การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเอทานอล โดยระบบบำบัดแบบไร้อากาศสองขั้นตอน : ผลของอัตราภาระสารอินทรีย์

WASTEWATER TREATMENT FROM ETHANOL DISTILLERY PROCESS BY TWO-PHASE ANAEROBIC TREATMENT : EFFECT OF ORGANIC LOADING RATE

ฤทธิชัย รัตนมุกดา [1]

ศรัณย์ เตชะเสน[2]

[1] นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail : lekuser@hotmail.com

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย E-mail : Sarun.T@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราภาระสารอินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพและการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสองขั้นตอน ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอล โดยใช้ถังสร้างกรดชนิดถังกวนผสมสมบูรณ์ ขนาด 1.7 ลิตร ต่ออนุกรมกับถังสร้างมีเทนชนิดยูเอเอสบี ขนาด 10 ลิตร โดยถังสร้างกรดมีระยะเวลา กักน้ำนาน 12 ชั่วโมง และถังสร้างมีเทนชนิดยูเอเอสบีมีระยะเวลากักน้ำนาน 2.8 วัน ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบประมาณ 66,354 มก./ล. และความเร็วไหลขึ้นในถังยูเอเอสบี เท่ากับ 0.5 ม./ชม. การทดลองกระทำที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8 , 7.0 , 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ โดยการเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำประปาให้มีความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 12,532 23,453 33,653 และ 39,015 มก./ล. ตามลำดับ อัตราสูบน้ำเข้าระบบเท่ากับ 3.5 ลิตร/วัน คงที่ตลอดการทดลอง

ผลการวิจัยจากการทดลองที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 3.8 , 7.0 , 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 3.8 – 10.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้ของถังสร้างกรดเท่ากับ 12.0 – 21.8% ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้เท่ากับ 57.8 ± 0.3% ปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี 515 – 1,866 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะซิติก) อัตราการผลิตก๊าซมีเทนประมาณ 0.24 - 0.31 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด และที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้ของถังสร้างกรดเท่ากับ 21.4% ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้เท่ากับ 39.1% ปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี 2,575 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะซิติก) อัตราการผลิตก๊าซมีเทนประมาณ 0.22 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสองขั้นตอน ในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเอทานอลนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องการสะสมของกรดไขมันระเหยและการหลุดและแตกออกของ

เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ เมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าสูงเกินไป กล่าวคือ ระบบจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนถึงอัตราภาระสารอินทรีย์ไม่เกิน 10.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ระบบมีค่ากรดไขมันระเหยในระดับที่ยังไม่ส่งผลต่อระบบ จากนั้นระบบมีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ถังปฏิกิริยาสร้างกรด ถังปฏิกิริยายูเอเอสบี กระบวนการสร้างกรด กระบวนการสร้างมีเทน

ABSTRACT

The aim of this research was to study the performance of two-phase Anaerobic treatment in treating wastewater from ethanol distillery process, using 1.7 L-CSTR acidification tank connected with 10 L-UASB tank in series. The retention time of acidification tank and UASB tank was 12 hours and 2.8 d, respectively, using 0.5 m/hr upflow velocity and MLSS concentration 66,354 mg/l. Organic loading rates were 3.8, 7.0, 10.0 and 11.7 kgCOD/m^3-d. Real wastewater were diluted in tap water to obtain the COD concentration of 12532, 23453 , 33653 , and 39015 mg/l. While the flowrate was kept constant at 3.5 l/d throughout all experiments.

From the experiment, at organic loading rate of 3.8 – 10.0 kg COD/m^3-d, the soluble COD removal efficiencies of the acidification tank were 12.0 – 21.8%. The soluble COD removal efficiencies were 57.8 ± 0.3 %. The effluent VFA were 515 – 1866 mg/l (as CH_3COOH). Methane yield were approximate 0.24 - 0.31 l/g COD removed. At organic loading rate of 11.7 kgCOD/m^3-d, the soluble COD removal efficiency of the acidification tank was 21.7%. The soluble COD removal efficiency was 39.1%. The effluent VFA was 2575 mg/l (as CH_3COOH). Methane yield was approximate 0.22 l/g COD removed

In conclusion, two-phase Anaerobic treatment treating wastewater from ethanol distillery process had limitation VFA accumulation and washing out of granules when the organic loading rate was too high i.e. the system would work efficiently to reach the organic loading rate of 10.0 kgCOD/m^3-d. The organic loading rate of 10.0 kgCOD/m^3-d was the highest operating value without VFA accumulation effect. After that the system efficiency tended to decrease when the organic loading rate increased.

KEYWORDS : Anaerobic digestion; Acidification tank; UASB; Acidogenesis; Methanogenesis

1. บทนำ

เนื่องจากแนวโน้มราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกมีราคาที่สูงขึ้น ประเทศไทยจึงพยายามพึ่งพาตนเองโดยใช้พลังงานทดแทน ที่สามารถผลิตได้เองเพื่อลดปริมาณการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เช่นการใช้เอทานอลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงโดยผสมเข้ากับน้ำมันเบนซินกลายเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ การผลิตเอทานอล 1 ลบ.ม. จะเกิดน้ำเสียประมาณ 10 ลบ.ม. และมีค่าซีโอดีสูงประมาณ 80,000-100,000 มก./ล. มีพีเอชต่ำ

กลิ่นแรง และมีสีน้ำตาลเข้ม นอกจากนั้นในน้ำเสียยังมีธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม อีกเป็นจำนวนมาก

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลด้วยระบบไร้ออกซิเจนเป็นที่นิยมใช้กันมาก เช่น ระบบบ่อ แต่ก็มีปัญหาจากการใช้พื้นที่มาก ปัญหาเรื่องกลิ่น และการปนเปื้อนน้ำใต้ดิน ส่วนระบบอัตราสูง(High Rate) นิยมใช้กันมากเช่นกัน และมีข้อได้เปรียบระบบบ่อในเรื่องการประหยัดพื้นที่ และมีประสิทธิภาพของระบบสูงกว่า เนื่องจากถังปฏิกิริยาแบบอัตราสูงมีข้อดีคือเวลากักน้ำและเวลากักตะกอนไม่เกี่ยวข้องกัน ทำให้จุลชีพแบบไร้ออกซิเจนซึ่งเจริญเติบโตช้าสามารถคงอยู่ได้ในถังปฏิกิริยา โดยไม่ขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำเสีย แต่เนื่องจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน มีวิถีการย่อยสลายที่ซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจ ยากต่อการออกแบบและดำเนินการให้ถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้นผลการวิจัยในครั้งนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนโดยใช้ระบบยูเอเอสบีสองขั้นตอน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระสารอินทรีย์ ซึ่งทำให้สามารถใช้ค่าที่ได้จากการทดลองเพื่อการออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจริง ทำให้สามารถออกแบบได้อย่างเหมาะสมและประหยัดรวมถึงสามารถวางแผนการดำเนินการควบคุมระบบได้อย่างเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของอัตราภาระสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate) ที่มีต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสองขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเอทานอล

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (Start-up)

ในการวิจัยนี้ได้หัวเชื้อจุลินทรีย์มาจากบริษัท เสริมสุข จำกัด โดยเชื้อจุลินทรีย์มีลักษณะเป็นเม็ดและเป็นชั้นตะกอนแขวนลอย (Sludge Blanket) ปนกัน ซึ่งเม็ดจุลินทรีย์มีขนาดประมาณ 1.0 – 3.0 มม. นำไปใส่ในถังยูเอเอสบีที่ใช้ทดลอง ประมาณ 4 ลิตร (ประมาณ 40 % ของปริมาตรถัง) จากนั้นจึงเริ่มป้อนน้ำเสีย โดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตเอทานอลด้วยกากน้ำตาลในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 160000 มก./ล. และมีพีเอชเท่ากับ 4 โดยน้ำเสียจะถูกเจือจางจนมีความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล. (Lettinga & Hulshoff Pol, 1991 : 87-107) และปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.8 - 7.2 (Cohen, 1980 : 1439-1448) โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ที่ค่าอัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 0.30 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แล้วจึงเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังยูเอเอสบีให้สูงขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้อัตราภาระสารอินทรีย์สูงขึ้นตามไปด้วยใช้เวลาประมาณ 40 วัน จนถึงค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ 3.8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากนั้นจึงทำการต่อถังสร้างกรดและถังสร้างมีเทนเข้าด้วยกัน โดยในการทดลองนี้ใช้ถังสร้างกรดชนิดถังกวนผสมสมบูรณ์ ขนาด 1.7 ลิตร ต่ออนุกรมกับถังสร้างมีเทนชนิดยูเอเอสบี ขนาด 10 ลิตร โดยถังสร้างกรดมีระยะเวลากักน้ำนาน 12 ชั่วโมง (Dinopoulou and Lester, 1989 : 799-814) โดยคุมพีเอชไว้ที่ 5.9 ± 0.1 (Zoetemeyer and others, 1982 : 303-311) และถังสร้างมีเทนชนิดยูเอเอสบี มีระยะเวลากักน้ำนาน 2.8 วัน (Metcalf & Eddy, 2004) ความเร็วไหลขึ้นในถังยูเอเอสบี เท่ากับ 0.5

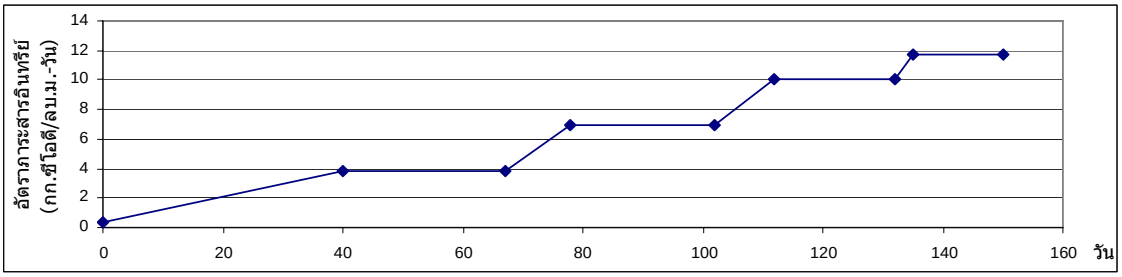
ม./ชม. (Lettinga and others, 1980 : 699-734) โดยใช้เครื่องสูบน้ำหมุนเวียนน้ำจากทางออกมาผสมกับน้ำเสียที่ทางเข้าถังยูเอเอสบี

3.2 ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระสารอินทรีย์

เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นน้ำเสียจริงจากหอกลั่นของโรงงานผลิตเอทานอลในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีค่าซีโอดีประมาณ 140,000 – 170,000 มก./ล. ดังนั้นจะต้องนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาให้มีค่าซีโอดีประมาณ 12,532 23,453 33,653 และ 39,015 มก./ล. ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 3.8 7.0 10.0 และ 11.7 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 1 ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ตลอดการทดลองแสดงดังภาพประกอบ 1 ใช้อัตราสูบน้ำเข้าระบบเท่ากับ 3.5 ลิตร/วัน คงที่ตลอดการทดลอง และมีการปรับพีเอช ซึ่งเติมสภาพด่างโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตและส่วนประกอบของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Speece, 1996)

ตาราง 1 การเปลี่ยนแปลงอัตราภาระสารอินทรีย์โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นซีโอดี

ช่วงการทดลองที่	เวลา (วัน)	ซีโอดี (มก./ล.)	เวลากักน้ำ (วัน)	อัตราภาระสารอินทรีย์ (กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	อัตราการเวียนน้ำกลับ (Q_{RE}/ Q_{IN})	พีเอชในถังสร้างกรด
1	1 – 67	12,532	3.3	3.8	0	5.9 ± 0.1
2	68 - 102	23,453	3.3	7.0	0	5.9 ± 0.1
3	103 - 132	33,653	3.3	10.0	0	5.9 ± 0.1
4	133 - 150	39,015	3.3	11.7	0	5.9 ± 0.1



ภาพประกอบ1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองในแต่ละอัตราภาระสารอินทรีย์

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยที่อัตราภาระสารอินทรีย์ต่างๆ

ผลการวิจัยแสดงโดยตาราง 2 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดพารามิเตอร์ต่างๆ ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประกอบด้วย ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ค่าซีโอดีทั้งหมด ค่าพีเอชเฉลี่ยในถังสร้างกรด ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้ในถังสร้างกรด อุณหภูมิน้ำเสียในถังยูเอเอสบี ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้ ค่าพีเอชเฉลี่ยในถังยูเอเอสบี

สภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี ปริมาณกรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี ค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี อัตราการผลิตก๊าซของถังยูเอเอสบี อัตราการผลิตก๊าซมีเทน ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบเฉลี่ย และค่า MLVSS/MLSS ซึ่งการเก็บตัวอย่างน้ำ มี 3 จุด คือ น้ำเข้า น้ำในถังสร้างกรด และน้ำทิ้ง ทำเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 2 วัน การวิเคราะห์พารามิเตอร์ทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานสากล (Standard Method for Examination of Wastewater)

ตาราง 2 แสดงรายละเอียดผลงานวิจัยที่อัตราภาระสารอินทรีย์ต่างๆ

รายละเอียด	อัตราภาระสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
	3.8	7.0	10.0	11.7
- อัตราการไหลน้ำเสียเฉลี่ย	3.5	3.5	3.5	3.5
- ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	5.29	5.47	6.29	6.31
- ค่าซีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	12,532	2,3453	33,653	39,015
- ค่าพีเอชเฉลี่ยในถังสร้างกรด	5.83	5.90	5.92	5.90
- ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้ในถังสร้างกรด (%)	12.0	21.8	21.7	21.4
- อุณหภูมิน้ำเสียในถังยูเอเอสบี (°c)	26.5	26.1	29.3	29.8
- ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด (%)	57.9	56.4	56.9	35.0
- ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้ (%)	57.6	58.2	57.5	39.1
- ค่าพีเอชเฉลี่ยในถังยูเอเอสบี	7.23	7.20	7.18	7.01
- สภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี (มก./ล. ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	2,217	5,358	8,443	9,625
- ปริมาณกรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี (มก./ล. ในเทอมของกรดอะซิติก)	515	1,208	1,866	2,575
- ค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี (มก./ล.)	260	470	575	1,350
- อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบี (ลิตร/วัน)	4.3	7.3	11.9	4.6
- อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	0.24	0.25	0.31	0.22
- ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบเฉลี่ย (มก./ล.)	69,176	74,150	64,083	58,006
- ค่า MLVSS/MLSS	0.82	0.82	0.84	0.80

4.2 ความสัมพันธ์ของอัตราภาระสารอินทรีย์กับพารามิเตอร์ต่างๆ ในการวิจัย

4.2.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้

จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้เท่ากับ 57.9, 58.1, 57.5 และ 39.1% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้มีค่าสูงต่อเนื่องจนถึงที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 10.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากนั้นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้จะลดลงเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

ดังภาพประกอบ 2.1

4.2.2 พีเอชของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี

จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีพีเอชเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีเท่ากับ 8.47, 7.86, 7.77 และ 7.51 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีมีค่าลดลงเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ2.2 เมื่อค่าพีเอชในถังสร้างกรดมีค่าคงที่ที่ 5.9 ± 0.1 เนื่องจากมีการสะสมของปริมาณกรดไขมันระเหยในระบบที่เพิ่มมากขึ้น

4.2.3 ปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี

จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีเท่ากับ 515 1,208 1,866 และ 2,575 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ2.3 สอดคล้องกับผลการทดลองในเรื่องค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ลดลงตามลำดับ

4.2.4 อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบี

จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีเท่ากับ 4.3, 7.3, 11.9 และ 4.6 ลิตร/วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 10.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากนั้นอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีจะลดลงเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ2.4 ซึ่งสอดคล้องผลการทดลองในเรื่องประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้

4.2.5 ตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี

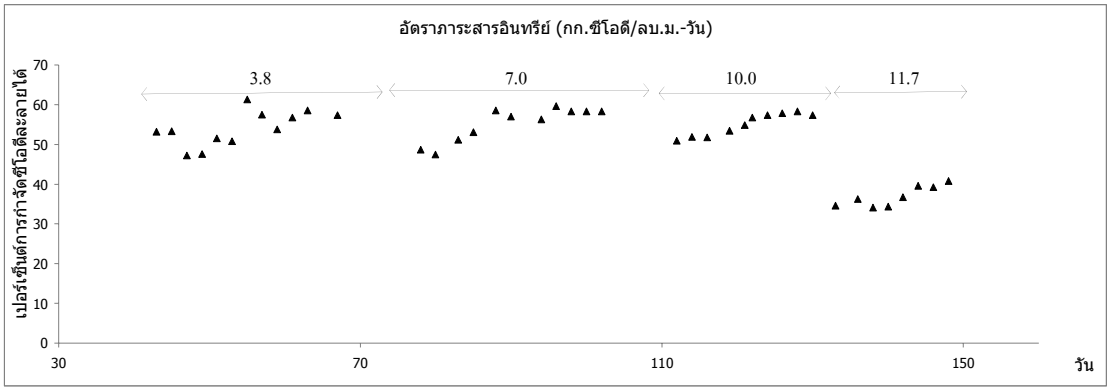
จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีเท่ากับ 260, 470, 575 และ 1,350 มก./ล. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากมีการหลุดออกของตะกอนจุลินทรีย์ เมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ2.5

4.2.6 ปริมาณด่างที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสีย 16 ลิตร

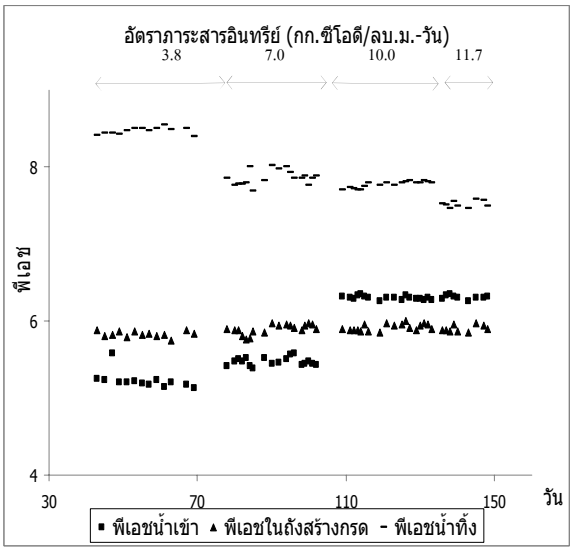
จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยที่ค่าพีเอชในถังสร้างกรดมีค่าคงที่เท่ากับ 5.9 ± 0.1 มีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตเท่ากับ 40, 70, 115 และ 145 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีการใช้ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตสูงขึ้น เมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ2.6 เพื่อให้เกิดความสมดุลของอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยได้ต่อสภาพด่างทั้งหมดของระบบ

4.2.7 อัตราส่วนการกำจัดซีโอดีต่อมวลของจุลินทรีย์ในระบบ

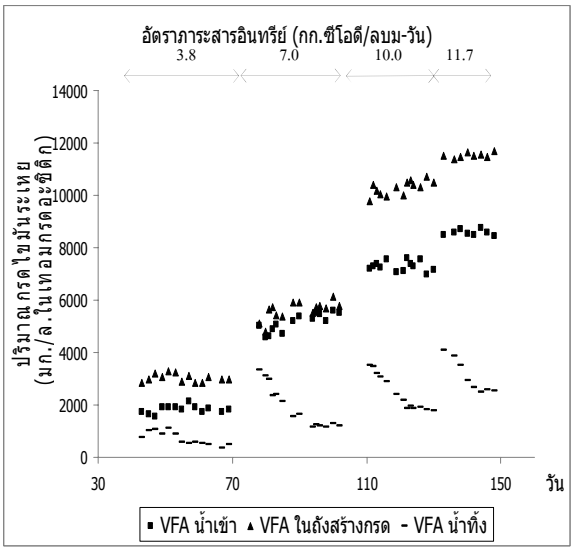
จากผลการวิจัย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 3.8, 7.0, 10.0 และ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีอัตราส่วนการกำจัดซีโอดีต่อมวลของจุลินทรีย์ในระบบเท่ากับ 0.066, 0.096, 0.149 และ 0.092 กรัมซีโอดี/กรัมของมวลจุลินทรีย์ในระบบ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนการกำจัดซีโอดีต่อมวลของจุลินทรีย์ในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 10.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากนั้นอัตราส่วนการกำจัดซีโอดีต่อมวลของจุลินทรีย์ในระบบจะลดลงเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ2.7 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในเรื่องประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้



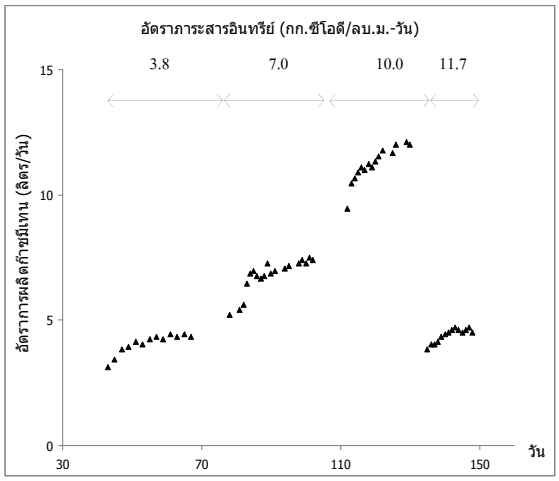
ภาพประกอบ 2.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายได้



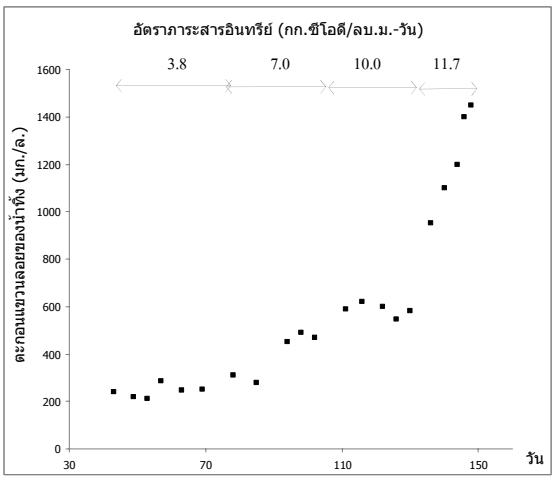
ภาพประกอบ 2.2 พีเอช



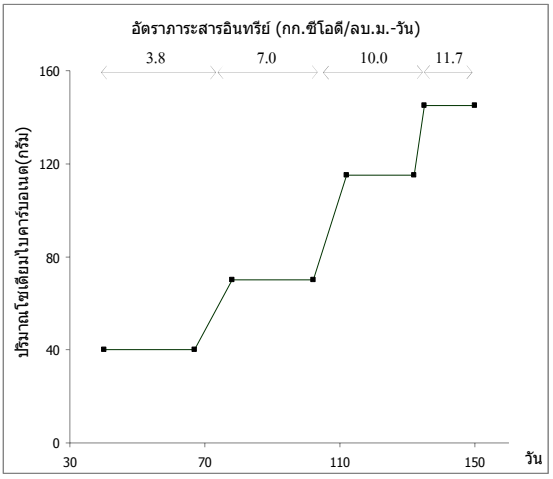
ภาพประกอบ 2.3 ปริมาณกรดไขมันระเหย



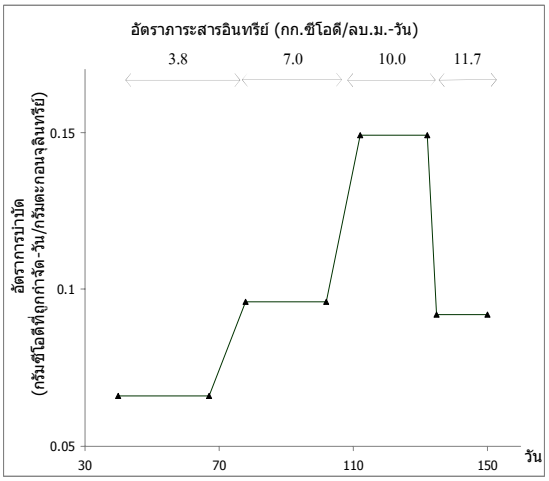
ภาพประกอบ 2.4 อัตราการผลิตก๊าซมีเทน



ภาพประกอบ 2.5 ตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้ง



ภาพประกอบ 2.6 ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนต



ภาพประกอบ2.7 อัตราการบำบัด

ภาพประกอบ 2.1-2.7 ความสัมพันธ์ของอัตราภาระสารอินทรีย์กับพารามิเตอร์ต่างๆ ในการวิจัย

5. สรุปผลการวิจัย

การใช้ระบบยูเอเอสบีสองขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเอทานอลนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องการสะสมของกรดไขมันระเหยและการหลุดและแตกออกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ เมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่า สูงเกินไป กล่าวคือ ระบบจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนถึงอัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ระบบมีค่ากรดไขมันระเหยในระดับที่ยังไม่ส่งผลต่อระบบ โดยมีปริมาณกรดไขมันระเหย 1,866 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะซิติก) และ ตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งเท่ากับ 575 มก./ล. จากนั้นระบบมีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่ออัตราภาระสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น เช่นที่ อัตราภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 11.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าปริมาณกรดไขมันระเหยจะสูงถึง 2,575 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะซิติก) และค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งมีค่าสูงถึง 1,350 มก./ล. ซึ่งหมายถึง ที่อัตราภาระสารอินทรีย์นี้เม็ดตะกอนเริ่มมีการแตกออกและหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง ทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงอย่างมาก ดังนั้นค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ที่เหมาะสมในการออกแบบและเดินระบบยูเอเอสบีสองขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเอทานอลนั้นมีค่าประมาณ 10.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และจากการที่ค่าพีเอชและค่าสภาพด่างทั้งหมดในน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะลดปริมาณการใช้ด่างลง แต่ระบบยังคงมีเสถียรภาพอยู่ โดยการลดค่าพีเอชในถังสร้างกรดลงหรือการเวียนน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีกลับมายังถังสร้างกรด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการทำวิจัย นายกิตติคุณ ตรุยานนท์ ในการให้คำปรึกษาการทำวิจัย โรงงานน้ำตาลไทยเอทานอลที่จัดหาน้ำเสียในการทำงานวิจัยและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ บริษัท เสริมสุข จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์หัวเชื้อจุลินทรีย์

7. รายการอ้างอิง

Cohen A.,et al., 1980. “Influence of Phase Separation on the Anaerobic Digestion of Glucose I : Maximum COD-Turn-Over Rate During Continuous Operation”. **Wat.Res**. 14 : 1439-1448.

Dinopoulou G. and Lester J.N., 1989. “Optimization of a two-phase anaerobic digestion system treating a complex wastewater”. **Envir. Technol. Lett**. 10 : 799-814.

Lettinga, G., Van Velson, A.F.M., Hobma, S.W., De Zeeuw, W., and Klapwijka, A. 1980. “Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept of Biological Wastewaters Treatment. Especially for Anaerobic Treatment.” **Biotechnology and Bioengineering**., 22 : 699-734.

Lettinga, G. and Hulshoff Pol, L.W., 1991. “UASB - Process Design for Variance Types of Wastewaters”. **Wat.Sci.Tech**. 24(8) : 87-107.

Metcalf & Eddy. Inc., 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. New York : McGraw-Hill.

Speece, R.E., 1996. **Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater** : Vanderbilt University.

Zoetemeyer R.J., van den Heuvel J.C. and Cohen A., 1982. “pH influence on acidogenic dissimilation of glucose in anaerobic digester”. **Wat.Res**. 16 : 303-311.