [7]



รูปที่ 3 ผลการทดลองการเพิ่มค่าออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen: DO) น้ำเสียของบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้อากาศ

ผลการทดลองในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยอากาศในสภาวะความดันสูงในการเพิ่มออกซิเจนละลาย (DO) พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบำบัดเพิ่มขึ้น ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3 เมื่อนำผลการทดลองระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายน้ำกับเวลาที่ผ่านไปมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์และหาความชัน (Slope) และค่า R^2 [7] ได้ค่าความชัน (slope) เท่ากับ 0.0414 และ R^2 เท่ากับ 0.9048 ค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าออกซิเจนละลายที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูง [3] ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4

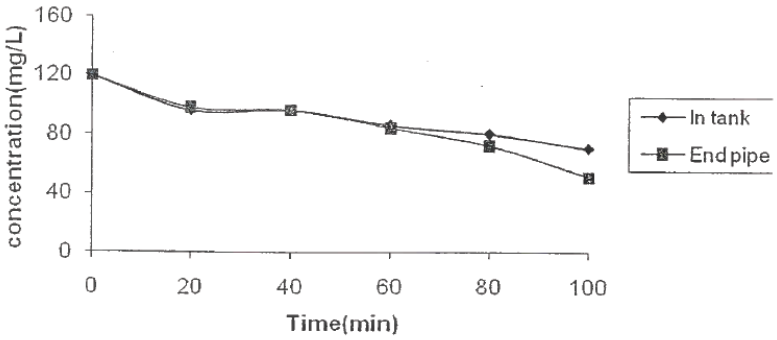


รูปที่ 4 ผลการทดลองการเพิ่มค่าออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen: DO) น้ำเสียของบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้โอโซน

แสดงว่าการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำกับเวลามีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation) [8] แต่น้อยกว่าโอโซนเพราะโอโซนละลายน้ำได้ดีกว่าออกซิเจน 10 เท่า [9,10] นอกจากนี้ยังได้นำผลการทดลองในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยง

ปลาด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูงในการเพิ่มออกซิเจนละลาย สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์และหาค่าความชัน (slope) และ R^2 แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความชัน (slope) ได้ 0.0570 และ R^2 ได้ 0.9109 ค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าออกซิเจนละลายที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาอยู่ในระดับสูง [3] จากรูปที่ 4 วิเคราะห์กราฟหาค่าความชัน (slope) ได้ 0.0570 ค่า R^2 ได้ 0.9109 จากรูปที่ 4 แสดงว่าการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายกับเวลามีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation) [8] ตรงกับคำกล่าวที่ว่า ก๊าซโอโซนสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 10 เท่า [2,10] จึงทำให้การเพิ่มค่าออกซิเจนละลาย จากการใช้โอโซนเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าการใช้อากาศมาก จะเห็นได้จากผลในเวลา 80 นาที ออกซิเจนละลาย เพิ่มขึ้นที่ค่าออกซิเจนละลายเท่ากับ 8 mg/l คงที่ทั้งระบบ แต่การใช้อากาศค่าออกซิเจนละลายได้เท่ากับ 6.4 ซึ่งน้อยกว่ากรณีของการใช้โอโซนถึง 1.6 mg/l ที่สภาวะการทดลองเดียวกัน

ได้นำผลการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูง มาวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการลดของค่าบีโอดีกับเวลา หาค่าความชัน (slope) และ R^2



รูปที่ 5 ผลการทดลองลดค่าบีโอดีในน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา

ในถังปฏิกิริยา $y = -13.151x + 144.66$

$R^2 = 0.9211$

ปลายท่อของเครื่อง $y = 19.35x + 147.77$

$R^2 = 0.9308$

การคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูงในการลดค่าบีโอดี [9]

$$\text{ประสิทธิภาพในถังปฏิกิริยา} = \frac{(\text{ความเข้มข้นบีโอดีน้ำเข้า} - \text{ความเข้มข้นบีโอดีน้ำออก}) * 100}{\text{ความเข้มข้นบีโอดีน้ำเข้า}}$$

$$= \left[\frac{(119 \pm 9) - (70 \pm 7)}{119 \pm 9}\right] \times 100$$

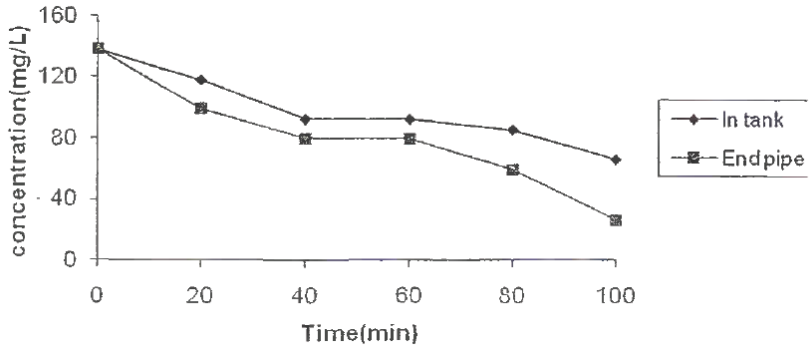
$$= 41.18 \pm 3.10\%$$

$$\text{ประสิทธิภาพปลายท่อของเครื่อง} = \frac{(\text{ความเข้มข้นบีโอดีน้ำเข้า} - \text{ความเข้มข้นบีโอดีน้ำออก}) * 100}{\text{ความเข้มข้นบีโอดีน้ำเข้า}}$$

$$= \left[\frac{(119 \pm 7) - (51 \pm 4)}{119 \pm 7}\right] \times 100$$

= 57.14±1.53%

ได้นำผลการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูง มาวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการลดของค่าซีโอดี กับเวลา หาค่าความชัน (slope) และ R^2



รูปที่ 6 ผลการทดลองลดค่าซีโอดีในน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา

ในถังปฏิกิริยา $y = -8.9268x + 122.45$

$R^2 = 0.9394$

ปลายท่อของเครื่อง $y = 12.367x + 129.69$

$R^2 = 0.9583$

การคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาวะความดันสูงในการลดค่าซีโอดี [9]

$$\text{ประสิทธิภาพในถังปฏิกิริยา} = \frac{(\text{ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า} - \text{ความเข้มข้นซีโอดีน้ำออก}) * 100}{\text{ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า}}$$

$$= \left[\frac{(138 \pm 8) - (66 \pm 4)}{138 \pm 8}\right] \text{ x } 100$$

$$= 52.17 \pm 2.31\%$$

$$\text{ประสิทธิภาพปลายท่อของเครื่อง} = \frac{(\text{ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า} - \text{ความเข้มข้นซีโอดีน้ำออก}) * 100}{\text{ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า}}$$

$$= \left[\frac{(138 \pm 7) - (26 \pm 4)}{138 \pm 7}\right] \text{ x } 100$$

$$= 51.16 \pm 1.20\%$$

วิเคราะห์กราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างการลดค่าบีโอดี และซีโอดี กับเวล า ผลการลดค่าบีโอดีกับเวลาได้ค่า ความชัน (slope) ในถังปฏิกิริยาเท่ากับ -13.151 และ R^2 เท่ากับ 0.9211 ที่ปลายท่อของเครื่อวได้ค่าความชันเท่ากับ 19.35 และ R^2 เท่ากับ 0.9308 จากรูปที่ 5 และผลการลดค่าซีโอดี กับเวลาได้ค่าความชัน (slope) ที่ในถังปฏิกิริยาเท่ากับ - 8.9268 และ R^2 เท่ากับ 0.9394 ที่ปลายท่อของเครื่อง ค่าความชัน (slope) เท่ากับ -12.3670 และ R^2 เท่ากับ 0.9583 จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของการลดลงของค่าบีโอดี กับเวลามีความสัมพันธ์สูง โดยปริมาณบีโอดีในถังปฏิกิริยาจะลดลงสูงถึงร้อยละ 41.18+3.10 และที่ปลายท่อของเครื่องลดลงสูงถึงร้อยละ 57.14+1.53 ส่วนการลดลงของซีโอดี กับเวลาที่ในถังปฏิกิริยาและที่ปลายท่อของเครื่องก็อยู่ในทิศทางเดียวกันกับกรณีของบีโอดี โดยปริมาณซีโอดีในถังปฏิกิริยาจะลดลงสูงถึงร้อยละ 52.17+2.31 และที่ปลายท่อของเครื่องลดลงสูงถึงร้อยละ 81.16+1.20 [7] แสดงว่าการใช้โอโซนบำบัดน้ำเสียทำให้ค่าบีโอดี และซีโอดีลดลงได้อย่างเร็วเพราะโอโซนจะทำหน้าที่สองอย่างพร้อมกันคือ ละลายน้ำได้ดีกว่าการใช้อากาศ 10 เท่า ขณะเดียวกันก็จะกำจัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียโดยขบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) [2,10]

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Bollyky, L. J. 2002. Benefits of Ozone Treatment for Bottled Water. Ozone News. 31(2): 12-21.

[2] Evans, F. L. 1972. Ozone in Water and Wastewater Treatment. Ann arbor Science Pub, Inc. Michigan. P.185.

[3] Zhou, H. and Danial, W.2000. Ozone Mass Transfer in Water and Wastewater Treatment: Experimental Observations Using a 2D Laser Particle Dynamics Analyzer. Water Res. 34: 909-9211.

[4] Ternes, T.A.1998. Occurrence of Drugs in German Sewage Treatment Plants and Rivers. Water Res. 32: 3245-3260.

[5] Moris, K. 1977. Method of Sampling and Analysis, APHA Intersociety Committee. 2nd edition. American Public Health Association. Washington.

[6] APHA, AWWA, WPCF. 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater: 19th edition. American Public Health Association. Washington DC.

[7] Kutner, M.H., Christopher, J. and Buser, H.R. 2005. Applied Linear Statistical Models. 5th Edition (International Edition). McGraw - Hill Irwin. Boston.