

การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสัตว์โดยใช้ระบบ แอนแอโรบิคคอนแทค

Anaerobic Contact Process for Treating Synthetic Slaughterhouse Wastewater

สรยุทธ วินิจชัย (Sorayut Winitchai)* ดร. วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ (Dr. Wanpen Wirojanagud)**
ศุภฤกษ์ สิ้นสุพรรณ (Suparek Sinsupan)** อารุธ ยิมแต้ (Arwut Yimtae)***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ด้วยระบบแอนแอโรบิคคอนแทคโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสุกร ภายใต้การควบคุมอายุสลัดจ์ที่ 60 วัน โดยทำการทดลองที่ภาระบรรทุกซีโอดี 0.5 1 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ เวลาพักน้ำเสียเท่ากับ 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพ ค่ากรดไขมันระเหยในถังปฏิกริยา ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อภาระบรรทุกซีโอดีเพิ่มขึ้น ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะลดลงเมื่อภาระบรรทุกซีโอดีเพิ่มจาก 0.5 หรือ 1 เป็น 3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยส่วนหนึ่งเป็นผลจากการสะสมของกรดไขมันระเหยและตะกอนแขวนลอยที่แขวนลอยอยู่ในน้ำทิ้งที่ทำให้ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองสรุปว่าภาระบรรทุกซีโอดีที่เหมาะสมในการใช้งานคือ 1 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ABSTRACT

The objective of this research is to study the removal efficiency of chemical oxygen demand (COD) from synthetic slaughterhouse wastewater by anaerobic contact process at COD loadings in the range of 0.5, 1 and 3 kg. COD/m³-day under the control of sludge ages of 60 days and the hydraulic retention time at 24 hours. It indicated that the biogas production, volatile fatty acids (VFA) and suspend solids of the effluents increased as COD loading increased. The soluble COD removal efficiency was decreased as the COD loading increased from 0.5 or 1 to 3 kg COD/m³-day. This would be the result of VFA and suspended solids accumulated in the effluent. It was concluded that the optimum loading is 1 kg COD/m³-day.

คำสำคัญ: โรงฆ่าสัตว์ ระบบแอนแอโรบิคคอนแทค ซีโอดี กรดไขมันระเหย

Keywords: Slaughterhouse, Anaerobic Contact Process, COD, VFA

* นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

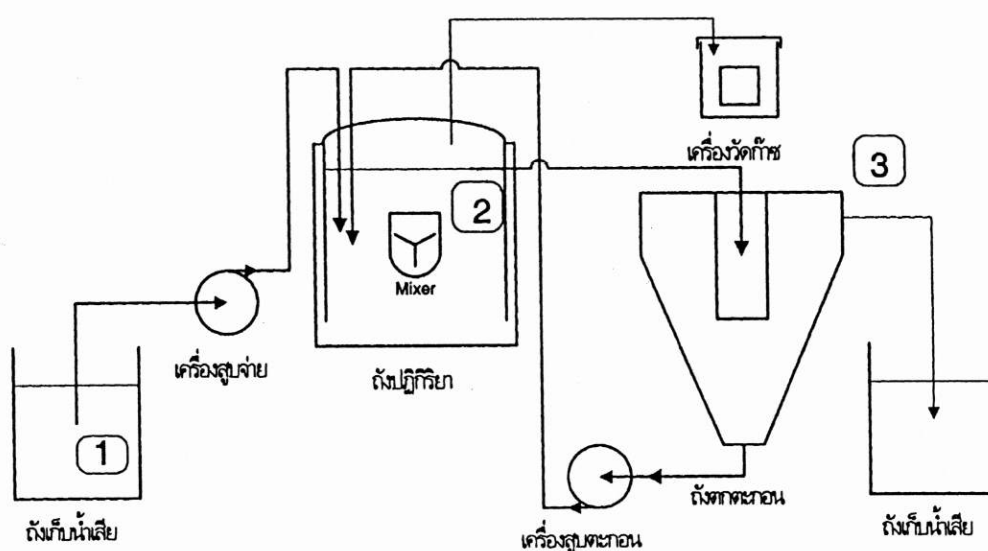
บทนำ

โรงฆ่าสัตว์ส่วนใหญ่ในประเทศไทยได้รับการดูแลโดยหน่วยงานเทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบลซึ่งจะขาดแคลนบุคลากรและงบประมาณด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและก่อสร้างที่สูงหรือมีค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ มาก จึงไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นระบบที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์การเติมอากาศ ใช้กระแสไฟฟ้าในการเดินระบบที่ต่ำกว่าระบบใช้อากาศ ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียซีโอดีสูงได้ดี ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างและติดตั้งระบบน้อยกว่า มีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินน้อย สามารถผลิตก๊าซชีวภาพด้วยการเปลี่ยนมวลสารในน้ำเสียกลับมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกในรูป COD (Chemical Oxygen Demand) ของน้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสัตว์ โดยใช้ระบบแอนแอโรบิคคอนแทค (Anaerobic Contact Process) ที่ทำการทดลองในระดับปฏิบัติการ (Lab scale) ศึกษาข้อมูลที่เป็นสำหรับการ

ออกแบบเพื่อใช้งานจริง ซึ่งให้สามารถออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิคคอนแทคให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้แบบจำลองซึ่งประกอบด้วย ถังปฏิกริยาปริมาตร 20 ลิตร ถึงตกตะกอนปริมาตร 7.9 ลิตร มีทิศทางการไหลดังภาพที่ 1 โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสุกรผสมกับน้ำสะอาดในการทดลอง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองตามค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์มีค่า 0.5 1 และ 3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม-วัน ตามลำดับ ป้อนน้ำเสียด้วยอัตราคงที่เท่ากับ 20 ลิตรต่อวัน โดยควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบให้มีค่าประมาณ 500 1,000 และ 3,000 มก. /ล. ตามลำดับ ดำเนินการวิเคราะห์ค่าตัวแปรตามได้แก่ พีเอช โออาร์พี สภาพต่างทั้งหมด กรดไขมันระเหย ตะกอนแขวนลอย ปริมาณก๊าซทั้งหมด ซีโอดี บีโอดี SVI (Sludge Volume Index) และอุณหภูมิ



ภาพที่ 1 ทิศทางการไหล

การดำเนินการในทุกชุดการทดลองใช้อัตราการการสูบตะกอนกลับ 20 ลิตร/วัน เพื่อสูบตะกอนจากถังตกตะกอนมายังถังปฏิกริยา ควบคุมอายุตะกอน (Sludge Age) เท่ากับ 60 วัน โดยการทิ้งตะกอนจากถังปฏิกริยา ปริมาณของการทิ้งในแต่ละครั้งคำนวณจากสมการ

$$SRT = VX / (F_w X + (F - F_w) X_e) \quad (1)$$

โดย SRT = อายุตะกอน วัน

V = ปริมาตรถังปฏิกริยา (ลบ.ม.)

X = ความเข้มข้นของตะกอน
ในถังปฏิกริยา (มก. /ล.)

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย
ในน้ำออกจากถังตกตะกอน (มก. /ล.)

F = อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)

F_w = อัตราการทิ้งตะกอน
จากถังปฏิกริยา (ลบ.ม./วัน)

แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง ณ ตำแหน่ง
ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวแปรเปลี่ยนตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง			
	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา	น้ำทิ้ง	ก๊าซชีวภาพ
โออาร์พี	ก.	ก.	ก.	
พีเอช	ก.	ก.	ก.	
สภาพต่างทั้งหมด	ข.	ข.		
กรดไขมันระเหย	ข.	ข.		
ตะกอนแขวนลอย		ข.	ข.	
Total COD	ข.		ข.	
Filtrated COD		ข.	ข.	
Filtrated BOD	ค.	ค.	ค.	
ปริมาณก๊าซทั้งหมด				ก.
SVI	ข.			
V_{30}		ก.		
อุณหภูมิ		ก.		

หมายเหตุ : ก = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน

ข = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ 2 วันต่อครั้ง

ค = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ตามความเหมาะสม

ผลการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลและพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียดังตารางที่ 2 เป็นค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่าพีเอชของน้ำเข้าในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกับน้ำเสียในถังปฏิกริยา โดยมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ยกเว้นในชุดการทดลองที่ 3 ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า

เนื่องจากการเติมสภาพต่างในน้ำเข้า มีผลให้ค่าพีเอชของน้ำเข้าสูงขึ้นอย่างชัดเจนดังภาพที่ 2 แต่เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยา กรดและกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาแบบไร้ออกซิเจนทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ชุดการทดลองที่ 3 มีแนวโน้มของค่าพีเอชในถังปฏิกริยาลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า โออาร์พีของน้ำเสียในถังปฏิกริยาในทุกชุดการทดลองมีค่าเป็นลบตลอดการทดลอง และมีค่าเป็นลบมากที่สุดเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์มีค่าสูงสุด

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย

ชุดการทดลอง	ถังปฏิกริยา	pH	ORP	SS	Total COD	Filtrate COD	V ₃₀	SVI	VFA	Alk.	VFA/Alk.	Biogas
				mg/l	mg/l	mg/l	ml/l		mg/l	mg/l		l/d
1	น้ำเข้า	6.89	51.9	-	564	563.9	-	-	49.6	200.9	-	-
	ถังปฏิกริยา	6.83	-156.0	7252	-	39.0	589	82	74.0	477.4	0.16	3.11
	น้ำทิ้ง	6.99	-48.7	38.4	97.4	45.6	-	-	-	-	-	-
2	น้ำเข้า	6.81	160.8	-	1091	1091.9	-	-	32.4	155.2	-	-
	ถังปฏิกริยา	6.82	-223.0	6438	-	64.5	723	113	122.1	655.3	0.19	5.77
	น้ำทิ้ง	6.91	-140.1	87.6	226.5	111.8	-	-	-	-	-	-
3	น้ำเข้า	7.57	137.5	-	2971	-	-	-	34.8	231.3	-	-
	ถังปฏิกริยา	6.69	-232.4	7318	-	1287.3	915	126	333.7	1234.5	0.27	8.03
	น้ำทิ้ง	6.86	-170.5	107.7	1444.3	1257	-	-	-	-	-	-

ค่าตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกริยาทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 6,438 ถึง 7,313 มก./ล. สำหรับน้ำทิ้งมีค่าตะกอนแขวนลอยเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 38.4 ถึง 107.7 มก./ล. สังเกตได้ว่าค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ดังภาพที่ 3

เมื่อพิจารณาค่า V₃₀ ของชุดการทดลองที่ 3 เฉลี่ยเท่ากับ 915 มล./ล. ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ที่มีค่าเฉลี่ย 589 และ 723 มล./ล. ตามลำดับ สังเกตได้ว่า V₃₀ ของชุดการทดลองที่ 3 มากกว่าชุดการทดลองที่ 1 ค่อนข้างมาก (ภาพที่ 4) โดยที่ค่าเฉลี่ยของตะกอน

แขวนลอยในถังปฏิกริยาของชุดการทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าเฉลี่ย 7,252 มก./ล. และ 7,313 มก./ล. ตามลำดับสรุปได้ว่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นส่งผลให้คุณภาพการตกตะกอนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่า SVI ที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่า V₃₀

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องสามารถนำเอากรดไขมันระเหยไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยในถังปฏิกริยาให้มีค่าต่ำอยู่เสมอ หากระบบใช้กรดไขมันระเหยได้ไม่ทันกับความเข้มข้นที่สะสมเพิ่มขึ้น จะทำให้มีการสะสมในถังปฏิกริยาและเป็นพิษต่อ

การทำงานของระบบเนื่องจากพีเอชจะมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนระบบล้มเหลวในที่สุด (เกรียงศักดิ์, 2543) จากการทดลอง พบว่ากรดไขมันระเหยในถังปฏิกริยาจะมีค่าสูงกว่าในน้ำเข้าในทุกชุดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 74 ถึง 331 มก./ล. ถังปฏิกริยาที่มีความสามารถในการกำจัดกรดไขมันระเหยได้ดีในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ลดลงในชุดการทดลองที่ 3 ดังภาพที่ 5 ส่วนหนึ่งเกิดจากความไม่สมดุลระหว่างขั้นตอนการสร้างกรดและสร้างก๊าซในถังปฏิกริยาเนื่องจากมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลให้กรดไขมันระเหยสะสมและมีผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบลดลง

สภาพต่างมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียมาก เนื่องจากเป็นตัวควบคุมและรักษาพีเอชของน้ำเสียในถังปฏิกริยาให้มีค่าเหมาะสมคือ 6.8-7.2 (มันสิน, 2543) โดยเฉพาะในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนซึ่งในกระบวนการทำงานของระบบมีขั้นตอนสร้างกรดไขมันระเหย ดังนั้นหากสภาพต่างมีค่าไม่เพียงพอก็จะทำให้พีเอชลดต่ำจนทำให้ระบบล้มเหลวได้ ในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 พบว่า สภาพต่างในถังปฏิกริยา (ภาพที่ 6) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า (ภาพที่ 7) โดยนอกจากสภาพต่างที่มีอยู่ในน้ำปะปาที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ จะไม่มีการเติมสภาพต่างเข้าสู่ระบบ สภาพต่างเกิดขึ้นอธิบายได้ว่า เกิดจากกระบวนการย่อยสลายโปรตีนในน้ำเสีย โดยที่น้ำเสียซึ่งเตรียมจากเลือดที่ประกอบด้วยโปรตีนชนิดต่างๆ เช่น โกลบิน (globin) โกลบูลิน (globulins) อัลบูมิน (albumins) และไฟบริโนเจน (fibrinogen) โปรตีนถูกไฮโดรไลซ์โดยแบคทีเรียอะซิโดเจน (Acedogens) เป็นกรดไขมัน แบคทีเรียอะซิโดเจน (Acetogens) จะทำหน้าที่เปลี่ยนกรดไขมันเป็น อะซิเตท (Acetate) และเปลี่ยนเป็นก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกลุ่มแบคทีเรียสร้างก๊าซซึ่งในกระบวนการเหล่านี้พบว่ากรดย่อยสลายกรดไขมันระเหยเช่น อะซิเตท (Acetate) โพรพิโอเนต (Propionate) หรือ บิวไทเรต (Butyrate) โดยกระบวนการไร้ออกซิเจนและมีแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบของน้ำเสียด้วย จะทำให้ได้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทน และสภาพต่าง ซึ่งถ้าระบบทำงานได้สมบูรณ์นั้นคือกรดไขมันระเหยถูกเปลี่ยนเป็น

ก๊าซมีเทนได้เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มสภาพต่างให้กับระบบดังสมการ



โดยระบบจะได้ NH_4HCO_3 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์ของระบบกลับคืนเมื่อเกิดปฏิกริยาการสร้างกรดและ ก๊าซมีเทนเกิดได้สมบูรณ์ อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างมีค่าระบบมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.16 ถึง 0.27 (ภาพที่ 8) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.4 ทุกชุดการทดลองซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซชีวภาพ (มันสิน, 2543) เนื่องจากผลผลิตขั้นสุดท้ายของการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำเสียโดยกระบวนการไร้ออกซิเจนคือ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นองค์ประกอบหลักและมีไอน้ำ แอมโมเนีย ไฮโดรเจน และไฮโดรเจนซัลไฟด์อีกเล็กน้อย ปริมาณก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (โดยเป็นอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน) ที่ระบบได้รับและเสถียรภาพในการทำงานของระบบ หากระบบได้รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงเกินไปได้ที่ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีค่าสูงถ้าระบบทำงานได้ดี ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 3.11 ถึง 8.03 ล./วัน (ตารางที่ 2) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 9 แต่อย่างไรก็ตามควรจะต้องประเมินการผลิตก๊าซชีวภาพต่อการกำจัดซีโอดี โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดรวมของระบบร้อยละ 92.98 94.06 และ 56.85 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น 3.11 5.77 และ 7.97 ลิตร/วัน ตามลำดับ หรือ 0.30 0.29 และ 0.25 ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ เห็นได้ว่าปริมาณก๊าซเมื่อเปรียบเทียบกับกก.ซีโอดีที่ถูกกำจัดมีแนวโน้มลดลง

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

เมื่อถังปฏิกริยาได้รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีต่ำลง เมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มจาก 0.5 เป็น 1 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมด

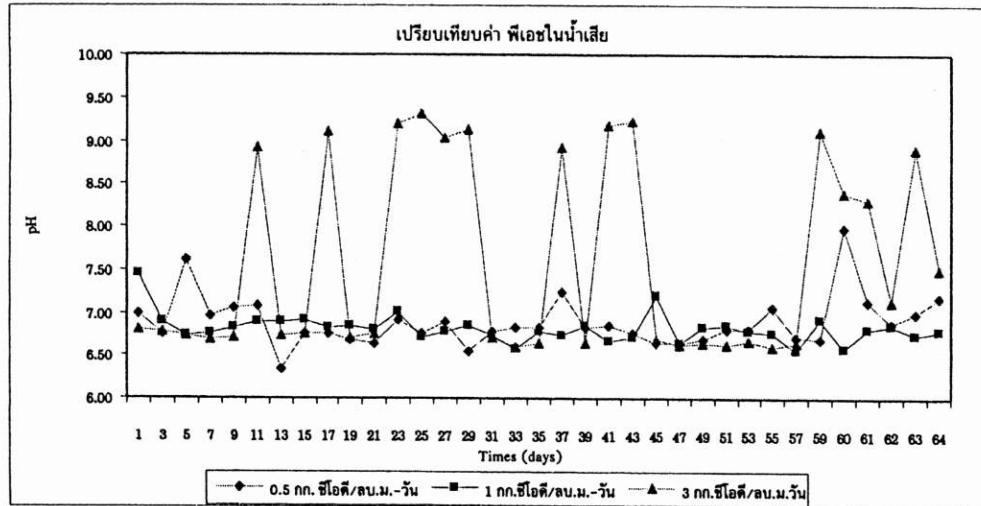
มีค่าร้อยละ 82.25 79.19 และ 51.45 ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มมีค่าลดลงดังภาพที่ 10

ในชุดการทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีได้ใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ 2 เพราะถึงปฏิกิริยาได้รับการบรรเทาทุกสารอินทรีย์ใกล้เคียงกัน ในชุดการทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีมีค่าลดลงอย่างชัดเจน ในการเดินระบบในชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีปัญหาสัณเภาติดถึงตกตะกอนและมีการลอยขึ้นสู่ผิวน้ำของสัณเภาในถึงปฏิกิริยาเป็นบางช่วง ซึ่งมักพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลงในช่วงนี้ด้วย นั่นคือเมื่อระบบบำบัดน้ำ

เสียได้รับการบรรเทาทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลากักน้ำเสียมีค่าคงที่ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามข้อสังเกตสำคัญจากผลการวิจัยคือ เมื่อใช้ระบบแอนแอโรบิคคอนแทคกำจัดซีโอดีจากน้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสุกรนั้น พบว่าระบบสามารถรับภาระบรรเทาทุกสารอินทรีย์ได้ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ด้วยระบบแบบไร้ออกซิเจนอื่น ๆ ดังตารางที่ 2 (Sameh et al, 1993)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ด้วยระบบแบบไร้ออกซิเจน

ชนิดของถังปฏิกิริยา	ภาระบรรเทา สารอินทรีย์ (กก.ซีโอดีต่อลบ.ม. วัน)	เวลากักน้ำ (วัน)	ร้อยละของซีโอดี ที่ถูกกำจัด
Flocculent UASB	3.5	0.3	70
Granular UASB	11	0.5-0.6	55-85
Flocculent UASB	6.5	1.2	60-90
Anaerobic Filter(AF)	1.4	0.5	80
Anaerobic Filter(AF)	2-18.5	0.5-5	30-85
Anaerobic Filter(AF)	5	1.5	63-85
Two Stage UASB	15	0.2	90
Integrated UASB-AF	5-32	0.1-0.5	45-98
Fluidized Bed(AFB)	35	0.1-0.3	85
EGSB	15	0.2	70



ค่าเฉลี่ย

พีเอช

ชุดการทดลองที่ 1

= 6.89

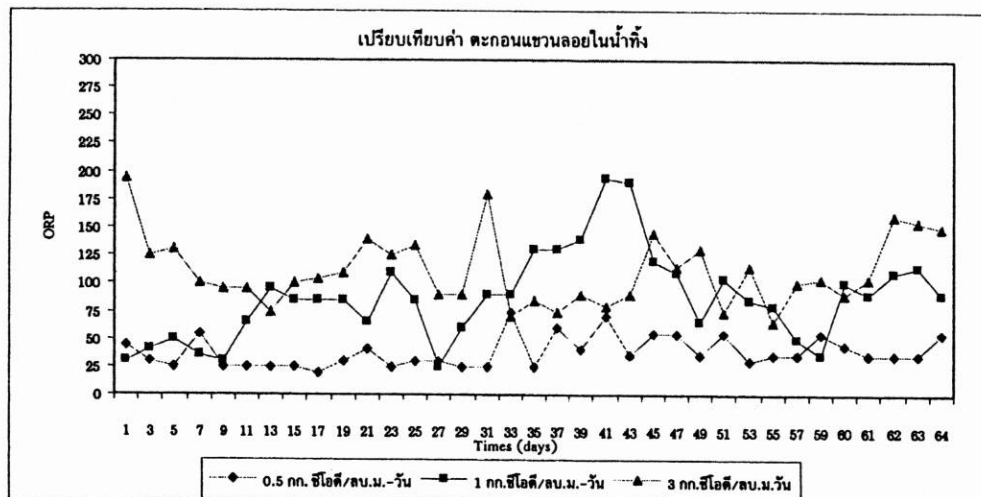
ชุดการทดลองที่ 2

= 6.81

ชุดการทดลองที่ 3

= 7.55

ภาพที่ 2 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสีย



ค่าเฉลี่ย

ตะกอนแขวน

ลอยของน้ำทิ้ง

ชุดการทดลองที่ 1

= 38.4 มก./ล.

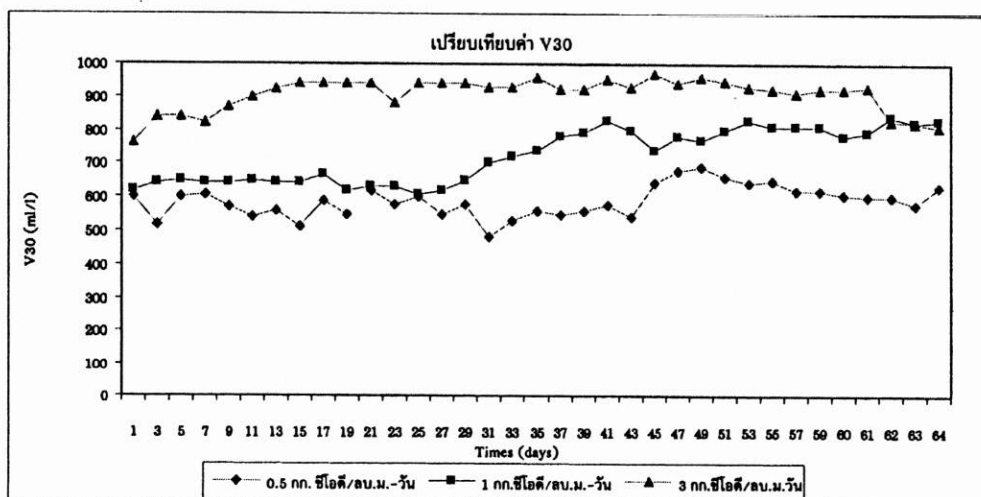
ชุดการทดลองที่ 2

= 87.6 มก./ล.

ชุดการทดลองที่ 3

= 107.7 มก./ล.

ภาพที่ 3 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้ง

ค่าเฉลี่ย V₃₀

ชุดการทดลองที่ 1

= 589 มล./ล.

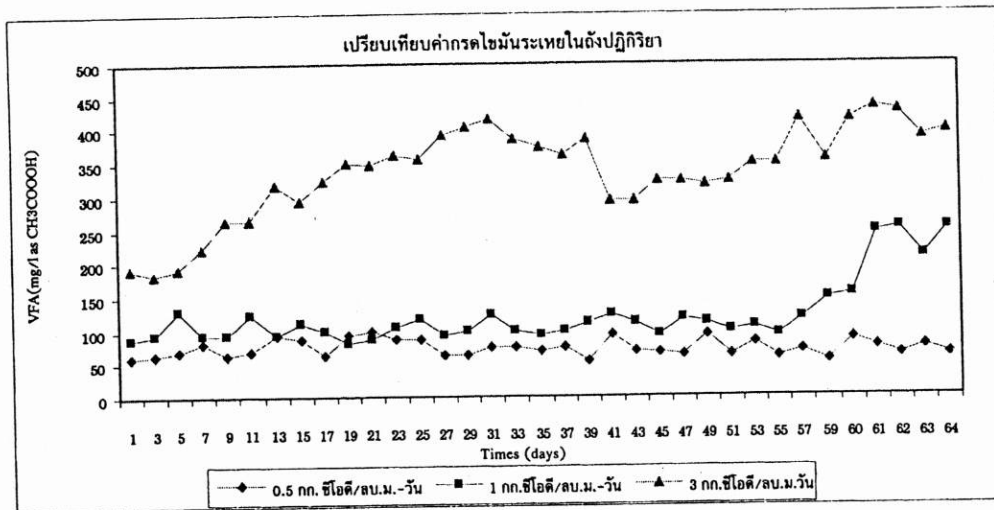
ชุดการทดลองที่ 2

= 723 มล./ล.

ชุดการทดลองที่ 3

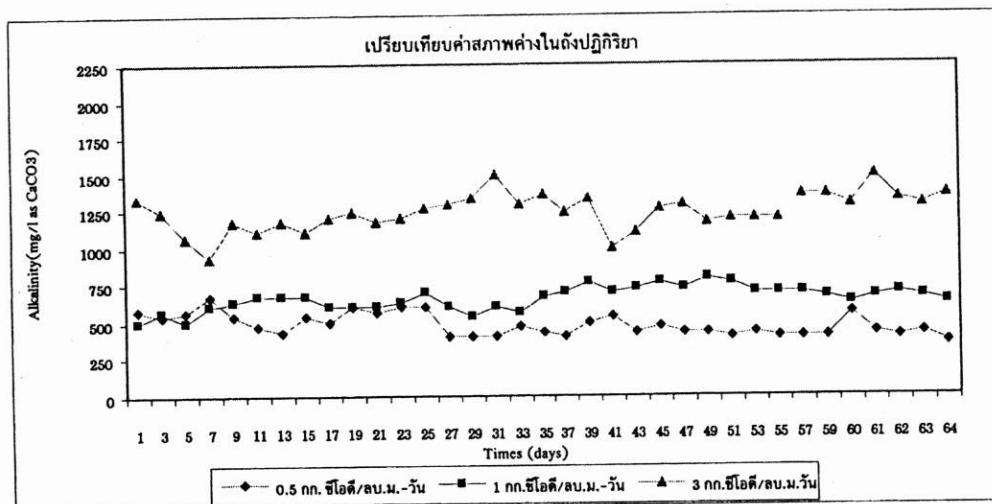
= 915 มล./ล.

ภาพที่ 4 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า V30



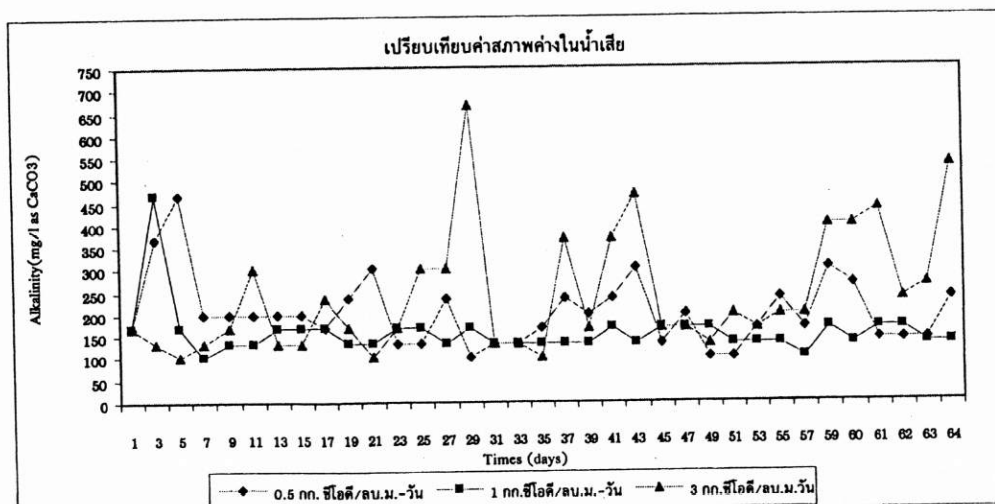
ค่าเฉลี่ย VFA
ชุดการทดลองที่ 1
= 74.0 มก./ล.
ชุดการทดลองที่ 2
= 122.1 มก./ล.
ชุดการทดลองที่ 3
= 330.7 มก./ล.

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันระเหยในถังปฏิกิริยา



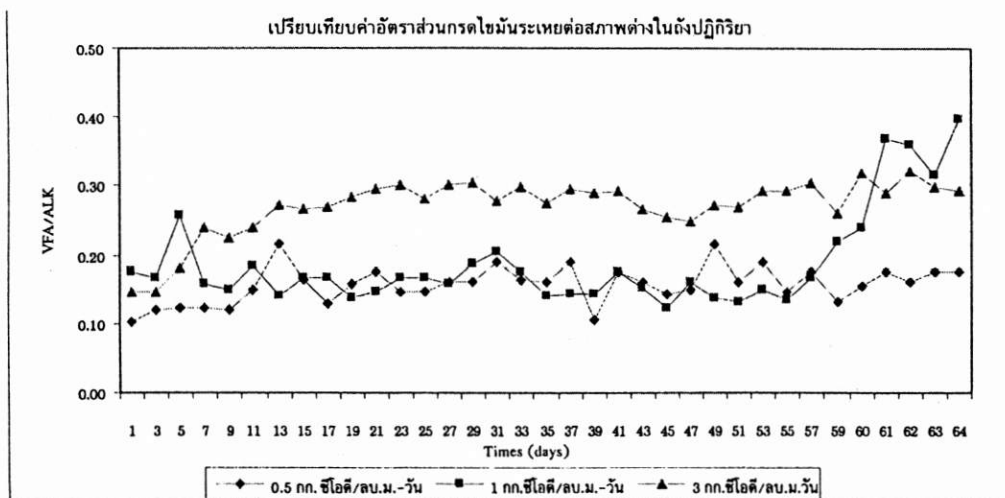
ค่าเฉลี่ยสภาพ
ด่างในถังปฏิกิริยา
ชุดการทดลองที่ 1
= 477 มก./ล.
ชุดการทดลองที่ 2
= 655 มก./ล.
ชุดการทดลองที่ 3
= 1,235 มก./ล.

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพด่างในถังปฏิกิริยา



ค่าเฉลี่ยสภาพ
ด่างในน้ำเสีย
ชุดการทดลองที่ 1
= 201 มก./ล.
ชุดการทดลองที่ 2
= 155 มก./ล.
ชุดการทดลองที่ 3
= 231 มก./ล.

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพด่างในน้ำเสีย

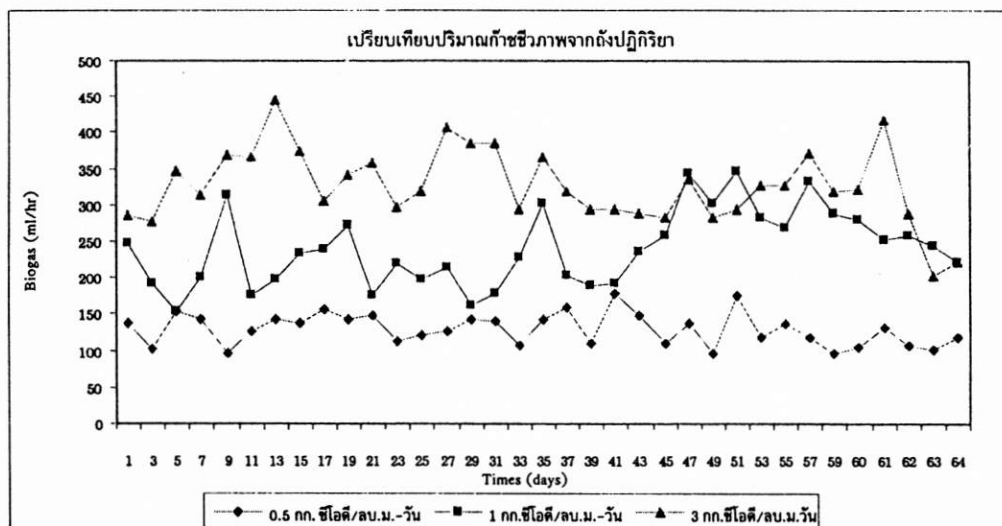


ค่าเฉลี่ย

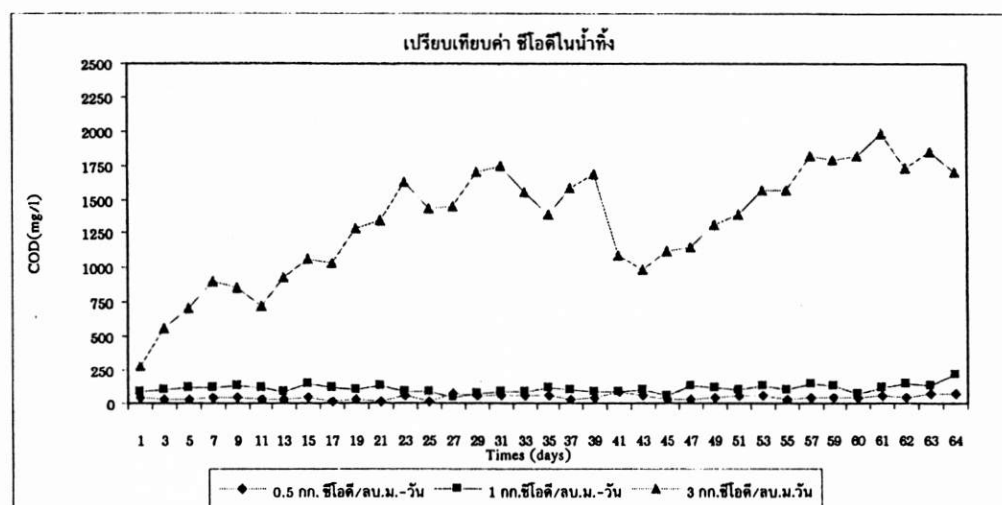
VFA/ALK

ชุดการทดลองที่ 1
= 0.16ชุดการทดลองที่ 2
= 0.19ชุดการทดลองที่ 3
= 0.27

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่าง

ค่าเฉลี่ยปริมาณ
ก๊าซชีวภาพชุดการทดลองที่ 1
= 589 ล./ชม.ชุดการทดลองที่ 2
= 723 ล./ชม.ชุดการทดลองที่ 3
= 915 ล./ชม.

ภาพที่ 9 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพ

ค่าเฉลี่ยซีโอดี
ทั้งหมดในน้ำทิ้งชุดการทดลองที่ 1
= 97.4 มก./ล.ชุดการทดลองที่ 2
= 226.6 มก./ล.ชุดการทดลองที่ 3
= 1,495.1 มก./ล.

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงซีโอดีทั้งหมดในน้ำทิ้ง

เหตุผลสำคัญที่ระบบบำบัดภาวะบรรทุสารอินทรีย์ได้ต่ำคือ ลักษณะสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์ประกอบด้วยเลือดสุกร โดยที่เลือดมีโปรตีนในรูปต่างๆ เป็นส่วนประกอบสำคัญ จากการศึกษาของ Gujer และ Zehnder (1983) (อ้างอิงจาก กิตติศักดิ์, 2539) ได้ศึกษาอัตราการไฮโดรไลซิส ของสารอาหารที่ย่อยสลายได้ยากในกระบวนการบำบัดน้ำเสียไร้ออกซิเจนพบว่า โปรตีนย่อยสลายได้ยากกว่าไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส นอกจากนี้ Pavlostathis และ Gosset (1988) (อ้างอิงจาก กิตติศักดิ์, 2539) ได้ศึกษาการย่อยสลายสลัดจ์จากระบบ CSTR (Continuous stirred tank reactor) พบว่าขั้นตอนการไฮโดรไลซิสของโปรตีนเป็นขั้นกำหนดอัตราการย่อยสลาย (Rate-limiting step) ด้วย ดังนั้นเมื่อการเกิดปฏิกิริยาขั้นตอนต่างๆ เกิดได้ไม่สมบูรณ์ จึงมีโอกาสรบบจะทำงานล้มเหลวได้ง่ายหากภาวะบรรทุสารอินทรีย์มีค่าสูงเกินความสามารถของระบบ การกำหนดภาวะบรรทุสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับชนิดของน้ำเสียและชนิดของระบบที่เลือกใช้ จึงต้องพิจารณาภาวะบรรทุสารอินทรีย์ร่วมกับความยากง่ายในการย่อยสลายและลักษณะสมบัติอื่นๆ ของน้ำเสียก่อนที่จะออกแบบระบบอย่างละเอียดรอบคอบ

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลอง พบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่ากรดไขมันระเหยในถังปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเมื่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้นของค่ากรดไขมันระเหยที่วิเคราะห์ได้และการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซชีวภาพต่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์ที่ชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 พบว่าชุดการทดลองที่ 3 (2.67 ล./วัน-กก.ซีโอดี) มีค่าปริมาณก๊าซชีวภาพต่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 1 (6.22 ล./วัน-กก.ซีโอดี) และชุดการทดลองที่ 2 (5.77 ล./วัน-กก.ซีโอดี) ซึ่งส่งผลให้ชุดการทดลองที่ 3 (333.7 มก./ล.) มีปริมาณค่ากรดไขมันระเหยสูง

กว่าชุดการทดลองที่ 1 (74.0 มก.ต่อ ลิตร) และ 2 (122.1 มก./ล.) ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายลดลงเมื่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์เพิ่มจาก 0.5 หรือ 1 เป็น 3 กก.ซีโอดีต่อลบ.ม.-วัน โดยส่วนหนึ่งมีผลจากการสะสมของกรดไขมันระเหยที่ทำให้ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น ซึ่งระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายได้ร้อยละ 92.98 94.06 และ 56.85 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับกรดไขมันระเหยคือ 38.4 87.6 และ 107.7 มก./ล. พบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดได้ร้อยละ 82.26 79.19 และ 51.46 ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดเนื่องจากตะกอนแขวนลอยที่แขวนลอยอยู่ในน้ำทิ้งมีผลทำให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น

จากผลการศึกษาการบำบัดซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสัตว์ด้วยระบบแอนแอโรบิคคอนแทคสรุปได้ว่าระบบค่าตะกอนแขวนลอยและกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นในขณะที่สัดส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพต่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์มีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีมีแนวโน้มลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ทดลองลดภาวะบรรทุสารอินทรีย์เชิงปริมาตรให้น้อยกว่า 3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เพื่อหาค่าภาวะบรรทุสารอินทรีย์สูงสุดที่ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โดยใช้ น้ำเสียจริงจากโรงฆ่าสัตว์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากเลือดสุกร
3. ศึกษา ออกแบบและทดลองใช้ถังปฏิกิริยาและถังตกตะกอนที่มีการกวนผสม เวลาพักน้ำและรูปร่างของถังที่เหมาะสมกับลักษณะสลัดจ์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจาก มูลนิธิ
ชินโสภณพานิช

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2543. วิศวกรรมการกำจัด
น้ำเสียเล่ม 4. กรุงเทพมหานคร.
มันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย
อุตสาหกรรม เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร.

กิตติศักดิ์ ต้นชนะชัย. 2539. การใช้ยูเอเอสบี บำบัดน้ำ
เสียจากโรงอาหารทะเลแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Sameh, Sayed et al. 1993. A complete treatment of
slaughterhouse combined with sludge
stabilized using two stage high rate UASB
Process. *Water Science Technology*. 27(9):
83-90.