



สภาวะในการเดินระบบตะกอนเร่งร่วมกับฟองน้ำต่อการบำบัดน้ำชะขยะที่มีความเข้มข้นสูง

นารัตช์พร นวลสุวรรณค์^{1,2*} วีริชัญญ์ ศรีวิเศษ¹ ดุษฎี คงถาวร¹ และ อหัส มามะ¹

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² กลุ่มวิจัยอาคารประหยัดพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Nararatchporn.n@cit.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 24 มกราคม 2563; วันที่ทบทวนบทความ: 5 พฤษภาคม 2563; วันที่ตอบรับบทความ: 21 พฤษภาคม 2563

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 8 กรกฎาคม 2563

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเดินระบบโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งประยุกต์ร่วมกับการใช้ฟองน้ำในการรักษาตะกอนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการกระตุ้นด้วยจุลินทรีย์ในการทดลองใช้ถึงปฏิกรณ์ 2 ถึง ขนาดถึงละ 12 ลิตร และใส่ฟองน้ำที่ปลายท่อน้ำออกเพื่อกักตะกอน ทำการศึกษาสภาวะที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเดินระบบ ได้แก่ อิทธิพลของการเติมอากาศ ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) และอัตราการระน้ำเข้า (HLR) โดยแบ่งออกเป็น 3 สภาวะที่มีการเติมอากาศและระยะเวลาเก็บกักแตกต่างกัน โดยสภาวะที่ 1 มีการเติมอากาศ 35 ลิตร/นาที สภาวะที่ 2 70 ลิตร/นาที สภาวะที่ 3 90 ลิตร/นาที จากการทดลองพบว่าการใช้ฟองน้ำสามารถลด SS (สารแขวนลอย) ที่ถึงน้ำออกได้มากกว่า 95% เมื่อทดลองที่สภาวะต่างกันพบว่าเมื่อกักเก็บตะกอนระยะเวลาสามารถบำบัด BOD COD และ NH_3 ได้มากกว่า 51% 47% และ 47% ที่ HRT 10 วัน และเพิ่มขึ้นมากกว่า 3% ที่ HRT 15 วัน หากเพิ่มการเติมอากาศเป็นสองเท่าพบว่าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้มากกว่า 6% และ 8% สำหรับ HRT 10 และ 15 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของ DO อยู่ในช่วง 4.8-5.5 mg/l และ MLSS อยู่ในช่วง 9600-16000 mg/l ซึ่งมีค่าเพิ่มตามอัตราการเติมอากาศและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป งานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการประยุกต์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทั้งด้านกายภาพและชีวภาพ

คำสำคัญ: ระบบตะกอนเร่ง; น้ำชะขยะ; ระยะเวลาเก็บกัก; อัตราการระน้ำเข้า



Conditions of Activated Sludge System with Sponge for Treating Concentrated Solid Waste Leachate

Nararatchporn Nuansawan^{1, 2*} Weerawit Sornwiset¹ Dussadee Kongthavorn¹ and Anas Mama¹

¹ Department of Civil and Environmental Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

² Green Building Research Group, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

* Corresponding author, E-mail: Nararatchporn.n@cit.kmutnb.ac.th

Received: 24 January 2020; Revised 5 May 2020; Accepted: 21 May 2020

Online Published: 8 July 2020

Abstract: This research investigated the operation by using activated systems to accelerate the application together with the sponge to collect sludge to enhance the stimulation by microbes. In the experiment, using 2 reactors, 12 liters each, and put the sponge at the end of the water pipe to trap sediment. To study the conditions that affect the efficiency of the system such as the influence of the aeration, hydraulic retention time (HRT) and hydraulic loading rate (HLR). There are 3 conditions, with condition 1 having aeration of 35 liters/minute, state 2.70 liters/min, state 3.90 liters/min from the experiment, it was found that adding sponge can reduce SS (Suspended Solids) at the effluent tank can be removed more than 95% when experimenting at different conditions. It was found that when storing sediment for a long time, it was able to treat BOD, COD and NH₃ more than 51%, 47% and 47% at HRT for 10 days and increased more than 3%. HRT 15 days, if doubling the aeration, can increase the treatment efficiency by more than 6% and 8% for HRT 10 and 15, respectively. DO averages are in the range of 4.8-5.5 mg/l and MLSS is in the range of 9,600-16,000 mg/l, which increases according to the aeration rate and tends to increase over time. This research is a practical application to promote both physical and biological efficiency.

Keywords: Activated Sludge; Solid Waste Leachate; Hydraulic Retention; Hydraulic Loading Rate



1. บทนำ

ในปัจจุบันการขยายตัวของสังคมเมืองสู่สังคมชนบทอย่างต่อเนื่อง ทำให้ขยะมูลฝอยมีเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านขยะมูลฝอยอย่างรุนแรง กรมควบคุมมลพิษได้รายงานปริมาณขยะมูลฝอยในปี 2560 ถึง 27.40 ล้านตัน และอัตราการเกิดขยะต่อคน 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งเป็นอัตราที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี [1] การแก้ปัญหาขยะ ยังเป็นวาระแห่งชาติ [2] จังหวัดนนทบุรีเป็นจังหวัดที่มีความเจริญ และมีประชากรเข้ามาอาศัย ในพื้นที่มาก ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นตามด้วยปัญหาของน้ำชะขยะ บริเวณพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยอำเภอกาญจนวนิชส่งผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียง

พื้นที่ฝังกลบของจังหวัดนนทบุรี ตั้งอยู่อำเภอกาญจนวนิช ซึ่งมีพื้นที่สำหรับทิ้งขยะ 108,800 ตารางเมตร มีการนำขยะเข้ามากำจัดเฉลี่ยวันละประมาณ 1,650 ตัน/วัน ซึ่งมีน้ำชะขยะที่มาจากทิ้งขยะประมาณ 10% ส่งผลทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และมีการไหลซึมบริเวณหลุมฝังกลบในปัจจุบันสถานีกำจัดมูลฝอยไทรน้อยรับกำจัดจากการเก็บรวบรวม ของแต่ละเทศบาล ในเขตจังหวัดนนทบุรี จำนวน 11 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบลในเขตจังหวัด นนทบุรี จำนวน 30 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบลบึงปากท่า จากจังหวัด นครปฐม 1 แห่ง และ เอกชนซึ่งได้ทำสัญญากับ องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี อีกจำนวน 19 แห่ง จากการศึกษาคาดว่าการณ์ปริมาณขยะ มูลฝอยเกิดขึ้นในอนาคต 20 ปี ของจังหวัดนนทบุรีคาดว่าในปี 2570 จะมีขยะที่ส่งเข้ามากำจัดวันละ 1,880 ตัน/วัน [3] ในปัจจุบันน้ำชะขยะจะทำการบำบัดด้วยบ่อฝังซึ่งมีทั้งสิ้น 5 บ่อ มีลักษณะเป็นบ่อดิน อาศัยธรรมชาติใน

การบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งใช้พื้นที่มาก จากปริมาณขยะที่มีมากส่งผลทำให้เกิดกลิ่น และการรั่วไหลของน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ สุ่มบริเวณพื้นที่ข้างเคียงทำให้เกิดมลพิษต่อชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น หากมีการจัดการน้ำชะขยะโดยใช้ระบบเติมอากาศร่วมกับจุลินทรีย์ในการบำบัดขั้นต้นก่อนก็เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการน้ำเสียลดภาระสารอินทรีย์ก่อนปล่อยลงสู่บ่อฝัง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเดินระบบโดยเปรียบเทียบอัตราการเติมอากาศ อัตราการระน้ำเข้า และระยะเวลาที่เก็บ โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ประยุกต์ร่วมกับการใช้ฟองน้ำในการรักษาตะกอนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการกระตุ้นด้วยจุลินทรีย์ [4] ต่อการบำบัดน้ำเสียเข้มข้นสูง เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางในการจัดการน้ำชะขยะในอนาคต และสามารถนำไปปรับใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียประเภทอื่นๆ ที่ใกล้เคียง

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ทำการเก็บน้ำชะขยะสดจากรถขยะ ณ บ่อกำจัดขยะ อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี โดยข้อมูลน้ำเสียแสดงดังตารางที่ 1 ทำการควบคุมความเข้มข้นของน้ำเสียเข้าระบบ BOD ประมาณ 30,000 mg/l แสดงดังตารางที่ 2 การเดินระบบใช้ถังปฏิกรณ์ 2 ถัง ที่ระยะกักเก็บ 10 และ 15 วัน ขนาดถังละ 12 ลิตร มีส่วนทำปฏิกิริยา 10 ลิตร และใส่ฟองน้ำที่ปลายท่อปล่อยออกเพื่อกักตะกอนแสดงดังรูปที่ 1 ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ใช้วิธีมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบน้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the

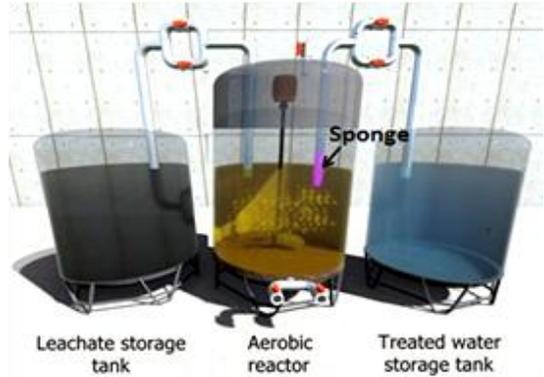


Examination of Water and Wastewater) [5] แบ่งการทดลองออกเป็น 3 สภาวะดังแสดงในตารางที่ 3 ได้แก่ สภาวะที่ 1 จะทำการศึกษาการบำบัดน้ำชะขยะที่ระยะกักเก็บระยะเวลา 10 และ 15 วัน มีการถ่ายน้ำออก 1 ลิตร/วัน และ 0.67 ลิตร/วัน ตามลำดับ โดยแต่ละถังใช้เครื่องปริมาตรการเติมอากาศ 35 ลิตร/นาที สภาวะที่ 2 ทำการศึกษาโดยเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในระบบโดยการเพิ่มอัตราการเติมอากาศเข้าในแต่ละถัง 70 ลิตร/นาที และสภาวะที่ 3 ทำการศึกษาระบบการบำบัดของน้ำเสียเข้าระบบโดยเพิ่มการบำบัดเป็น 2 เท่าของสภาวะ 1 และ 2 ทำการเพิ่มอัตราการเติมอากาศ 90 ลิตร/ต่อนาที มีการถ่ายน้ำออก 2 ลิตร/วัน และ 1.34 ลิตร/วัน สำหรับ HRT 10 และ 15 วัน ตามลำดับ ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) ในแต่ละสภาวะของการเดินระบบ

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำชะขยะสด

พารามิเตอร์	น้ำชะขยะสด	
	พิสัย	เฉลี่ย
pH	3.2-5.7	4.2
DO (mg/l)	1.1-1.7	1.4
SS (mg/l)	1,833-7,778	3,770
BOD (mg/l)	54,000-78,000	71,000
COD (mg/l)	118,400-194,400	151,100
NH ₃ (mg/l)	636-3,702	2,798

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 1 ถึงปฏิกรณ์ชีวภาพ

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียเข้าถึงปฏิกรณ์

พารามิเตอร์	น้ำเสียเจือจางเข้าสู่ถึงปฏิกรณ์(เฉลี่ย)		
	สภาวะที่ 1 วันที่1-73	สภาวะที่ 2 วันที่74-102	สภาวะที่ 3 วันที่103-134
pH	5.6(0.2)	5.4(0.2)	5.3(0.1)
DO (mg/l)	2.5(0.2)	2.7(0.2)	2.6(0.1)
SS (mg/l)	3838(1124)	4938(1998)	2533(811)
BOD (mg/l)	30000(1000)	29667(1528)	29500(1291)
COD (mg/l)	33343(1654)	35088(3365)	34900(1407)
NH ₃ (mg/l)	1159(59)	1262(90)	1431(505)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3 สภาวะการเดินระบบในแต่ละสภาวะ

สภาวะ	ลักษณะการเดินระบบ		ระยะ (วัน)
	อัตราเติมอากาศ(ลิตร/นาที)		
	HRT10 วัน	HRT15 วัน	
1	35	35	73
2	70	70	28
3	90	90	31

**ตารางที่ 4** อัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์

สภาวะ	อัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์	
	ถึงที่ 1	ถึงที่ 2
	(HRT 10 วัน)	(HRT 15 วัน)
1	0.24	0.25
2	0.23	0.22
3	0.22	0.21

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ อิทธิพลของระยะเวลาเก็บกัก อิทธิพลของการเติมอากาศ และอิทธิพลของภาระอัตราน้ำเข้า

3.1 ของระยะเวลาเก็บกักในถังปฏิกรณ์

ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียในระบบ (Hydraulic Retention Time, HRT) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากสำหรับระบบตะกอนเร่ง ค่าระยะเวลาการเก็บกักต้องมากพอที่จะบำบัดสารอินทรีย์ได้ แต่ไม่มากเกินไปจนกลายเป็นการเติมอากาศที่มากเกินไป จากผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2 ในสภาวะแรกพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียจาก HRT 10 เป็น 15 วันพบว่าจากสามสภาวะ ที่ HRT 15 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 5, 6 และ 7 ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD ที่ HRT 10 วันที่สภาวะ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 51% 59% และ 62% ตามลำดับ สำหรับ HRT 15 วัน เท่ากับ 59% 63% และ 64% ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการบำบัด COD ที่ HRT 10 วัน เท่ากับ 45% 50% และ 49% ตามลำดับ สำหรับ HRT 15 วัน เท่ากับ 50% 54% และ 57% ประสิทธิภาพในการบำบัด NH_3 ที่ HRT

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะขยะในสภาวะที่ 1 (เปรียบเทียบ HRT)

Parameters	Condition: 1 (Day 1-73)			
	HRT 10		HRT 15	
	Eff.(Tank)	%Rem.	Eff.(Tank)	%Rem.
pH	9.46(0.4)		9.53(0.3)	
DO (mg/l)	4.76(0.9)		4.86(0.9)	
SS (mg/l)	119(24)	96.6(1.3)	112(24)	96.9(1.1)
BOD (mg/l)	14000(1354)	51.3(5.2)	12363(1730)	58.7(6.0)
COD (mg/l)	18750(1085)	44.6(4.2)	17100(594)	49.5(2.7)
NH_3 (mg/l)	614(66)	46.8(7.2)	480.4(25.2)	58.4(3.7)

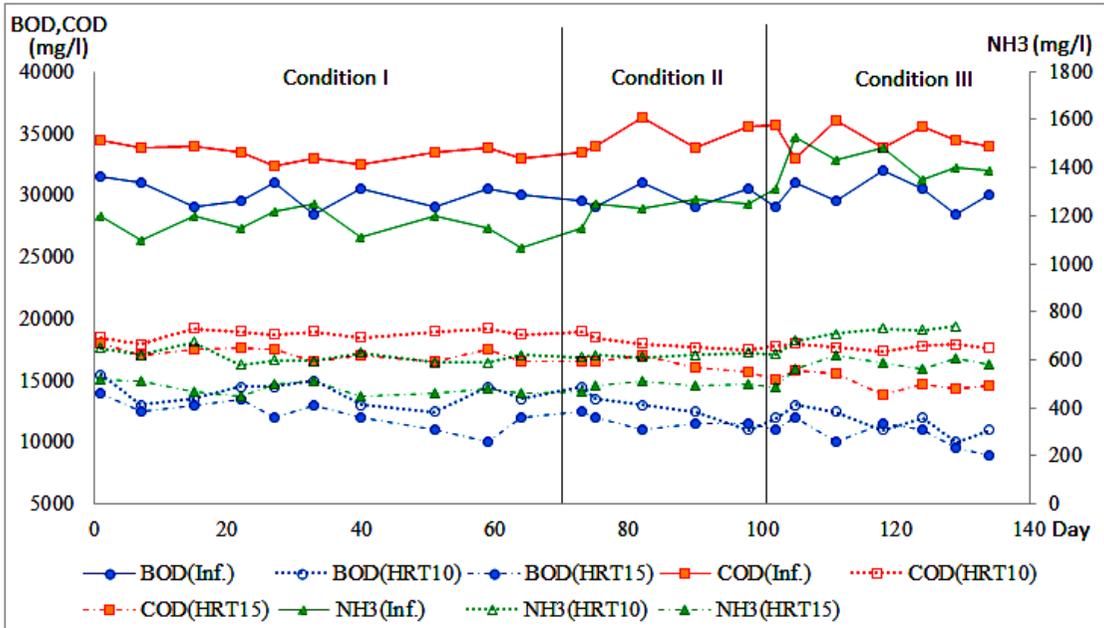
หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะขยะในสภาวะที่ 2 (เพิ่ม O_2 ในน้ำเสีย)

Parameters	Condition: 2 (Day 74-102)			
	HRT 10		HRT 15	
	Eff.(Tank)	%Rem.	Eff.(Tank)	%Rem.
pH	9.19(0.2)		9.24(0.1)	
DO (mg/l)	5.14(0.5)		5.23(0.8)	
SS (mg/l)	120(7)	97.2(1.1)	123(6)	97.1(1.3)
BOD (mg/l)	12375(1237)	59.4(5.0)	11375(1944)	62.6(7.2)
COD (mg/l)	17900(2760)	49.5(6.6)	16050(812)	54.4(4.2)
NH_3 (mg/l)	622(144)	50.6(11.7)	498.8(33.4)	60.3(4.1)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

10 วัน เท่ากับ 47% 51% และ 47% ตามลำดับ สำหรับ HRT 15 วัน เท่ากับ 58% 60% และ 56% ตามลำดับ สำหรับการบำบัด SS (สารแขวนลอย) พบว่าประสิทธิภาพทั้งสามสภาวะอยู่ที่ 95-97% เนื่องจากมีการผ่านการกรองด้วยฟองน้ำ [6] อิทธิพลของระยะเวลาเก็บกักในถังปฏิกรณ์สอดคล้องกับ [7-9] พบว่าสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากทางชีวภาพการเพิ่ม HRT ที่นานขึ้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายได้



รูปที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียขาเข้าและขาออก ทั้ง 3 สภาวะ

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะขยะในสภาวะที่ 3 (เพิ่ม O₂ และภาระน้ำเสีย)

Parameters	Condition: 3 (Day 103-134)			
	HRT 10		HRT 15	
	Eff.(Tank)	%Rem.	Eff.(Tank)	%Rem.
pH	8.95(0.3)		9.14(0.5)	
DO (mg/l)	5.47(0.4)		5.52(0.2)	
SS (mg/l)	110(41)	95.2(2.5)	93(25.4)	96.1(1.6)
BOD (mg/l)	11125(968)	62.1(3.2)	10563(826)	64.2(1.9)
COD (mg/l)	17734(745)	49.2(2.2)	14887(596)	57.3(2.7)
NH ₃ (mg/l)	720(147)	47.1(10.8)	587(89.4)	56.4(10.4)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2 อิทธิพลของการเติมอากาศในถังปฏิกรณ์

ในการวิเคราะห์อิทธิพลของการเติมอากาศสามารถวิเคราะห์ได้โดยการเปรียบเทียบในสองสภาวะคือสภาวะที่ 1 และ 2 เนื่องจากในสภาวะที่ 2

มีการเติมอากาศที่มากขึ้นเป็น 2 เท่าของสภาวะที่ 1 โดยที่มีอัตราการระน้ำเสียเท่าเดิม มีผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ในแต่ละสภาวะมีความแตกต่างกันไปตามอัตราการเติมอากาศดังตารางที่ 5 และ 6 โดยสภาวะที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในถังที่ 1 และ 2 อยู่ที่ 4.76 mg/L และ 4.86 mg/L ตามลำดับ ในสภาวะที่ 2 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังที่ 1 และ 2 อยู่ที่ 5.14 mg/L และ 5.23 mg/l ตามลำดับ จากการทดลองเปรียบเทียบสภาวะที่ 1 และ 2 พบว่า การเพิ่มออกซิเจนนั้นจะทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นไปด้วยและมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เนื่องจาก BOD แสดงปริมาณ O₂ ที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ และ COD คือ ปริมาณ O₂ ที่ใช้ในการออกซิไดซ์ใน



การสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีโดยใช้สารละลาย ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD จึงเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์อิทธิพลของการเติมอากาศด้วย และในการกำจัดไนโตรเจนโดยการบวนการทางชีวภาพที่จะให้ประสิทธิภาพสูงเกิดจากกระบวนการแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน [10] โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการที่ NH_3 จะถูกออกซิไดซ์ ด้วยไนโตรฟายอิงแบคทีเรียที่สามารถใช้ NH_3 แล้วเปลี่ยนให้เป็น NO_2^- ซึ่ง NO_2^- จะถูกย่อยสลายอีกเมื่อเติมออกซิเจนโดยจะถูกเปลี่ยนให้เป็น NO_3^- ส่วนในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันจะมีแบคทีเรียจำพวกดีไนโตรฟายอิงแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยน NO_3^- ให้อยู่ในรูปก๊าซไนโตรเจนสู่แหล่งน้ำหรือบรรยากาศ ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า BOD COD และ NH_3 จึงเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์อิทธิพลของการเติมอากาศด้วย ทั้งนี้ในสภาวะที่ 2 ที่เติมอากาศมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD เพิ่มขึ้นจากสภาวะที่ 1 คือ 8.1% และ 3.9% ตามลำดับ สำหรับถึงที่ 1 และ 2 สำหรับค่า COD ในสภาวะที่ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ HRT 10 และ 15 วัน มากกว่าสภาวะที่ 1 ที่ 4.9% สำหรับ NH_3 ในสภาวะที่ 2 ประสิทธิภาพในการบำบัดมากกว่าสภาวะที่ 1 ที่ HRT 10 และ 15 วัน อยู่ที่ 3.8% และ 1.9% ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบอิทธิพลของการเติมอากาศ ในสภาวะที่ 1 และ 2 ที่ภาระบรรทุกเท่ากัน พบว่าหากเพิ่มอัตราการเติมอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD COD และ NH_3 เพิ่มขึ้นทั้งยังช่วยเพิ่มความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ถึงแม้อัตราการระน้ำเสียเข้าถึงมากขึ้น

(สภาวะที่ 3) โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยตะกอนจุลินทรีย์จะช่วยทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะถูกทำให้อยู่ในสภาพที่พร้อมโดยอากาศที่ถูกเติมลงไปจนถึงเติมอากาศจะถูกนำไปใช้ใน 3 ปฏิกริยา ได้แก่ ปฏิกริยาแยกสลาย (Catabolism) ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเนื่องจากเป็นปฏิกริยาที่ใช้ O_2 ในการย่อยสลายซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นก๊าซ CO_2 และ H_2O ทำให้ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวนและจะได้รับพลังงานจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ออกมาจำนวนมากซึ่งพลังงานที่ได้ ออกมานี้จะถูกนำมาใช้ในปฏิกริยาแอนาบอลิซึม (Anabolism) ซึ่งเป็นการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ใหม่ สำหรับ จุลินทรีย์ ที่ตายไป ก็จะถูกสลายไป (Endogenous Respiration) จากตารางที่ 6 ในสภาวะที่ 2 (เมื่อเติมอากาศเพิ่มขึ้น) พบว่าค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) มีค่าน้อยลงเนื่องจากจุลินทรีย์ถูกกระตุ้นในปฏิกริยาแยกสลายจึงย่อยสารอินทรีย์ได้จำนวนมาก F/M ratio จึงลดลง ซึ่งโดยปกติแล้วสำหรับระบบบำบัดแบบ (Activated Sludge) ควรมีค่า F/M ratio 0.2-0.4 [11] และเมื่อเพิ่มอัตราการระน้ำเสียเข้าก็พบว่าค่า F/M ratio มีค่าน้อยลงแปรผันตาม MLSS สอดคล้องกับการที่เติมอากาศแสดงให้เห็นว่าตะกอนจุลินทรีย์ทนทานต่อน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง และเหมาะสมในการบำบัดแบบตะกอนเร่ง

3.2 อิทธิพลของภาระอัตราน้ำเสีย

เมื่อเพิ่มภาระอัตราน้ำเสีย (สภาวะที่ 3) เป็น 2 เท่าของสภาวะที่ 2 พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดแสดงในตารางที่ 7 ที่ HRT 10 วัน BOD ที่น้ำออกมี



ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11,125 mg/l บำบัดได้ 62.3% ขณะที่ COD น้ำออกมีค่าเฉลี่ย 18425 mg/l สามารถบำบัดได้ 47.2% ขณะที่ NH_3 ในน้ำออกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 720 mg/l และสามารถบำบัดได้ 47.1% จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกับสภาวะที่ 2 เนื่องจากการเติมอากาศในอัตราที่เพิ่มขึ้น ซึ่ง COD และ NH_3 อาจต้องเพิ่มระยะเวลาที่เก็บน้ำเสียเพื่อให้เวลาแก่จุลินทรีย์ใ้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีขึ้น [12] ซึ่งความเข้มข้นของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบตามปริมาณ MLSS ที่เปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 8 ในกรณีนี้มีการเพิ่มอัตราการเติมอากาศอีก 20 ลิตร/นาที่ เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมในการบำบัดในสภาวะที่ 3 ยังค่อนข้างดีเมื่อเทียบกับสภาวะที่ 2 แม้จะเพิ่มภาวะอัตราน้ำเข้าเป็น 2 เท่า

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย MLSS ในถังปฏิบัติการ

Conditions	MLSS (mg/l)	
	HRT 10 day	HRT 15 day
1	12400(2285)	12041(2056)
2	12761(450)	13247(885)
3	13544(865)	14031(1236)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. สรุปและเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า การใส่ฟองน้ำสามารถลด SS ที่ถึงน้ำออกได้มากกว่า 95% ในขณะที่ [13] และ [14] สามารถบำบัดได้เพียง 44.8% และ 84% ตามลำดับ โดยฟองน้ำสามารถช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในการ

บำบัดน้ำเสีย เมื่อทดลองที่สภาวะต่างๆพบว่าเมื่อักเก็บตะกอนระยะเวลาาน ค่าเฉลี่ยของ DO ที่ HRT 10 และ 15 วัน ทั้ง 3 สภาวะอยู่ในช่วง 4.8-5.5 ซึ่งมีค่าเพิ่มตามอัตราการเติมอากาศ ทั้งนี้ MLSS อยู่ในช่วง 9,600-16,000 mg/l (ทั้ง 3 สภาวะ) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป โดยสามารถบำบัด BOD COD และ NH_3 ได้มากกว่า 51% 45% และ 47% สำหรับ ที่ HRT 10 วัน ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นที่ HRT 15 วัน และหากเพิ่มการเติมอากาศเป็นสองเท่าพบว่าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้มากกว่า 6% และ 8% สำหรับ HRT 10 และ 15 วัน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าแนวทางในการประยุกต์ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งร่วมกับฟองน้ำสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทั้งด้านกายภาพและชีวภาพมากขึ้นด้วยโดยไม่จำเป็นต้องทั้งตะกอนและหากจะเพิ่มภาวะอัตราน้ำเข้าควรเพิ่มการเติมอากาศให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการบำบัด ทั้งนี้ควรศึกษาระบบระยะเวลายาวร่วมด้วยเช่นระยะเวลาการเปลี่ยนฟองน้ำ หรืออิทธิพลของการเติมอากาศต่อการเติบโตของตะกอน ซึ่งสามารถเป็นแนวทางในการใช้งานจริงและออกแบบระบบเพื่อให้มีการบำบัดน้ำเสียได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] http://www.pcd.go.th/file/Thailand%20Pollution%20Report%202018_Thai.pdf. (Accessed on 20 January 2020. (in Thai)
- [2] Pollution Control Department, Training for The Semi-Air Solid Waste Landfill Technology Course (Fukuoka Method),



- National Solid Waste Management Master Plan (2016-2021), Dusit Princess Hotel Korat, TH. 2016. (in Thai)
- [3] Nonthaburi Provincial Administration Organization, The Complete Report Draft, Study and Detailed Design Project of a System for Leachate Waste Treatment that is Appropriate for Solid Waste Disposal Areas, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering Kasetsart University, Bangkok, 2007. (in Thai)
- [4] I. Machar, T. Onodera, K. Syutsubo and A. Ohashi, Effects of Sponge Pore-Size on the Performance of a Down-Flow Hanging Sponge Reactor in Post-Treatment of Effluent from an Anaerobic Reactor Treating Domestic Wastewater, *Sustainable Environment Research*, 2018, 28(6), 282-288.
- [5] American Public Health Association (APHA), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Ed., American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, D.C., USA. 2005.
- [6] W. Qiao, K. Takayanagi, M. Shofie, Q. Niu, H.Q. Yu and Y. Li, Thermophilic Anaerobic Digestion of Coffee Grounds with and without Waste Activated Sludge as Co Substrate using a Submerged AnMBR: System Amendments and Membrane Performance, *Bioresource Technology*, 2013, 150, 249–258.
- [7] N. Nuansawan, J. Boonnorat, W. Chiemchaisri and C. Chiemchaisri, Effect of Hydraulic Retention Time and Sludge Recirculation on Greenhouse Gas Emission and Related Microbial Communities in Two-Stage Membrane Bioreactor Treating Solid Waste Leachate, *Bioresource Technology*, 2016, 210, 35-42.
- [8] Y.W. Berkess, B. Yen, T. Li, M. Tan, Z. She, V. Jegatheesan, H. Jiang and Y. Zhang, Novel Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) Design for Wastewater Treatment at Long HRT and High Solid Concentration, *Bioresource Technology*, 2017, 250, 281-289.
- [9] N. Nuansawan, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and Makoto Shoda, Treatment of Concentrated Leachate with Low Greenhouse Gas Emission in Two-Stage Membrane Bioreactor Bio-Augmented with *Alcaligenes faecalis* No.4, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2018, 68, 1378–1390.



- [10] T.M. Massara, S. Malamis, A. Guisasola, J.A. Antonio Baeza, C. Noutsopoulos and E. Katsou, A Review on Nitrous Oxide (N_2O) Emissions during Biological Nutrient Removal from Municipal Wastewater and Sludge Reject Water, *Science of The Total Environment*, 2017, 596–597, 106-123.
- [11] <http://thaienvironmentblog.com/f-per-m-ratio>. (Accessed on 10 May 2019). (in Thai)
- [12] D. Dionisi and A.A. Rasheed, Maximisation of the Organic Load Rate and Minimisation of Oxygen Consumption in Aerobic Biological Wastewater Treatment Processes by Manipulation of the Hydraulic and Solids Residence Time, *Journal of Water Process Engineering*, 2018, 22, 138-146.
- [13] N. Patchanee, Removals of Coliforms and Antibiotic Resistant *E.coli* in Activated Sludge Process for Treatment of Domestic Wastewater, Thesis, Kasetsart University, Thailand. 2011. (in Thai)
- [14] S. Chingchana, Study on Design Criteria of Leachate Treatment by Activated Sludge and Biodrum, Thesis, Kasetsart University, Thailand. 2001. (in Thai)