

ประสิทธิภาพของเครื่องฟองอากาศแบบหัวฉีดสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชน

The Efficiency of Jet Aerator for Domestic Wastewater Treatment

ภาณุวัฒน์ จันทร์ทราม (ParkhuanJantraporn)* ดร.นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ (Dr.Nipon Tungkananuruk)**

กณิดา ตั้งคณานุรักษ์ (Kanita Tungkananuruk)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของฟองอากาศระดับไมครอน ที่ถูกผลิตขึ้นจากเครื่องฟองอากาศทั้ง 7 แบบ เปรียบเทียบกับเครื่องฟองอากาศหัวฉีดแบบ OHR (Oxygen Hydrodynamic Aerator) ที่มีการขายในเชิงพาณิชย์ และเครื่องฟองอากาศแบบ disc diffuser ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จากการทดลองโดยเครื่องฟองอากาศทั้ง 7 แบบ ในน้ำประปา 2,000 L ที่ถูกปรับลดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้ (DO) ให้มีค่าต่ำสุด (0.9 mg/L) ซึ่งให้เห็นว่าหัวฟองแบบ BABA มีประสิทธิภาพดีกว่าหัวฟองอีก 6 แบบ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของ DO เท่ากับ $0.12 \text{ mg/L} \cdot \text{min}^{-1}$ การคงตัวของ DO เป็นเวลา 14 นาที และอัตราการลดลงของ DO ที่ค่า DO มากที่สุดเท่ากับ $0.05 \text{ mg/L} \cdot \text{hr}^{-1}$ นอกจากนี้การศึกษเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนระหว่างเครื่องฟองอากาศแบบหัวฉีดBABA, OHR และเครื่องฟองอากาศแบบ disc diffuser โดยจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง พบว่า เครื่องฟองอากาศแบบหัวฉีดBABA มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการบำบัดบีโอดีและซีโอดี ดังนั้นเครื่องฟองอากาศแบบหัวฉีดBABA สามารถใช้เป็นเครื่องเติมอากาศทดแทนการใช้เครื่องฟองอากาศแบบ disc diffuser ได้

ABSTRACT

This research was to study the wastewater treatment efficiency of air micro – bubbles which was produced from the different design of 7 jet models of jet aerator compare to commercial OHR (Oxygen Hydrodynamic Aerator) jet aerator and usually used disc diffuser. From all 7 types of jet aerator, the results of the study on 2,000 L of the tap water with DO was decreased to minimum DO (0.9 mg/L) indicated that BABA model jet had the better efficiency than the another respectively 6 types at rate of increasing DO $0.12 \text{ mg/L} \cdot \text{min}^{-1}$, stabilization time of DO at DO_{max} 14 min and rate of decreasing DO $0.05 \text{ mg/L} \cdot \text{hr}^{-1}$. Furthermore, the comparison of the treatment efficiency of domestic wastewater between BABA model, OHR and disc diffuser by simulating activated sludge system, the results were found that BABA model gave the best efficiency for the removal of BOD and COD. Therefore, jet aerator with jet model BABA be used as aerator to alternatively disc diffuser.

คำสำคัญ: ฟองอากาศระดับไมครอน เครื่องฟองอากาศแบบหัวฉีด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้

Key Words: Air micro –bubbles, Jet aerator, DO

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

ปัจจุบันในการบำบัดน้ำเสียชุมชนนิยมใช้เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc diffuser ที่ผลิตด้วยยาง EPDM ซึ่งจะมีฟองอากาศขนาดใหญ่ (Pinsupha and Aekachai, 2005) ในการเติมอากาศให้แก่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้อากาศ (Metcalf and Eddy, 1991) ซึ่งพบว่าเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc diffuser มีปัญหาในการอุดตันเมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานานซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดลดลง และต้องมีการเดินเครื่องในการเติมอากาศตลอดเวลาทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดมาก จึงได้มีการออกแบบเครื่องฟุ้งฟองอากาศชนิดหัวฉีดเพื่อลดปัญหาการอุดตันของหัวฟุ้ง โดยมีการออกแบบให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ ลักษณะแบบรูปแบบการทำงานคัดแปลงมาจากเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ OHR ที่มีวางขายในท้องตลาดแต่มีราคาสูงในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีด โดยลักษณะการทำงานของเครื่องเติมอากาศ (Aerators) ทั่วไปมีหลักการ คือมีการเพิ่มออกซิเจนลงไปในตัวเครื่องส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวหน้า ทำหน้าที่ถ่ายโอนออกซิเจนและทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำไปพร้อมๆ กัน (Boyd and Martinson, 1984) ซึ่งการถ่ายเทออกซิเจนอาจถ่ายเทจากอากาศให้กับหยดน้ำขนาดเล็กที่เกิดจากการตีน้ำของเครื่องเติมอากาศหรือออกซิเจนอาจถ่ายเทจากฟองอากาศให้กับน้ำที่ห่อหุ้ม (มันส์และไพพรรณ, 2526) แต่เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะถูกติดตั้งบริเวณใต้น้ำ การทำงานจะอาศัยหลักอยู่อุทกพลศาสตร์และสมการโมเมนตัมของการไหล (Yimin Xu et al., 2012) ทำให้สามารถผลิตฟองอากาศขนาดเล็กไมครอน (micro bubbles) ฟองอากาศขนาดเล็กนี้จะสามารถแทรกตัวอยู่ในน้ำได้ดี และมีเสถียรภาพหรือระยะคงตัวของอากาศอยู่ในน้ำได้นานกว่า และไม่มีปัญหาในการอุดตันเหมือนเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc diffuser ที่มีอายุในการใช้งานที่ค่อนข้างสั้นประมาณ 3-5 ปี จึงทำให้สามารถประหยัด

พลังงานในการเดินระบบ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเพื่อนำมาทดแทนเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc diffuser ที่นิยมใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วนคือ คือ ส่วนที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีดทั้ง 8 ลักษณะ คือ AAAA, BABA, CACA, DADA, BCBC, BDBD, CDCD และ OHR โดยทดลองกับน้ำประปาที่ถูกปรับลดค่า DO ให้ต่ำที่สุด ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ระยะเวลา อัตราการเพิ่มขึ้นของ DO และเสถียรภาพหรือความคงตัวของ DO ส่วนที่ 2 ศึกษาคุณภาพน้ำจากโรงบำบัดน้ำเสียรวม เทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนที่ทางกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้ ส่วนที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีดร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc diffuser ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาการเลือกใช้เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีดแทนเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc diffuser ในการบำบัดน้ำเสียต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีด (jet aerator) ในการเพิ่มปริมาณ DO และความคงตัวของ DO เปรียบเทียบกับเครื่องเติมอากาศแบบ disc diffuser และแบบ Oxygen Hydrodynamic Aerator (OHR)
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีดร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (activated sludge)

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีดในการฟุ้งฟองอากาศระดับไมครอน

หัวฉีดที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 8 แบบ คือ AAAA, BABA, CACA, DADA, BCBC, BDBD, CDCD และ OHR ดังภาพที่ 1 โดยทำการทดลองกับน้ำประปาปริมาตร 2,000 ลิตร ที่ถูกปรับให้มีค่า DO ต่ำที่สุดด้วยโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2SO_3) ที่บรรจุในถังอะคริลิกพร้อมด้วยเครื่องฟั่นฟองอากาศที่ตั้งอยู่ที่บริเวณด้านล่างถังอะคริลิกเชื่อมต่อกับปั๊มอากาศเปรียบเทียบกับเครื่องฟั่นฟองอากาศแบบ OHR โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่

ปัจจัยที่ 1 อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า DO โดยทำการวัดค่า DO ทุก 10 นาทีที่ทำการฟั่นฟองอากาศจนกระทั่งค่า DO คงที่

ปัจจัยที่ 2 เสถียรภาพหรือความคงตัวของค่า DO

ปัจจัยที่ 3 อัตราการลดลงของ DO ในแต่ละชั่วโมงจนกระทั่งค่า DO คงที่



รูปที่ 1 ลักษณะหัวฉีด A, B, C, D และ OHR

2. วิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ทำการตรวจวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้นของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียรวมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ณ บริเวณบ่อรวบรวมน้ำเสียได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) กรด-ด่าง (pH) สี (color) ความขุ่น (turbidity)

ความเค็ม (salinity) สภาพการนำไฟฟ้า (conductivity) ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids) อุณหภูมิ (temperature) ซีโอดี (COD) และบีโอดี (BOD)

3. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งโดยใช้เครื่องฟั่นฟองอากาศแบบหัวฉีดที่ศึกษาได้เปรียบเทียบกับเครื่องฟั่นฟองอากาศแบบ disc diffuser

การทดลองนี้ใช้เครื่องฟั่นฟองอากาศแบบหัวฉีดที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดจากการศึกษา ข้อ 1 แบบ OHR และแบบ disc diffuser ทดลองกับน้ำเสียจากบ่อสูบของโรงบำบัดน้ำเสียรวม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเติมตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากบ่อเดิมอากาศปริมาตร 500 ลิตร จากนั้นจึงเติมน้ำเสียจากบ่อรวมน้ำเสียหรือบ่อสูบปริมาตร 1,500 ลิตรระยะเวลาที่ใช้ในการฟั่นฟองอากาศที่ทำการศึกษาคือทุกๆ ระยะเวลา 10 นาทีเป็นเวลาทั้งสิ้น 120 นาทีและระยะเวลาในการคงตัวคือทุกๆ ระยะเวลา 10 นาที เป็นเวลาทั้งสิ้น 180 นาที จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำเช่นเดียวกับข้อที่ 3 ทั้งก่อนและหลังการฟั่นฟองอากาศ

ผลการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟั่นฟองอากาศแบบหัวฉีดในการฟั่นฟองอากาศระดับไมครอน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเครื่องฟั่นฟองอากาศต้นทุนต่ำแบบหัวฉีดทั้ง 7 แบบ ภายใต้สภาวะเดียวกันคือ ปริมาตรน้ำประปา 2,000 ลิตร ในถังอะคริลิกที่ถูกปรับลดค่า DO ให้เหลือ 0.9 mg/L เพื่อหาเครื่องฟั่นฟองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในตารางที่ 1 พบว่า ค่า DO_{max} ที่ได้จากหัวฉีดแต่ละแบบ มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาจากระยะเวลาที่ฟั่นฟองอากาศ ค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของ DO และเวลาที่ใช้ในการลดลงของ DO เหลือ 3 mg/L ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หัวฉีดแบบ BABA ใช้เวลาในการฟั่นฟองอากาศน้อยที่สุด คือ 68 นาที มีอัตราการเพิ่มขึ้นของ DO สูงสุด เท่ากับ 0.12 mg/L·min⁻¹

¹และใช้เวลาในการลดลงของ DO เหลือ 3 mg/L เท่ากับ 9 ชั่วโมง ส่วนประสิทธิภาพของหัวฉีดแบบ OHR ใช้ระยะเวลาในการพ่นอากาศ 61 นาที ที่ทำให้ค่า DO สูงสุดเท่ากับ 7.6 mg/L มีอัตราการเพิ่มขึ้นของ DO เท่ากับ 0.13 mg/L·min⁻¹ และเวลาที่ใช้ในการลดลงของ

DO เหลือ 3 mg/L เท่ากับ 9 ชั่วโมง เช่นเดียวกับหัวฉีดแบบ BABA ดังตารางที่ 1 ซึ่งหัวฉีดอีกแบบใช้เวลาในการพ่นให้ DO เท่ากับ DO_{max} นานกว่า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้หัวฉีดแบบ BABA ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องพ่นอากาศแบบหัวฉีด

แบบหัวฉีด	ⁿ DO _{max}	Spray time (min)	Rate of increasing DO (mg/L·min ⁻¹)	Stabilization time of DO at ⁿ DO _{max} (min)	Dropping time to 3 mg/L of DO (hr)	Rate of decreasing DO (mg/L·hr ⁻¹)
AAAA	7.70	70.00	0.11	15.00	5.00	0.05
BABA	7.90	68.00	0.12	14.00	9.00	0.05
CACA	7.90	86.00	0.09	13.00	7.00	0.04
DADA	8.10	84.00	0.10	11.00	8.00	0.04
BCBC	8.10	104.00	0.08	12.00	12.00	0.04
BDBD	7.70	73.00	0.11	12.00	13.00	0.03
CDCD	7.90	83.00	0.10	17.00	6.00	0.03
OHR	7.60	61.00	0.13	15.00	9.00	0.04

ⁿค่า DO ที่สูงสุด

^uค่า DO ที่ต่ำที่สุด

2. ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียรวมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากบ่อสูบของโรงบำบัดน้ำเสียรวม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์พบว่าลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ความขุ่นและลักษณะทางชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าบีโอดีและซีโอดีซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกความสกปรกของน้ำ มีค่า 31.05 mg/L และ 72 mg/L ตามลำดับ ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนได้กำหนดค่าบีโอดีให้ไม่เกินค่า 20 mg/L (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

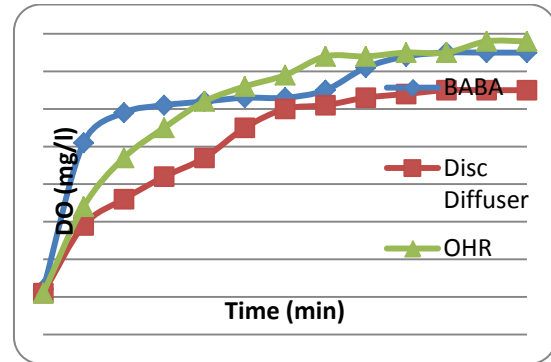
ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียรวม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

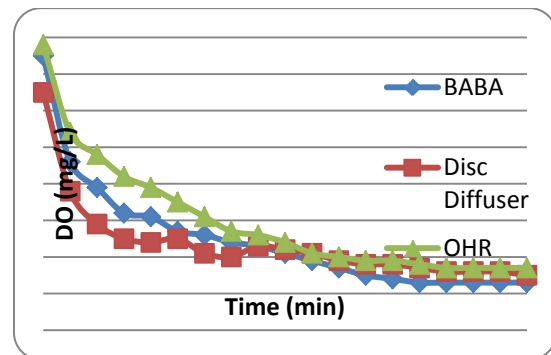
พารามิเตอร์	น้ำเสียจากบ่อ ปรับสภาพ เริ่มต้น(Primary Clarifier Pond)	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจาก ระบบบำบัดน้ำเสียรวม ชุมชน
พีเอช	7.4	5.5 – 9.0
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	891.0	-
TDS (mg/L)	572.0	-
ความเค็ม (ppt.)	0.2	-
ความขุ่น (NTU)	41.2	-
ซีโอดี (mg/L)	72.0	-
บีโอดี (mg/L)	31.0	ไม่เกิน 20

3. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน
แบบตะกอนเร่งโดยใช้เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีด
ที่ศึกษาได้เปรียบเทียบกับเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ disc
diffuser

ในการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการเพิ่ม
ปริมาณออกซิเจนด้วยเครื่องฟุ้งฟองอากาศโดยหัวฉีด
แบบ BABA, OHR และแบบ disc diffuser โดยใช้
ระยะเวลาในการเติมอากาศ 120 นาทีเหมือนกัน ค่า DO
ที่ได้จากหัวฉีดแบบ OHR จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและมีค่า
สูงกว่าหัวฉีดแบบ BABA และ disc diffuser โดยหัวฉีด
แบบ OHR สามารถให้ค่า DO สูงสุด (DO_{max}) เท่ากับ 7.8
mg/L ดังรูปที่ 2 การทดลองศึกษาประสิทธิภาพการคง
ตัวของออกซิเจน โดยจับเวลาที่ค่า DO คงตัวอยู่ที่
 DO_{max} พบว่า เวลาในการคงตัวของหัวฉีดแบบ BABA,
OHR และ disc diffuser เท่ากับ 15, 10 และ 15 นาที
ตามลำดับส่วนอัตราการลดลง จับเวลาการลดลงตั้งแต่
 DO_{max} จนถึงเวลาที่ DO_{min} พบว่าค่า DO ของ OHR ยังคง
มีสูงกว่าหัวฟุ้งทั้งสองแบบ คือมีค่า DO อยู่ที่ 1.7 mg/L
ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DO กับเวลาการฟุ้ง
ฟองอากาศ ด้วยเครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบ
หัวฉีด BABA, OHR และแบบ disc diffuser ใน
น้ำเสีย



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DO กับเวลาลดลง ด้วย
เครื่องฟุ้งฟองอากาศแบบหัวฉีด BABA, OHR และ
แบบ disc diffuser ในน้ำเสีย

เมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของ DO
และอัตราการลดลงของ DO ในน้ำเสียจากตารางที่ 3 จะ
เห็นได้ว่าหัวฉีดแบบ BABA มีอัตราการเพิ่มขึ้นของ DO
และอัตราการลดลงของ DO ใกล้เคียงกับ OHR แต่ค่า
 DO_{max} ที่ได้จาก BABA มีค่าต่ำกว่า OHR เล็กน้อย แต่มี
เวลาในการคงตัวนานกว่าค่า DO_{max} ที่ได้จากเครื่อง
OHR

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัวพ่นฟองอากาศแบบ BABA, OHR และแบบ disc diffuser ในน้ำเสีย

ชนิดของหัวพ่น	DO _{max}	Rate of increasing DO (mg/L · min ⁻¹)	Stabilization time of DO at DO _{max} (min)	DO _{min}	Rate of decreasing DO (mg/L · hr ⁻¹)
BABA	7.500	0.063	15.000	1.300	0.007
OHR	7.800	0.065	10.000	1.700	0.009
Disc diffuser	6.500	0.054	15.000	1.500	0.008

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำเสียหลังจากเติมอากาศด้วยหัวพ่นฟองอากาศแบบ BABA, OHR และ disc diffuser

ลักษณะของหัวฉีด	DO (mg/L)	pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	EC (Micro Siemen)	TDS (mg/L)	SAL (mg/L)	Turbidity (NTU)	Color (Pt-Co)
หัวฉีดแบบ BABA									
(ก่อน)	1.20	7.40	56.00	24.00	734.00	469.00	0.10	27.40	37.83
(หลัง)	7.50	7.50	16.00	8.00	636.00	406.00	0.10	12.97	16.17
หัวฉีดแบบ OHR									
(ก่อน)	1.10	7.70	32.00	17.00	1119.00	723.00	0.30	36.73	28.04
(หลัง)	7.80	7.80	11.00	7.00	1003.00	642.00	0.30	16.02	3.25
หัวฉีดแบบ diffuser									
(ก่อน)	1.10	7.70	48.00	22.00	1057.00	675.00	0.30	31.84	51.58
(หลัง)	6.50	7.80	19.00	12.00	921.00	588.00	0.20	14.92	4.29

ตารางที่ 5 ร้อยละการบำบัด BOD และ COD โดยหัวพ่นฟองอากาศแบบ BABA, OHR และแบบ disc diffuser

ลักษณะของหัวพ่นฟองอากาศ	ค่า BOD (mg/L)			ค่า COD (mg/L)		
	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละการบำบัด
หัวฉีดแบบ BABA	24.00	8.00	66.60	56.00	16.00	71.40
หัวฉีดแบบ OHR	17.00	7.00	58.80	32.00	11.00	65.60
หัวพ่นแบบ Disc diffuser	22.00	12.00	45.40	48.00	19.00	60.40

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมอากาศด้วยหัวพ่นฟองอากาศทั้ง 3 แบบ พบว่าพารามิเตอร์ที่ได้หลังจากการเติมอากาศ มีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนได้กำหนดไว้ ดังตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยพิจารณาจากร้อยละของการบำบัด BOD และ COD พบว่า หัวฉีดแบบ BABA มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด โดยสามารถบำบัด BOD ได้ถึงร้อยละ 66.6 และบำบัด COD ได้ร้อยละ 71.4 ดังตารางที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องพ่นฟองอากาศทั้งแบบหัวฉีดต้นทุนต่ำ 17 แบบ ได้แก่ AAAA, BABA, CACA, DADA, BCBC, BDBD และ CDCD โดยทำการทดลองในน้ำประปา 2,000 ลิตรที่ถูกปรับลดค่า DO ให้มีค่าต่ำที่สุด (0.9 mg/L) พบว่า เครื่องพ่นฟองแบบหัวฉีด BABA มีประสิทธิภาพดีกว่าหัวฉีดอีก 6 แบบ โดยมีอัตราการเพิ่ม DO เท่ากับ $0.09 \text{ mg/L} \cdot \text{min}^{-1}$ ระยะเวลาคงตัวของ $\text{DO}_{\max}$ 14 นาที และอัตราการลดลงของ DO มีค่า $-0.58 \text{ mg/L} \cdot \text{h}^{-1}$ ซึ่งใกล้เคียงกับหัวฉีดแบบ OHR ที่เป็นหัวฉีดที่มีขายในเชิงพาณิชย์ มีอัตราการเพิ่มของ DO $0.08 \text{ mg/L} \cdot \text{min}^{-1}$ ระยะเวลาคงตัวของ $\text{DO}_{\max}$ 15 นาที และอัตราการลดลงของ DO มีค่า $-0.50 \text{ mg/L} \cdot \text{h}^{-1}$ นอกจากนี้ การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนระหว่างเครื่องพ่นฟองอากาศแบบหัวฉีด BABA หัวฉีด OHR และหัวฟูแบบ disc diffuser โดยจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง พบว่า เครื่องพ่นฟองอากาศแบบหัวฉีด BABA มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีและซีโอดีได้ดีกว่าเครื่องพ่นฟองอากาศทั้งสองแบบ คือ มีบำบัดบีโอดีได้ร้อยละ 66.6 และบำบัด ซีโอดีได้ร้อยละ 71.4 ดังนั้น เครื่องพ่นฟองอากาศแบบ หัวฉีด BABA จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำมาใช้ทดแทนเครื่องพ่นฟองอากาศแบบ disc diffuser ที่สิ้นเปลืองพลังงาน และมี

ปัญหาการอุดตัน และเครื่องเติมอากาศ OHR ที่มีราคาแพงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณคณาจารย์ คณะสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและคำสั่งสอนแก่ผู้วิจัย เพื่อนำความรู้ต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โรงบำบัดน้ำเสียรวมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน รวมถึงขอขอบพระคุณ คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ Dr. Shigetaka Wada คุณ Tadashi Nomura และบริษัท Thai Isekyu ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และสารเคมีในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. ประกาศเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง. 2 มิถุนายน 2553
- มันสิน ตันจุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2526. การจัดการคุณภาพและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ครั้งที่ 4 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- Boyd, CE., and MARTINSON, DJ, 1983. EVALUATION OF PROPELLER ASPIRATOR PUMP AERATORS. Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, USA.
- Metcalf and Eddy. 1991. Wastewater Engineering (Treatment Disposal Reuse). 3rd ed., McGraw-Hill book Company, Inc., 1135 p.

PinsuphaPetiraksakul and AekachaiPhumeesiriwili.

2005. Effect of Polar Polymers on the
Efficiency of EPDM Air-Diffuser, *In*
Science and Technology of Thailand 31.ed.
Suranaree University of technology.

Yimin, X., Wang, W., Yong, H., and Zhao, W. 2012.
Investigation on the Cavity Backwater of the
Jet Flow from the Chute Aerators. *Procedia*
Engineering. 31 (2012) 51 – 56